

(001383)

Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor de gieterijen

Eindrapport

**L. Goovaerts, Y. Veys, P. Meulepas,
P. Vercaemst en R. Dijkmans**

* Wetenschappelijk en Technisch Centrum van de Metaalverwerkende
nijverheid, afdeling Gieterijcentrum

**Studie uitgevoerd door het Vlaams Kenniscentrum
voor Beste Beschikbare Technieken (Vito)
in opdracht van het Vlaams Gewest**

2000/IMS/P/039



Vito

Maart 2001

TEN GELEIDE

In opdracht van de Vlaamse Regering is bij Vito, de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek, in 1995 een Vlaams kenniscentrum voor Beste Beschikbare Technieken opgericht. Dit BBT-kenniscentrum, heeft als taak informatie te verspreiden over milieuvriendelijke technieken in bedrijven. Doelgroepen voor deze informatie zijn milieuverantwoordelijken in bedrijven en de overheid. De uitgave van dit boek kadert binnen deze opdracht. Het BBT-kenniscentrum wordt, samen met het zusterproject EMIS (<http://www.emis.vito.be>) begeleid door een stuurgroep van het Vlaams Gewest met vertegenwoordigers van de Vlaamse ministers van Leefmilieu en Energie, de administraties Leefmilieu (Aminal), Economie (ANRE) en Wetenschapsbeleid (AWI) en de instellingen IWT, OVAM, VLM en VMM.

Milieuvriendelijke technieken zijn erop gericht de milieuschade die bedrijven veroorzaken te beperken. Het kunnen technieken zijn om afvalwater en afgassen te zuiveren, afval te verwerken of bodemvervuiling op te ruimen. Veel vaker betreft het echter preventieve maatregelen die de uitstoot van vervuilende stoffen voorkomen en het energie- en grondstoffenverbruik reduceren. Indien dergelijke technieken, in vergelijking met alle gelijkaardige technieken, het best scoren op milieugebied én indien ze bovendien betaalbaar blijken, spreken we over Beste Beschikbare Technieken of BBT.

Milieunormen die aan bedrijven worden opgelegd, zijn in belangrijke mate gebaseerd op de BBT. Zo zijn de Vlarem II sectorale normen vaak een weergave van de mate van milieubescherming die met de BBT haalbaar is. Het bepalen van de BBT is daarom niet alleen nuttig als informatiebron voor bedrijven, maar ook als referentie waarvan de overheid nieuwe milieunormen kan afleiden. In bepaalde gevallen verleent de Vlaamse overheid ook subsidies aan bedrijven als deze investeren in de BBT.

Het BBT-kenniscentrum werkt BBT-studies uit per bedrijfstak of per groep van gelijkaardige activiteiten. Deze studies beschrijven de BBT en geven achtergrondinformatie. De achtergrondinformatie laat milieu-ambtenaren toe de dagelijkse bedrijfspraktijk beter aan te voelen en geeft bedrijfsverantwoordelijken aan wat de wetenschappelijke basis is voor de verschillende milieuvoorwaarden. De BBT worden getoetst aan de vergunningsnormen en ecologiesteunregels die in Vlaanderen van kracht zijn. Soms zijn suggesties gedaan om deze normen en regels te verfijnen. Het verleden heeft geleerd dat de Vlaamse Overheid de gesuggereerde verfijningen vaak effectief gebruikt voor nieuwe Vlarem-reglementering en regels voor ecologiesteun. In afwachting hiervan moeten ze echter als niet-bindend worden beschouwd.

BBT-studies zijn het resultaat van een intensieve zoektocht in de literatuur, bezoeken aan bedrijven, samenwerking met sectorexperts, het bevragen van leveranciers, uitgebreide contacten met bedrijfsverantwoordelijken en ambtenaren, etc. Het spreekt voor zich dat de geschetste BBT overeenkomen met een momentopname en dat niet alle BBT -nu en in de toekomst- in dit werk opgenomen kunnen zijn.

INHOUD

TEN GELEIDE	2
SAMENVATTING.....	6
ABSTRACT	7
HOOFDSTUK 1: INLEIDING	8
1.1 Beschikbare Technieken in Vlaanderen.....	8
1.1.1 Definitie	8
1.1.2 Beste Beschikbare Technieken als begrip in het Vlaamse milieubeleid	8
1.1.3 Vlaams kenniscentrum voor Beste Beschikbare Technieken	10
1.2 De BBT-studie “gieterijen”	11
1.2.1 Doelstellingen van de studie	11
1.2.2 Inhoud van de studie.....	11
1.2.3 Werkwijze van de studie	12
1.2.4 Begeleidingscomité	12
HOOFDSTUK 2: JURIDISCHE EN SOCIO-ECONOMISCHE SITUERING	13
VAN DE SECTOR	13
2.1 Situering van de sector	13
2.1.1 Situering van de industriële activiteit	13
2.1.2 Smelterij en gieterij	13
2.1.3 Voordelen van de giettechniek als productiemethode	14
2.1.4 Gieten van metalen, een productietechniek in opgang	14
2.2 Wettelijk kader	15
2.2.1 Inleiding.....	15
2.2.2 Vlarem I.....	15
2.2.3 Vlarem 2	16
2.2.4 Vlarembo, Vlarea en BIM	22
2.2.5 Europees kader	23
2.3 Afbakening van de sector.....	24
2.3.1 Afbakening van de sector voor de BBT-studie.....	24
2.3.2 De bedrijfskolom	25
2.4 Socio-economische kenmerken.....	28
2.4.1 Aantal bedrijven en hun productie.....	28
2.4.2 Tewerkstelling en omvang van de bedrijven	32
2.4.3 Omzet van de sector	33
2.5 Concurrentie-analyse.....	35
2.6 Financiële draagkracht van de sector	38
2.6.1 Rendabiliteit van de sector	38
2.7 Coördinaten van de Vlaamse gieterijen	39
HOOFDSTUK 3: PROCESBESCHRIJVINGEN EN MILIEU-ASPECTEN.....	40
3.1 Inleiding	40
3.2 Algemeen overzicht van gieterijen.....	41
3.2.1 Indeling volgens de metaallegering.....	41
3.2.2 Indeling op basis van de producttoepassing	42
3.2.3 Indeling op basis van de giettechniek.....	43
3.2.4 Indeling op basis van de automatisatiegraad	43
3.2.5 Indeling volgens het type van gietvormen.....	44

3.3	Toegepaste processen en technieken.....	51
3.3.1	Smelten.....	51
3.3.2	Smeltbehandelingen	75
3.3.3	Zandbereiding en vorm- en kernmakerij	82
3.3.4	Gieten, koelen en uitbreken.....	128
3.3.5	Afwerking van de gietstukken.....	137
3.3.6	Vormzandrecyclage.....	139
3.4	Milieu-aspecten: emissies en verbruiken	147
3.4.1	Smelten.....	147
3.4.2	Smeltbehandelingen	155
3.4.3	Zandbereiding en vorm- en kernmakerij	157
3.4.4	Gieten, koelen en uitbreken.....	161
3.4.5	Afwerking van de gietstukken.....	164
3.4.7	Globale emissies en verbruiken.....	167
HOOFDSTUK 4: BESCHIKBARE MILIEUVRIENDELIJKE TECHNIEKEN		171
4.1	Smelten.....	171
4.1.1	Smeltbedrijf.....	171
4.1.2	Grond- en hulpstoffen.....	171
4.1.3	Koepeloven.....	172
4.1.4	Elektrische inductiekroesoven.....	182
4.1.5	Draaitrommeloven.....	185
4.1.6	Schachtoven.....	187
4.1.7	Kroesoven.....	188
4.2	Smeltbehandelingen	189
4.2.1	Nodularisatie van gietijzer.....	189
4.2.2	Ontzwavelen van koepeloven gietijzer.....	190
4.2.3	Ontgassen van aluminium	191
4.3	Zandbereiding en vorm- en kernmakerij.....	192
4.3.1	Grond- en hulpstoffen.....	192
4.3.2	Bentonietgebonden vormzanden	192
4.3.3	Harsgebonden zelfhardende vormzanden.....	195
4.3.4	Harsgebonden gashardende vormzanden	195
4.3.5	Harsgebonden thermohardende vormzanden	198
4.3.6	Samenvatting van de milieupreventiemaatregelen bij de verwerking van harsgebonden zanden (bron 14).....	199
4.3.7	Bindmiddelvrije vormzanden	201
4.3.8	Lost Wax procédé.....	202
4.4	Gieten, koelen en uitbreken.....	203
4.4.1	Verloren vormen: gieten en koelen	203
4.4.2	Verloren vormen: uitbreken.....	204
4.4.3	Duurzame vormen	207
4.5	Afwerking van gietstukken	209
4.5.1	Verwijderen van het gietsysteem.....	209
4.5.2	Ontzanden van het gietstuk.....	210
4.5.3	Ontbramen van het gietstuk.....	211
4.6	Vormzandrecyclage.....	214
4.6.1	Interne recyclage	214
4.6.2	Koude recyclage met mechanische systemen.....	214
4.6.3	Koude recyclage met pneumatische systemen	215
4.6.4	Thermische recyclage.....	215
4.6.5	Preventiemaatregelen bij de toepassing van gieterijzand als secundaire grondstof.....	217

HOOFDSTUK 5: SELECTIE VAN DE BESTE BESCHIKBARE	
TECHNIEKEN (BBT)	218
5.1 Evaluatie van de beschikbare milieuvriendelijke technieken.....	218
HOOFDSTUK 6: EVALUATIE VAN DE BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN..	238
6.1 Evaluatie van BBT ten opzichte van bestaande milieureglementeringen	238
6.2 Relatie tussen BBT en emissiegrenswaarden lucht.....	242
6.2.1 BBT-analyse van dioxine- en furaanemissienormen	243
6.2.2 BBT-analyse van stofemissienormen	244
6.2.3 BBT-analyse van CO-emissienormen	244
6.2.4 BBT-analyse van emissienormen van organische stoffen	245
6.2.5 Algemene emissiegrenswaarden.....	246
6.2.6 Lijst van BBT die in relatie staan tot het behalen van de	
emissiegrenswaarden lucht.....	246
6.3 Relatie tussen BBT en beheersen van geurhinder.....	247
6.4 Relatie tussen BBT en het beheersen van oppervlaktewater-verontreiniging.....	248
6.5 Relatie tussen BBT en het beheersen van geluidshinder.....	249
6.6 Relatie tussen BBT en het afvalstoffendecreet	250
HOOFDSTUK 7: ECOLOGIE-INVESTERINGSSTEUN VOOR BBT.....	251
7.1 Inleiding	251
7.2 Toetsing van de best beschikbare technieken voor gieterijen aan de criteria voor	
ecologie-investeringssteun	253
7.2.1 Zwarte lijststoffen gebruikt in de sector	253
7.2.2 Niet-limitatieve lijst technologieën	253
HOOFDSTUK 8: AANDACHT VOOR VERDER ONDERZOEK	254
BIBLIOGRAFIE	255
LIJST DER AFKORTINGEN	262
BIJLAGEN	263

SAMENVATTING

Het BBT-kenniscentrum is opgericht door de Vlaamse regering bij Vito en heeft tot taak informatie over milieuvriendelijke technieken te inventariseren. Tevens moet het centrum de Vlaamse overheid adviseren bij het concreet maken van het begrip Beste Beschikbare Technieken (BBT) in de milieuvergunningsregelgeving en de eco-investeringssteun. Dit document bevat zowel de geïnventariseerde informatie als het BBT-advies over de milieutechnieken die aangewend kunnen worden in de gieterijen. Er werd getracht de algemene inhoud, de structuur en de afbakening van de Vlaamse BBT-studie zoveel mogelijk af te stemmen op de Europese BBT studie voor gieterijen, zodat de informatie in dit document als input voor de Europese studie kan gebruikt worden.

Gieterijen zijn bedrijven die metalen producten vervaardigen door wat men noemt “vloeiende vormgeving”. Karakteristiek voor deze activiteit is dat het metaal eerst wordt gesmolten in een smeltoven en na de nodige behandelingen in een gietvorm gegoten. Het bekomen gietstuk wordt vervolgens verder afgewerkt volgens de klantspecificaties. De belangrijkste bewezen milieuproblemen situeren zich op gebied van stof en CO-emissies ten gevolge van het smeltproces. Wat betreft de dioxine-emissies blijkt de gieterijsector naar schatting maar voor 1 % van de industriële emissie van dioxines in Vlaanderen verantwoordelijk te zijn.

Er bestaat een uitgebreid spectrum van preventieve en curatieve methodes om deze milieuproblemen op te lossen. Het pakket gesuggereerde BBT bestaat uit een aantal maatregelen die ervoor zorgen dat de werking van gieterijen op een meer milieu-verantwoorde manier kan gebeuren, zonder dat daarbij onredelijke financiële inspanningen worden gevergd. De BBT zijn o.a.:

- aangepaste afzuiging;
- ontstopping via doekfilters;
- naverbranden van CO met warmterecuperatie bij rookgascaptatie onder de laaddeur;
- vervanging van koepelovens door inductiekroesovens of draaitrommelovens;
- het opvangen en neutraliseren van VOS emissies bij de vormzandbereiding;
- het gebruik van alternatieve coatings.

Op basis van de BBT blijken de sectorale normen voor emissie van stof en CO haalbaar. De norm voor stofemissie kan eventueel verstrengd worden tot 20 mg stof/Nm³ voor alle smeltinstallaties. Hoewel de emissiegrenswaarde voor dioxines voor bestaande inrichtingen van 1,0 ng TEQ/Nm³ door de meeste oveninstallaties niet overschreden wordt, werden echter geen BBT gevonden die de dioxineconcentraties kunnen reduceren indien deze norm toch niet zou gehaald worden. Daarom wordt verder onderzoek in verband met dioxines in de gieterijsector aangeraden.

ABSTRACT

The Flemish Centre for Best Available Techniques (BAT centre) is an initiative of the Flemish Government and Vito. The BAT centre collects and distributes information on pollution prevention techniques. Moreover, it advises the Flemish authorities how to translate this information to its environmental permit regulation and to the eco-investment support policy. Central in this translation is the concept “BAT”. BAT corresponds to the techniques with the best overall environmental performance that can be introduced at a reasonable cost. This document contains an overview of available information on foundries.

Foundries produce metal products by means of “liquid moulding”. The metal is molten in a furnace and casted into moulds. The obtained casting is finished according to customer specifications. The most important environmental problems are dust and CO emissions as a result of the melting process. As for dioxine emissions, the foundries are thought to be responsible for 1 % of the total industrial emissions of dioxines in Flanders.

The selected BAT consist of a number of measures that improve the environmental performance of the foundries without putting an unreasonable financial burden on the companies involved. The selected BAT are e.g.:

- efficient hoods and ventilation;
- fabric filters;
- afterburners;
- the use of flame furnaces or electric induction furnaces instead of cupola furnaces;
- collecting and neutralizing VOC emissions during the preparation of moulding sand;
- the use of alternative coatings.

Based on the BAT the current Flemish sectoral dust and CO emission limit values were assessed and a new value for dust (20 mg/Nm) is suggested. Although most existing installations do not exceed the current dioxine emission limit value of 1,0 ng TEQ/Nm³, no BAT were selected for reduction of dioxine emissions if this level should be exceeded. Therefor more research concerning dioxine emissions at foundries is proposed.

HOOFDSTUK 1: INLEIDING

1.1 Beschikbare Technieken in Vlaanderen

1.1.1 Definitie

Het begrip “Beste Beschikbare Technieken”, afgekort BBT, wordt in Vlarem I, artikel 1¹, gedefinieerd als:

het meest doeltreffende en geavanceerde ontwikkelingsstadium van de activiteiten en exploitatiemethoden, waarbij de praktische bruikbaarheid van speciale technieken om in beginsel het uitgangspunt voor de emissiegrenswaarden te vormen is aangetoond, met het doel emissies en effecten op het milieu in zijn geheel te voorkomen, of wanneer dat niet mogelijk blijkt algemeen te beperken;

- a) "technieken": zowel de toegepaste technieken als de wijze waarop de installatie wordt ontworpen, gebouwd, onderhouden, geëxploiteerd en ontmanteld;
- b) "beschikbare": op zodanige schaal ontwikkeld dat de technieken, kosten en baten in aanmerking genomen, economisch en technisch haalbaar in de industriële context kunnen worden toegepast, onafhankelijk van de vraag of die technieken al dan niet op het grondgebied van het Vlaamse Gewest worden toegepast of geproduceerd, mits ze voor de exploitant op redelijke voorwaarden toegankelijk zijn;
- c) "beste": het meest doeltreffend voor het bereiken van een hoog algemeen niveau van bescherming van het milieu in zijn geheel.

Deze definitie vormt het vertrekpunt om het begrip BBT concreet in te vullen voor de gieterijen in Vlaanderen.

1.1.2 Beste Beschikbare Technieken als begrip in het Vlaamse milieubeleid

1.1.2.1 Achtergrond

Bijna elke menselijke activiteit (vb. woningbouw, industriële activiteit, recreatie, landbouw) beïnvloedt op de één of andere manier het leefmilieu. Vaak is het niet mogelijk in te schatten hoe schadelijk deze beïnvloeding is. Vanuit deze onzekerheid wordt geoordeeld dat iedere activiteit met maximale zorg moet uitgevoerd worden om het leefmilieu zo weinig mogelijk te belasten. Dit stemt overeen met het voorzichtigheidsprincipe.

In haar milieubeleid naar bedrijven toe heeft de Vlaamse overheid dit voorzichtigheidsprincipe vertaald naar de vraag om de “Beste Beschikbare Technieken” toe te passen. Deze vraag is als zodanig opgenomen in Vlarem II, artikel 4.1.2.1.². Het toepassen van de BBT betekent in de eerste plaats dat iedere exploitant al wat technisch en economisch mogelijk is, moet doen om milieuschade te vermijden. Daarnaast wordt

¹ Vlarem I: Besluit van de Vlaamse Regering van 12 januari 1999 tot wijziging van het besluit van de Vlaamse Regering van 6 februari 1991 houdende vaststelling van het Vlaams Reglement betreffende de milieuvergunning (B.S. 11 maart 1999)

² Vlarem II: Besluit van de Vlaamse Regering van 19 januari 1999 tot wijziging van het besluit van de Vlaamse Regering houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne van 1 juni 1995 (B.S. 31 maart 1999)

ook de naleving van de vergunningsvoorwaarden geacht overeen te stemmen met de verplichting om de BBT toe te passen.

Het BBT-principe wordt tevens teruggevonden in de milieuregelgeving van de meeste westerse landen. Andere begrippen met een zelfde of gelijkaardige betekenis dan BBT zijn: het Europese BAT (Best Available Techniques), het Engelse BATNEEC (Best Available Techniques Not Entailing Excessive Costs), de Duitse 'Stand der Technik', het Nederlandse ALARA-principe (As Low As Reasonably Achievable) en 'Best Uitvoerbare Technieken', ...

Binnen het Vlaamse milieuvergunningsbeleid wordt het begrip BBT in hoofdzaak gehanteerd als basis voor het vastleggen van milieuvergunningsvoorwaarden. Dergelijke voorwaarden die aan bedrijven in Vlaanderen worden opgelegd steunen op twee pijlers:

- de toepassing van de BBT;
- de resterende milieu-effecten mogen geen afbreuk doen aan de vooropgestelde kwaliteitsdoelstellingen.

Ook de Europese IPPC-richtlijn³ (96/61/EG) schrijft de lidstaten voor op deze twee pijlers te steunen bij het vastleggen van milieuvergunningsvoorwaarden.

1.1.2.2 Concretisering van het begrip

Om concreet inhoud te kunnen geven aan het begrip BBT, dient de algemene definitie van Vlarem I nader verduidelijkt te worden. Het BBT-kenniscentrum hanteert onderstaande invulling van de drie elementen.

“**Beste**” betekent “beste voor het milieu als geheel”, waarbij het effect van de beschouwde techniek op de verschillende milieucompartimenten (lucht, water, bodem, afval) wordt afgewogen;

“**Beschikbare**” duidt op het feit dat het hier gaat over iets dat op de markt verkrijgbaar en redelijk in kostprijs is. Het zijn dus technieken die niet meer in een experimenteel stadium zijn, maar effectief hun waarde in de bedrijfspraktijk bewezen hebben. De kostprijs wordt redelijk geacht indien deze haalbaar is voor een ‘gemiddeld’ bedrijf uit de beschouwde sector én niet buiten verhouding is tegenover het behaalde milieuresultaat;

“**Technieken**” zijn technologieën én organisatorische maatregelen. Ze hebben zowel te maken met procesaanpassingen, het gebruik van minder vervuilende grondstoffen, end-of-pipe maatregelen, als met goede bedrijfspraktijken.

Het is hierbij duidelijk dat wat voor het ene bedrijf een BBT is dat niet voor een ander hoeft te zijn. Toch heeft de ervaring in Vlaanderen en in andere regio's/landen aangetoond dat het mogelijk is algemene BBT-lijnen te trekken voor groepen van bedrijven die dezelfde processen gebruiken en/of gelijkaardige producten maken. Dergelijke sectorale of bedrijfstak-BBT maken het voor de overheid mogelijk *sectorale*

³ Richtlijn 96/61/EEG van de Raad van 24 september 1996 inzake geïntegreerde preventie en bestrijding van verontreiniging (PL. 10 oktober 1996): IPPC = Integrated Pollution Prevention and Control

vergunningsvoorwaarden vast te leggen. Hierbij zal de overheid doorgaans niet de BBT zelf opleggen, maar wel de milieuprestaties die met BBT haalbaar zijn als norm beschouwen.

Het concretiseren van BBT voor sectoren vormt tevens een nuttig referentiepunt bij het toekennen van steun bij milieuvriendelijke investeringen door de Vlaamse overheid. Dit *ecologiecriterium* bepaalt dat bedrijven die milieu-inspanningen leveren die verdergaan dan de wettelijke vereisten, kunnen genieten van een investeringssubsidie.

1.1.3 Vlaams kenniscentrum voor Beste Beschikbare Technieken

Om de overheid te helpen bij het verzamelen en verspreiden van informatie over BBT en om haar te adviseren in verband met het BBT-gerelateerde vergunningenbeleid, heeft Vito (Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek) op vraag van de Vlaamse overheid een Kenniscentrum voor Beste Beschikbare Technieken uitgebouwd.

Dit BBT-kenniscentrum inventariseert informatie rond beschikbare milieuvriendelijke technieken, selecteert daaruit de beste beschikbare technieken en vertaalt deze naar vergunningsvoorwaarden en ecologiesteun. De resultaten worden op een actieve wijze verspreid, zowel naar de overheid als naar het bedrijfsleven toe, onder meer via sector-rapporten, informatiesessies en het Internet (<http://www.emis.vito.be/BBT>).

Het BBT-kenniscentrum wordt gefinancierd door het Vlaams gewest en begeleid door een *stuurgroep* met vertegenwoordigers van de Vlaamse overheid (kabinet Leefmilieu, kabinet Energie, AMINAL, ANRE, IWT, AWI, OVAM, VMM en VLM).

1.2 De BBT-studie “gieterijen”

1.2.1 Doelstellingen van de studie

Vanuit de stuurgroep van het BBT-kenniscentrum werd gevraagd om voor de sector van de gieterijen een BBT-studie te maken, met bijzondere aandacht voor de afvalstromen en het compartiment lucht. De inventarisatie van de milieuvriendelijke technieken en het concretiseren van het begrip BBT vormen de belangrijkste pijlers van deze studie.

De problematiek van de emissie- en afvalstromen van de gieterijen in het Vlaamse Gewest werd reeds uitgebreid bestudeerd in de sectorstudie "Smelten en gieten" in de uitvoering van het PRESTI-programma van de OVAM. Deze studie werd uitgevoerd door de afdeling Gieterijcentrum van het WTCM (Wetenschappelijk en Technisch Centrum van de Metaalverwerkende nijverheid) die ook instond voor de uitwerking van meerdere onderdelen van de BBT-studie.

Voorliggende BBT-studie heeft gebruik gemaakt van de gegevens uit de PRESTI-studie.

1.2.2 Inhoud van de studie

Vertrekpunt van het onderzoek naar de Beste Beschikbare Technieken voor de gieterijen is een socio-economische doorlichting (hoofdstuk 2). Dit laat ons toe de economische gezondheid en de draagkracht van de sector in te schatten, wat van belang is bij het beoordelen van de haalbaarheid van de voorgestelde maatregelen.

In het derde hoofdstuk wordt de procesvoering in detail beschreven en wordt er per processtap nagegaan welke milieu-aspecten optreden.

Hoofdstuk 4 inventariseert en licht de verschillende milieuvriendelijke maatregelen toe die in de sector kunnen toegepast worden. Vervolgens, in hoofdstuk 5, vindt voor elk van deze technieken een evaluatie plaats, niet alleen van het globaal milieurendement, maar ook van de technische en economische haalbaarheid. Deze grondige afweging laat ons toe de Beste Beschikbare Technieken te selecteren.

De BBT zijn op hun beurt de basis voor een aantal suggesties om de bestaande milieuregelgeving te evalueren, te concretiseren en aan te vullen (hoofdstuk 6). Tevens wordt, in hoofdstuk 7, onderzocht welke van deze technieken in aanmerking komen voor investeringssteun in het kader van het ecologiecriterium.

1.2.3 Werkwijze van de studie

Voor de studie werd in aanvang beroep gedaan op de afdeling Gieterijcentrum van het WTCM om volgende onderdelen uit te werken:

- beschrijving socio-economische en milieu-juridische situering van de sector;
- beschrijving procesbeschrijvingen en milieu-aspecten;
- inventarisatie en beschrijving beschikbare milieuvriendelijke technieken;
- kwantificatie en beschrijving globale milieu-impacten van de sector.

Voor de meest relevante beschikbare milieuvriendelijke technieken werden door het Gieterijcentrum tevens technische fiches opgesteld. Het Gieterijcentrum maakt hierbij gebruik van de referenties 1-158.

In een tweede fase werden door het BBT-kenniscentrum op basis van de geleverde teksten en de technische fiches de BBT geselecteerd en vervolgens geconcretiseerd onder de vorm van aanbevelingen voor de milieuvergunningsregelgeving en ecologie-investeringssteun.

Er werd getracht de algemene inhoud, de structuur en de afbakening van de Vlaamse BBT-studie zoveel mogelijk af te stemmen op de Europese BBT studie voor gieterijen⁴ die in dezelfde periode onder de verantwoordelijkheid van het IPPC bureau te Sevilla in opstart was in het kader van de IPPC-richtlijn. De Europese BBT-studie richt zich naar de grotere gieterijen, terwijl de Vlaamse BBT-studie zich ook richt naar de kleinere niet IPPC-plichtige gieterijen (zie verder 2.3 Afbakening van de sector). De Vlaamse BBT studie kan dus als input voor de Europese BBT studie gebruikt worden.

1.2.4 Begeleidingscomité

Voor de wetenschappelijke begeleiding van de studie werd een begeleidingscomité samengesteld met vertegenwoordigers uit industrie en overheid. De namen van de leden van dit comité en van de externe deskundigen die aan deze studie hebben meegewerkt, zijn opgenomen in bijlage 1.

⁴ Europese BBT-studie = BREF of BAT Reference document; specifiek doelen we hier op het BREF "Smitheries and Foundries"

HOOFDSTUK 2: JURIDISCHE EN SOCIO-ECONOMISCHE SITUERING VAN DE SECTOR

2.1 Situering van de sector

2.1.1 Situering van de industriële activiteit

Gieterijen zijn bedrijven die metalen producten vervaardigen door wat men noemt "vloeibare vormgeving". Karakteristiek voor deze activiteit is dat het metaal eerst wordt gesmolten in een smeltoven en na de nodige behandelingen (zuivering, samenstellingscorrecties) in een gietvorm gegoten. Daar stolt het in een geometrie die het afgewerkte eindproduct heel dicht benadert. Na afkoeling van het metaal wordt de gietvorm verwijderd en het bekomen gietstuk gereinigd en afgewerkt volgens de klant-specificaties. Deze productiemethode staat tegenover de "vaste vormgeving" waarbij de eindgeometrie bekomen wordt d.m.v. materiaalafname (verspanen,...) of vervorming (smeden, plooiën...).

Gieterijen worden in hoofdzaak ingedeeld naar de metaallegering die zij produceren. Men onderscheidt staal-gieterijen, gietijzer-gieterijen en non-ferro gieterijen (Al, Sn, Mg, Cu, Ti, Zn, Pb...). In Vlaanderen is deze laatste categorie hoofdzakelijk beperkt tot de aluminium-gieterijen.

Door de specifieke eigenschappen van elk van deze materialen is hun toepassingsgebied heel verschillend. Naargelang het marktsegment waarin de gieterij wenst bedrijvig te zijn zal zij ook anders toegerust zijn. Men kan bijvoorbeeld opteren voor het maken van unieke gietstukken, kleine, middelgrote of grote series, gietstukgewichten van enkele grammen tot enkele tientallen tonnen. Door deze diversificatie bestaat er een zeer grote variëteit aan giet- en smelttechnieken waarvan de voornaamste in dit werk zullen behandeld worden.

Typische gieterijproducten zijn mechanische onderdelen voor de transport en machinebouwsector, bouw en wegenbouw, verwarmingstoestellen, mijnindustrie, glasvormen en kunstgieterwerk.

Daarnaast bestaat een relatief groot aantal kleinschalige gieterijen die artisanaal of kunstgieterwerk produceren, hoofdzakelijk in non-ferro legeringen.

2.1.2 Smelterij en gieterij

Een belangrijk verschil met de smelterijen is dat in de gieterij de zogeheten secundaire smelting plaats vindt. Smelterijen produceren metaallegeringen op basis van schroot, recuperatiematerialen en ertsen. Zij voeren de zogeheten primaire smelting uit waar het accent ligt op het scheiden, zuiveren en legeren van de primaire materialen. Deze "halffabrikaten" worden dan door de gieterij aangekocht, in de vorm van ingots, om hersmolten te worden tot een eindproduct.

Waar voor de smelterijproducten vereisten gesteld worden inzake de materiaal-samenstelling en zuiverheid, worden aan gieterijproducten bijkomende vereisten gesteld aan vorm en maattoleranties, metallurgische structuur en mechanische eigenschappen. Dat de gieterij ook schroot gebruikt voor het bekomen van een correcte metaallegering is een louter economisch gegeven. Het geldt hier echter het zogeheten geselecteerde schroot, dat qua samenstelling en verontreinigingen aan de nodige vereisten moet beantwoorden. Zo gebruikt men bijvoorbeeld in de ferro gieterij naast ruwijzer-ingots ook staalschroot (bijvoorbeeld resten van stampwerk, treinsporen, blikpakketten) en gietijzerschroot (recyclage van oude machine onderdelen) als grondstof. Het verschil met de smelterij is dat deze schrootsoorten zonder bijzondere zuiveringsbehandeling direct als grondstofcomponent kunnen worden gebruikt.

2.1.3 Voordelen van de giettechniek als productiemethode

Vergeleken met de "vaste vormgeving" biedt de giettechniek een ongeëvenaarde flexibi-liteit op het vlak van ontwerp-vrijheid. Elk te gieten onderdeel kan zo ontworpen worden dat het nagenoeg volledig beantwoordt aan zijn functionele vereisten met een minimale hoeveelheid materiaal. In technische termen uitgedrukt: men kan op plaatsen waar grotere mechanische belastingen optreden grotere wanddiktes voorzien, en waar geen of weinig sterkte vereist is, materiaal weglaten of tot het strikte minimum herleiden.

Complexe en holle gietstukken (motorblokken, hydraulische regelventielen,...) kunnen zonder bekommernis om gereedschapsbanen ontworpen worden en doorgaans als één stuk worden geproduceerd, zonder bijkomende assemblage. Door de gepaste keuze van de metaallegering en de juiste smeltbehandeling kunnen onderdelen worden vervaardigd die beantwoorden aan bijkomende vereisten zoals slijtvastheid, corrosiebestendigheid, hoge of lage temperatuursweerstand, warmtegeleidbaarheid, dempingcapaciteit, ...

Qua productietechniek is gieten veel rendabeler, zeker wat betreft het seriegietwerk.

2.1.4 Gieten van metalen, een productietechniek in opgang

Het betreft geen twijfel dat in de afgelopen decennia heel wat technologische vooruitgang is geboekt op het vlak van metallurgische productieprocessen.

Nieuwe gietijzersoorten zoals nodulair en vermiculair gietijzer, austempered ductile iron, vinden steeds meer bijval bij constructeurs en zullen op termijn nog een grote doorbraak kennen.

Mede dankzij het invoeren van moderne giet- en vormtechnologieën, procesbewaking, en kwaliteitssystemen slaagt de Vlaamse gieterijsector erin stand te houden in een steeds strengere en competitievere omgeving.

De huidige opkomst van rapid prototyping technieken en computer ondersteunde ontwerpen van gietsystemen zullen de sector toelaten om kwalitatief hoogstaande producten af te leveren en zijn rendabiliteit te verbeteren. Ook op het vlak van milieu-beheersing werden de laatste jaren drastische wijzigingen in de sector doorgevoerd met het omschakelen naar minder vervuilende productiemiddelen (vnml. door gebruik van milieuvriendelijkere smeltovens: vervanging van cokes-koepelovens door elektrische inductie-ovens of gas-draaitrommelovens).

2.2 Wettelijk kader

2.2.1 Inleiding

Voor de exploitatie van een gieterij is een milieuvergunning noodzakelijk. De procedure voor het bekomen van een dergelijke vergunning wordt beschreven in Vlarem I. Op basis van de in deze reglementering in bijlage opgenomen indelingslijst wordt een bedrijf ondergebracht in klasse 1, 2 of 3, naargelang de graad van hinderlijkheid van de aanwezige installaties (klasse 1 is het meest hinderlijk).

Voor ieder van deze installaties worden milieuvoorwaarden opgelegd welke beschreven staan in Vlarem II.

In Vlaanderen zijn ook andere milieugerelateerde wetgevingen van kracht, welke ook voor de gieterijsector van belang zijn, met name Vlarebo, Vlarea en BIM.

2.2.2 Vlarem I

Gieterijen worden volgens de lijst van hinderlijke inrichtingen ingedeeld op basis van de volume-inhoud van de smeltinstallatie. Gieterijen vallen onder rubriek 29.

Tabel 2.1: Gedeelte uit de lijst van hinderlijke inrichtingen betreffende de gieterijen (Vlarem I, bijlage 1)

Rubriek	Omschrijving	Klasse	Bemer- kingen	Coör- dinator	Audit	Jaar- verslag
29.	Metalen					
29.4.	Metaalgieterijen en metaalpoeders					
29.4.1.	Gieterijen					
	Met gebruik van smeltkroezen, met een totaal inhoudsvermogen van:					
	a) 1 dm ³ tot en met 1 m ³	2				
	b) meer dan 1 m ³	1	M	A	P	J

M: Inrichting waarvoor de Vlaamse Milieumaatschappij advies verstrekt

A: Inrichting waarvoor overeenkomstig titel II van het VLAREM een milieucoördinator van het eerste niveau dient aangesteld.

P: Inrichting waarvoor overeenkomstig titel II van het VLAREM door de vergunningverlenende overheid een periodieke milieuaudit kan worden opgelegd.

J: Inrichting waarvoor overeenkomstig titel II van het VLAREM een milieujaarverslag moet worden ingediend.

Gieterijen van klasse 2, waarvan de totale emissie voor ten minste één relevante verontreinigende stof in het beschouwde jaar groter is dan de drempelwaarden, vermeld in rubriek 4 van bijlage 4.1.8. van Vlarem II, zijn ook verplicht tot het indienen van een milieujaarverslag.

Afhankelijk van de bedrijfslayout zullen bepaalde hinderlijke inrichtingen uit de milieutechnische eenheid ondergebracht worden in andere rubrieken zoals:

- 3. Afvalwater en koelwater
- 4.2. Aanbrengen van bedekkingsmiddelen door indompeling
- 15. Garages, parkeerplaatsen en herstellingswerkplaatsen voor motorvoertuigen
- 16.3. Fysisch behandelen van gassen (luchtcompressoren)

- 16.7. Opslag van gassen in verplaatsbare recipiënten
- 16.8. Opslag van gassen in vaste reservoirs
- 17. Gevaarlijke producten
- 29. Metalen
- 30.1. Mechanisch behandelen van minerale producten
- 53. Winning van grondwater

Voor deze rubrieken kunnen ook specifieke milieumaatregelen van toepassing zijn in Vlarem II.

2.2.3 Vlarem 2

Vlarem II legt de milieuvoorwaarden vast voor de ingedeelde inrichtingen en ook voor enkele niet ingedeelde inrichtingen. Voor de ingedeelde inrichtingen wordt onderscheid gemaakt tussen algemene en sectorale milieuvoorwaarden.

De algemene milieuvoorwaarden (deel 4 van Vlarem II) zijn van toepassing op alle ingedeelde inrichtingen. Ze zijn als volgt onderverdeeld:

- algemene voorschriften;
- beheersing van oppervlaktewaterverontreiniging;
- beheersing van bodem- en grondwaterverontreiniging;
- beheersing van luchtverontreiniging;
- beheersing van geluidshinder;
- beheersing van hinder door licht;
- beheersing van asbest;
- verwijdering van PCB's en PCT's.

De sectorale milieuvoorwaarden (deel 5 van Vlarem II) zijn specifieke voorschriften die van toepassing zijn op welbepaalde inrichtingen. Ze kunnen afwijken in strenge of minder strenge zin van de algemene milieuvoorwaarden, waarop ze voorrang hebben.

Hierna wordt een schets gegeven van de voornaamste algemene en sectorale milieuvoorwaarden die betrekking hebben op de gieterijen.

2.2.3.1 Algemene milieuvoorwaarden

a Algemene voorschriften (hoofdstuk 4.1.)

In het bijzonder verwijzen we naar de voorschriften inzake de toepassing van BBT, hinderbeheersing, het beheer van afvalstoffen, de opslag van gevaarlijke stoffen, het milieujaarverslag en de milieucoördinator.

b Beheersing van oppervlaktewaterverontreiniging (hoofdstuk 4.2.)

Onderscheid wordt gemaakt tussen 4 categorieën: bedrijfsafvalwater, koelwater, huishoudelijk afvalwater en hemelwater. Voor elke stroom moet op het bedrijfsterrein een

aparte afvoer zijn voorzien, zoniet wordt het mengsel integraal beschouwd als bedrijfsafvalwater.

Bedrijfsafvalwater van inrichtingen die een maximum hoeveelheid bedrijfsafvalwater van meer dan 2 m³ per dag of 50 m³ per maand of 500 m³ per jaar lozen, moet worden geloosd via een controle-inrichting (meetgoot en monstername).

De afvoer van koelwater en hemelwater enerzijds en bedrijfs- en huishoudelijk afvalwater anderzijds mag, behoudens technische moeilijkheden, niet via dezelfde openbare riolering gebeuren. Beide laatste mogen ook niet ongezuiverd in oppervlaktewater worden geloosd. Onder geen beding mag het afvalwater gevaarlijke stoffen bevatten (vermeld in bijlage 2C van Vlarem I).

Algemene lozingsnormen worden opgelegd voor:

- bedrijfsafvalwater dat geen gevaarlijke stoffen bevat (afdeling 4.2.2.);
- bedrijfsafvalwater dat één of meer gevaarlijke stoffen bevat (afdeling 4.2.3.);
- koelwater (afdeling 4.2.4.);
- huishoudelijke afvalwater (afdeling 4.2.7.).

Als voorbeeld verwijzen we hier nog naar de normen die vastgelegd zijn voor stof in bedrijfsafvalwater.

- 0,5 ml/l voor de bezinkbare stoffen (lozing in oppervlaktewater);
- 60 mg/l voor de zwevende stoffen (lozing in oppervlaktewater);
- 1 g/l zwevende stoffen (lozing in openbare riolering);
- 0,5 g/l stoffen extraheerbaar met petroleumether (lozing in openbare riolering).

c *Beheersing van luchtverontreiniging (hoofdstuk 4.4.)*

Van specifiek belang voor onderhavige studie is artikel 4.4.2.1. betreffende de toepassing van de Beste Beschikbare Technieken:

"De installaties dienen ontworpen, gebouwd en geëxploiteerd volgens een code van goede praktijk derwijze dat de van deze installaties afkomstige luchtverontreiniging maximaal wordt beperkt en zo mogelijk zelfs wordt voorkomen.

De installaties zullen daartoe worden uitgerust en geëxploiteerd met middelen ter beperking van de emissies die met de beste beschikbare technieken overeenkomen. De emissiebeperkende maatregelen dienen te zijn gericht zowel op een vermindering van de massaconcentratie als ook van de massastromen of massaverhoudingen van de van de installatie uitgaande luchtverontreiniging. Daarbij moet inzonderheid rekening gehouden worden met:

maatregelen ter vermindering van de hoeveelheid afvalgas, zoals inkapselen van installatiedelen, doelgericht opvangen van stromen afvalgas, enz.;

maatregelen ter optimalisering van de gebruikte stoffen en energie;

maatregelen ter optimalisering van de handelingen voor opstarten en stilleggen en overige bijzondere bedrijfsomstandigheden."

Artikel 4.4.3.1. voegt hier aan toe:

"Voor bestaande installaties dient bij de toepassing van de eis met betrekking tot het gebruik van de beste beschikbare technieken zoals gesteld in artikel 4.4.2.1., rekening gehouden met:

1. de technische kenmerken van de inrichting;

- vanadium en zijn verbindingen, uitgedrukt in V	5,0 mg/Nm ³
- tin en zijn verbindingen, uitgedrukt in Sn	5,0 mg/Nm ³

d Beheersing van geluidshinder (hoofdstuk 4.5.)

De exploitant treft ter naleving van de bepalingen van dit hoofdstuk, de nodige maatregelen om de geluidsproductie aan de bron en de geluidsoverdracht naar de omgeving te beperken. Naargelang van de omstandigheden en op basis van de technologisch verantwoorde mogelijkheden volgens de beste beschikbare technieken wordt hierbij gebruikgemaakt van een oordeelkundige (her)schikking van de geluidsbronnen, geluidsarme installaties en toestellen, geluidsisolatie en/of absorptie en/of afscherming.

In afdelingen 4.5.3. en 4.5.4. zijn de algemene geluidsvoorschriften voor klasse 1 en 2 inrichtingen opgenomen. Deze voorschriften, van toepassing op de gieterijen, vermelden ondermeer normen voor het toegelaten specifiek geluid van bestaande en nieuwe inrichtingen. Aansluitend hierop is in deze voorschriften ook opgelegd dat indien een akoestisch onderzoek uitwijst dat het specifieke geluid van een bestaande inrichting de geldende richtwaarde met 10 dB(A) overschrijdt de betrokken inrichting een saneringsplan moet opstellen en uitvoeren. Deze sanering dient rekening te houden met de beste beschikbare technieken.

Tabel 2.3: Richtwaarden voor het specifieke geluid in open lucht van als hinderlijk ingedeelde inrichtingen (bijlage 4.5.4.).

Gebied	Milieukwaliteitsnormen in dB(A) in open lucht		
	overdag	's avonds	's nachts
1° Landelijke gebieden en gebieden voor verblijfsrecreatie.	40	35	30
2° Gebieden of delen van gebieden op minder dan 500 m gelegen van industriegebieden niet vermeld sub 3° of van gebieden voor gemeenschapsvoorzieningen en openbare nutsvoorzieningen	50	45	45
3° Gebieden of delen van gebieden op minder dan 500 m gelegen van gebieden voor ambachtelijke bedrijven en kleine en middelgrote ondernemingen, van dienstverleningsgebieden of van ontginningsgebieden, tijdens de ontginning	50	45	40
4° Woongebieden	45	40	35
5° Industriegebieden, dienstverleningsgebieden, gebieden voor gemeenschapsvoorzieningen en openbare nutsvoorzieningen en ontginningsgebieden tijdens de ontginning	60	55	55
6° Recreatiegebieden, uitgezonderd gebieden voor verblijfsrecreatie	50	45	40
7° Alle andere gebieden, uitgezonderd: bufferzones, militaire domeinen en deze waarvoor in bijzondere besluiten richtwaarden worden vastgelegd	45	40	35
8° Bufferzones	55	50	50
9° Gebieden of delen van gebieden op minder dan 500 m gelegen van voor grindwinning bestemde ontginningsgebieden tijdens de ontginning	55	50	45
Opmerking: als een gebied valt onder twee of meer punten van de tabel dan is in dat gebied de hoogste richtwaarde van toepassing			

2.2.3.2 Sectorale milieuvoorwaarden

De voornaamste sectorale voorschriften voor gieterijen zijn opgenomen in hoofdstuk 5.29. van Vlare II (metalen). De bepalingen van dit hoofdstuk zijn van toepassing op de inrichtingen bedoeld in subrubriek 20.2 (productie en omzetting van metalen) en rubriek 29 (metalen), waartoe de gieterijen behoren.

Andere (belangrijke) sectorale voorwaarden die op gieterijen van toepassing kunnen zijn vinden we terug in ondermeer:

- hoofdstuk 5.3., afdeling 5.3.2.: bedrijfsafvalwaters (zie ook bijlage 5.3.2.: sectorale lozingsvoorwaarden);
- hoofdstuk 5.4., afdeling 5.4.3.: aanbrengen van bedekkingsmiddelen;
- hoofdstuk 5.17.: gevaarlijke producten;
- hoofdstuk 5.30., artikels 5.30.0.3. t/m 5.30.0.6.: stuivende minerale stoffen.

In wat volgt beperken we ons tot de voornaamste voorschriften van hoofdstuk 5.29. met betrekking tot de gieterijen.

a Stuivende stoffen (hoofdstuk 5.29., artikels 5.29.0.2. t/m 5.29.0.5.)

Bij het behandelen van stuivende stoffen moeten voor zover technisch mogelijk inkapselingen en afzuig- en stofverwijderingsinrichtingen worden gebruikt. Diffuse stofemissies afkomstig van de opslagplaatsen moet men maximaal beperken; zo nodig d.m.v. een sproeiinstallatie.

b Emissiegrenswaarden lucht (hoofdstuk 5.29., artikel 5.29.0.6.)

Algemene bepalingen (§1)

De klasse 1 inrichtingen van subrubrieken 20.2. en 29.4. moeten ten minste éénmaal per jaar de emissieconcentratie aan PCDD's en PCDF's laten meten. Deze concentratie, uitgedrukt als ng dioxine toxisch equivalent per Nm³ moet voldoen aan volgende normen (geldend op alle in een bemonsteringstijd van minimum 6 en maximum 8 uur gemeten gemiddelde waarden):

- a nieuwe inrichtingen:
- | | |
|--------------------|------------------------------|
| emissierichtwaarde | : 0,1 ng TEQ/Nm ³ |
| emissiegrenswaarde | : 0,5 ng TEQ/Nm ³ |
- b bestaande inrichtingen:
- | | |
|--------------------|---|
| emissierichtwaarde | : 0,4 ng TEQ/Nm ³ |
| emissiegrenswaarde | : 1,0 ng TEQ/Nm ³ (vanaf 01/01/2003) |

De richtwaarde dient nagestreefd te worden door toepassing van de beste beschikbare technieken.

Emissievoorschriften voor bepaalde inrichtingen uit de metaalsector (§2)

Installaties voor smelten van staal of gietijzer

- a stof:
 - i) de stofhoudende afvalgassen moeten zoveel mogelijk worden opgevangen en naar een ontstoffingsinrichting worden geleid;
 - ii) - elektrovlamboogoven
 inductie-ovens of koepelovens met bovenmondafzuiging: 20 mg/Nm³
 - koepelovens met ondermondafzuiging: 50 mg/Nm³
- b CO:
 - koepelovens met hete lucht en nageschakelde zelfverhitte recup.: 1.000 mg/Nm³
 - andere smeltinstallaties, converters en staalontgassingsinstallaties: CO-bevattende afvalgassen moeten zoveel mogelijk nuttig worden gebruikt of verbrand.

Smeltinstallaties voor aluminium

- a stof: stofhoudende afvalgassen moeten worden opgevangen en naar een ontstoffingsinrichting geleid; bij ms ≥ 0,5 kg/u: 20 mg/Nm³
- b chloor: raffinage (chloreringsinstallaties): 3 mg/Nm³
- c organische stoffen (als totaal C): 50 mg/Nm³

Smeltinstallaties voor non-ferro metalen, met uitzondering van aluminium

- a stof: stofhoudende afvalgassen moeten worden opgevangen en naar een ontstoffingsinrichting geleid;
 - smelt- of raffinage-installaties voor Pb (+ leger.) bij ms ≥ 0,2 kg/u: 10 mg/Nm³
 - andere smelt- of raffinage-installaties bij ms ≥ 0,2 kg/u: 20 mg/Nm³
- b Cu en Cu-verbindingen. smelten van kathodekoper in schachtovens: 10 mg/Nm³
- c organische stoffen (als totaal C): 50 mg/Nm³

IJzer-, temper- en staalgieterijen alsmede gieterijen voor non-ferro metalen

- a stof:
 - i) de stofhoudende afvalgassen moeten zoveel mogelijk worden opgevangen en naar een ontstoffingsinrichting geleid;
 - ii) stofvormige emissies in het afvalgas bij de toepassing van filterende ontstoffingsinrichtingen: bij ms ≥ 0,5 kg/u 20 mg/m³
- b organische stoffen: de bij de kernfabricage, inclusief het mengen, drogen en uitharden van kernzand, ontstane en met organische stoffen beladen afgewerkte gassen moeten zoveel mogelijk worden opgevangen en naar een zuiveringsinrichting voor afvalgas geleid; massaconcentratie aan aminen in het afgewerkte gas: 5 mg/m³

c Gebruik van hexachloorethaan (HCE) (hoofdstuk 5.29., artikel 5.29.0.10.)

Het gebruik van hexachloorethaan (HCE) is verboden bij de productie of de behandeling van non-ferrometalen. Dit verbod geldt evenwel niet voor:

1. de niet-geïntegreerde aluminiumgieterijen die speciaal aluminium produceren voor gebruiksvormen die hoge kwaliteits- en veiligheidsnormen vereisen, en die gemiddeld minder dan 1,5 kg HCE per dag gebruiken;
2. korrelverfijning bij de productie van magnesiumlegeringen AZ81, AZ91 en AZ92.

2.2.4 Vlarebo, Vlarea en BIM

2.2.4.1 Bodemsaneringsdecreet en Vlarebo-besluit

Het besluit Vlarebo van 05/03/1996 ter uitvoering van het Bodemsaneringsdecreet van 22/02/1995 legt voorschriften op omtrent het vrijwaren, controleren en saneren van de bodem waarop het bedrijf gevestigd is. Het besluit legt voor bepaalde activiteiten en aan bepaalde inrichtingen ondermeer de verplichting op oriënterende bodemonderzoeken te laten uitvoeren. Zo dient voor de kleinere gieterijen (rubriek 29.4.1.a), in exploitatie vóór 29/10/95, een eerste oriënterend bodemonderzoek uitgevoerd te worden vóór 31/12/2001 en daarna om de 10 jaar. Voor de grotere gieterijen (rubriek 29.4.1.b), in exploitatie vóór 29/10/95, is een eerste oriënterende bodemonderzoek verplicht vóór 31/12/99. Vervolgens om de 5 jaar.

Ook bij overdracht of sluiting van de inrichting of stopzetting dient een dergelijk onderzoek uitgevoerd te worden.

2.2.4.2 Afvalstoffendecreet en Vlarea-besluit

Het besluit Vlarea van 07/12/1997 ter uitvoering van het Afvalstoffendecreet van 02/07/1981 legt ondermeer voorschriften op omtrent de verwijdering van afvalstoffen en de mogelijke aanwending van afvalstoffen als secundaire grondstoffen.

Met betrekking tot de aanwending van afvalstoffen als secundaire grondstoffen vermeldt het besluit dat de afvalstoffen die voorkomen in bijlage 4.1 als secundaire grondstoffen gebruikt mogen worden mits ze voldoen aan de in het besluit vastgelegde voorwaarden inzake samenstelling en/of gebruik. Als gebruik in of als bouwstof vermeldt bijlage 4.1. met betrekking tot de gieterijen volgende afvalstroom:

"gebroken en/of gekalibreerde en/of uitgesorteerde of voorbehandelde slakken, assen of steenachtige afvalstoffen afkomstig van de ferro-industrie, van de non-ferro-industrie, van de vervaardiging van niet-metaalhoudende minerale producten of van de verbrandingsprocessen van afvalstoffen"

Een gebruikscertificaat is verplicht gesteld voor deze afvalstroom.

2.2.4.3 Decreet bedrijfsinterne milieuzorg en Vlarem-wijzigingsbesluit

Het decreet BIM van 19/04/1995, uitgevoerd door het besluit van 26/06/1996 tot wijziging van Vlarem I en Vlarem II, verplicht de inrichtingen van klasse 1 tot het aanstellen van een milieucoördinator. Zo ook voor de gieterijen van klasse 1 (subrubriek 29.4.1.b).

Andere voorschriften in het uitvoeringsbesluit van BIM hebben betrekking op het uitvoeren van een periodieke milieu-audit en het vrijwillig certifiëren onder EMAS.

2.2.5 Europees kader

Op Europees vlak vallen grotere gieterijen (zie verder 2.3: afbakening van de sector) onder de Integrated Pollution Prevention and Control richtlijn (IPPC). Deze richtlijn legt de lidstaten een geïntegreerd milieuvergunningstelsel op ter maximale bescherming van de verschillende milieucompartimenten.

Een milieuvergunning bevat in hoofdlijnen:

- emissiegrenswaarden voor verontreinigende stoffen die in bijlage III van de richtlijn zijn opgenomen;
- passende maatregelen ter bescherming van bodem en grondwater en het beheer van afvalstoffen;
- eisen inzake controle (metingen) van de lozingen.

Belangrijk is het feit dat de opgelegde emissiegrenswaarden en technische maatregelen moeten gebaseerd zijn op de beste beschikbare technieken. Hiervoor worden op Europees niveau BREF's uitgewerkt (BAT Reference documents).

2.3 Afbakening van de sector

2.3.1 Afbakening van de sector voor de BBT-studie

Gieterijen zijn bedrijven die via hersmelten ('tweede smelt') door middel van vloeibare vormgeving in gietvormen metalen producten produceren op basis van ferro- en non-ferrometalen. Dit in tegenstelling tot de bedrijven uit de staalnijverheid en de basis non-ferro-nijverheid, die via een 'eerste smelt' producten of blokvormen van metaallegeringen bereiden op basis van ertsen, residuen, recuperatiematerialen,....

In de 'oude' NACE⁵-indeling vinden we de gieterijen terug bij rubriek:

31. Vervaardiging van producten uit metaal

31.1 Gieterijen

De indeling volgens de meer recente NACE-Bel⁶ code vermeldt de gieterijen onder:

27.5 "gieten van metalen". Deze rubriek wordt verder opgesplitst naar het type legering:

- 27.51 gieten van ijzer;
- 27.52 gieten van staal;
- 27.53 gieten van lichte metalen;
- 27.54 gieten van overige non-ferro-metalen.

Grote bedrijven (productie- of smeltcapaciteit van > 20 ton/dag) vallen onder de Europese IPPC richtlijn (Integrated Pollution Prevention and Control 96/61/EG). Een belangrijk aspect van deze wetgeving steunt op het principe van het toepassen van de Beste Beschikbare Technieken, die per sector door internationale werkgroepen worden beschreven. De voorliggende Vlaamse BBT-sectorstudie richt zich tot zowel de "grote" IPPC als de "kleine" niet IPPC gieterijen.

2.3.1.1 Afbakening volgens Vlarem I

In rubriek 20.2.3 worden smelterijen van ferrometalen ingedeeld en wordt een onderscheid gemaakt tussen bedrijven met een smeltcapaciteit tussen 1 en 5 ton/dag (klasse 2); tussen 5 en 20 ton (klasse 1, niet IPPC) en meer dan 20 ton/dag (klasse 1 en IPPC bedrijf). In rubriek 20.2.4 worden smelterijen van non-ferro metalen ingedeeld. Bij bepaalde interpretaties kunnen onder "smelterijen" ook "gieterijen" verstaan worden (zie 2.3.1.2)

⁵ NACE: Nomenclature générale des Activités économiques dans les Communautés Européennes, in 1970 door het Bureau voor de Statistiek van de Europese Gemeenschap opgesteld om economische activiteiten logisch te ordenen

⁶ de NACE-Bel code is de Belgische versie (1993) van de NACE Rev.1-code

2.3.1.2 Afbakening volgens IPPC

Voor de gieterijsector is de omvang van de IPPC-plichtige bedrijven in bijlage I van de richtlijn als volgt omschreven:

- 2.4. Smelterijen van ferrometalen⁷ met een **productiecapaciteit**⁸ van meer dan 20 ton per dag.
- 2.5.b) Installaties voor het smelten van non-ferrometalen, met inbegrip van legeringen, inclusief terugwinningsproducten (affineren, vormgieten) met een **smeltcapaciteit**⁹ van meer dan 4 ton per dag voor lood en cadmium of 20 ton per dag voor alle andere metalen.

Zoals hierboven vermeld zijn deze groepen bedrijven opgenomen onder rubriek 20.2.3 en 20.2.4 in Vlarem I.

2.3.1.3 Niet behandelde activiteiten

De (gieterij)-activiteiten die niet in deze BBT-studie behandeld worden, zijn:

- de smelterijen (voeren primaire zuiveringssmelting uit van schroot, ertsen, ...);
- de edelmetalen en speciale legeringen (bv. goud);
- het aanmaken van de verloren of duurzame modellen (meestal extern uitgevoerd);
- voorbehandeling van de metalen;
- de nabehandelingen van de gietstukken (vernissen, verven, ...);
- het gieten van ingots (grondstof voor de gieterijen: zie smelterijen);
- de productieprocessen die in Vlaanderen niet voorkomen.

2.3.2 De bedrijfskolom

De gieterij-industrie is een sleutelsector die aan een groot aantal andere industriële bewerkingssectoren toelevert, meestal in het kader van onderaannemingscontracten. De gietstukken zijn doorgaans half afgewerkte producten die nog nabewerkt moeten worden. Daarom vindt men wereldwijd gieterijen geconcentreerd terug in regio's dicht bij hun belangrijkste klanten. De belangrijkste producenten op wereldvlak zijn Europa, US, Rusland, China en Japan.

In Vlaanderen vindt men een aantal zogeheten *geïntegreerde* bedrijven die een belangrijk deel van de productie maken in opdracht van de moederfirma, bijvoorbeeld in de sector van textielmachines. Naast het kleine tot middelgrote *seriegiet* netwerk vindt men ook '*jobbing*' gieterijen waarin een beperkt aantal stukken van grotere afmetingen worden gegoten.

⁷ In de Engelstalige versie spreekt men van "Ferrous metal foundries"

⁸ Hier bedoeld men "goede" gietstukken, of dus afgewerkte gietstukken die aan de klant worden geleverd. Het betreft de theoretische productiecapaciteit op 24-uursbasis, in het geval dat de gieterij op dergelijke manier kan geopereerd worden.

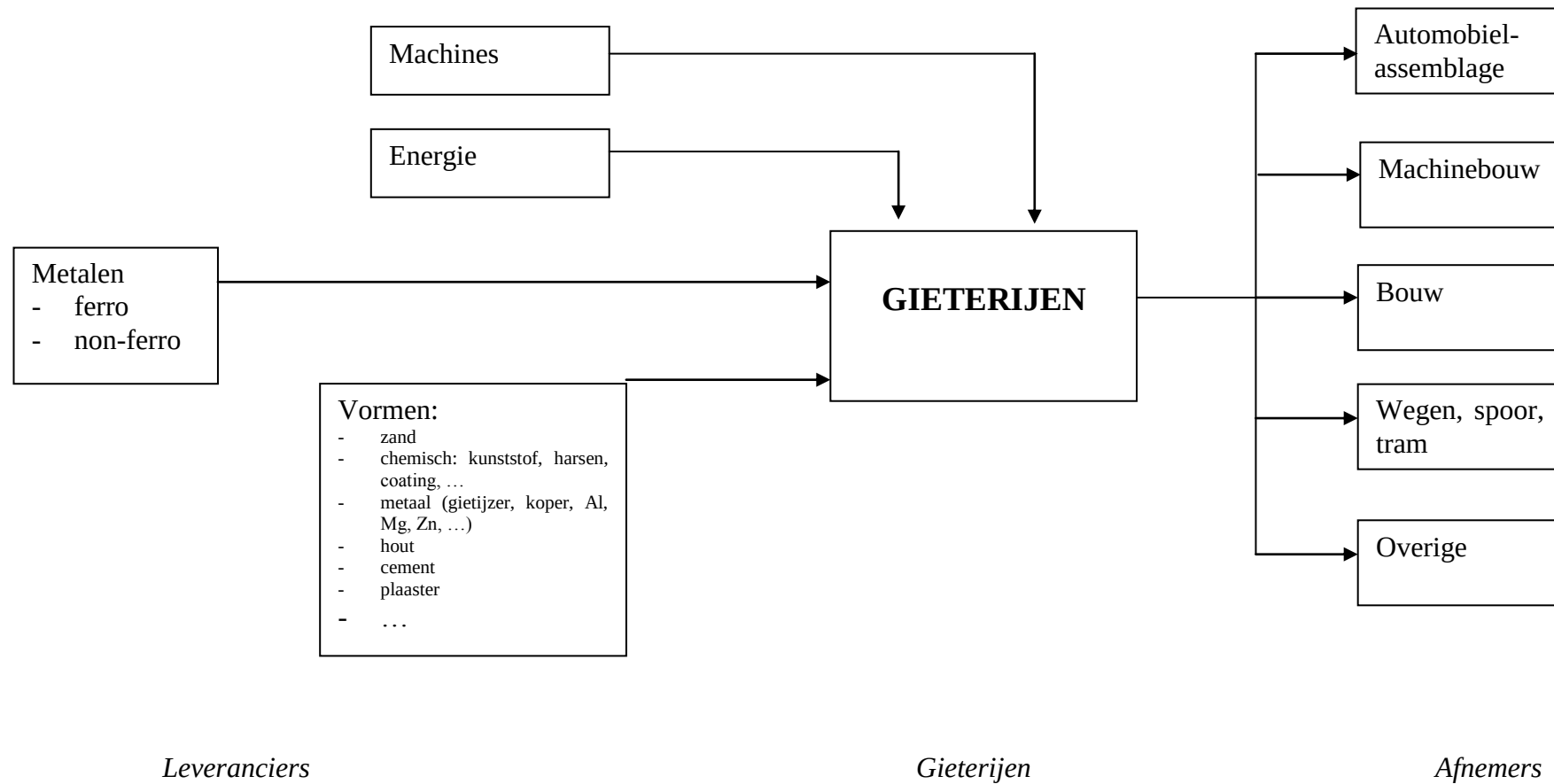
⁹ Totale theoretische smeltcapaciteit van de ovens op 24-uursbasis

Op wereldvlak is de *automobielsector* de grootste verbruiker van gietstukken. Ze neemt respectievelijk 35 en 70 % van de productie van ferro en non-ferro gietstukken af. De Vlaamse gieterijsector richt zich vooral op de tweede belangrijkste afzetmarkt, namelijk de *machinebouw* die wereldwijd meer dan een kwart van de gietproductie consumeert.

Daarnaast vormen producten voor de bouw en de woningbouw zoals cv- en kachelonderdelen, leidingen, buizen en hun accessoires, wegnisstukken... een belangrijk aandeel in het huidige productiepakket. Wel worden deze marktsegmenten gekenmerkt door een lagere toegevoegde waarde.

Het economisch belang van de sector kan worden geïllustreerd aan de hand van de toeleveringsmarkt van gieterij grond- en hulpstoffen. De Belgische ferrogietserijen verbruiken naar schatting elk jaar meer dan 500.000 ton hulpstoffen (zoals zand, harsen, bentoniet,...), 150.000 ton nieuwe en recuperatiemetalen en enkele duizenden ton cokes.

Nationaal verbruikt de gieterijsector ongeveer een half miljard kWh en verschillende honderden miljoenen m³ gas per jaar. Deze energiekost vertegenwoordigt een bedrag dat tussen 10 en 15 % van de totale omzet ligt. Dit cijfer is relatief gezien 4 maal hoger dan het gemiddelde voor de Belgische metaalverwerkende industrie.

Bedrijfskolom gieterijen

2.4 Socio-economische kenmerken

2.4.1 Aantal bedrijven en hun productie

De statistieken in de volgende paragrafen zijn opgemaakt uit gegevens van Fabrimetal¹⁰ en het WTCM¹¹, aangevuld met ander beschikbaar cijfermateriaal.

2.4.1.1 Aantal bedrijven en productiecijfers van de totale sector

Volgens het WTCM waren 146 gieterijen actief in België in 1998, die per definitie alle lid zijn van het WTCM. Van dit totaal zijn er, volgens Fabrimetal, 65 bedrijven die technisch gietwerk produceren. De overige 81 bedrijven zijn actief in de artisanale sfeer (brons, tin,...). Van de 65 technische gieterijen zijn de 46 grootste bedrijven lid van Fabrimetal.

Tabel 2.4: Overzicht van de regionale verdeling van gieterijen

Lidbedrijven Fabrimetal en WTCM 1998				
Aantal	Vlaanderen	Brussel	Wallonië	België
WTCM leden ¹²	92	10	44	146
Fabrimetal leden	27	1	18	46

De meest recente bevraging van productiecijfers, uitgevoerd door Fabrimetal, leverde een respons op van 34 bedrijven. Het betreft de grootste producenten zodat de hierna volgende gegevens vrij representatief zijn voor de sector.

Regionaal opgesplitst vinden we voor België volgende productieverdeling (1998). Vermits voor de regio Brussel geen gegevens bekend zijn, wordt deze verder buiten beschouwing gelaten.

Tabel 2.5: Regionale verdeling van de gietrij jaarproductie (bron 167)

Regionale verdeling van de gietrij jaarproductie			
	Vlaanderen	Wallonië	België
Ton	103 669	67 107	170 776

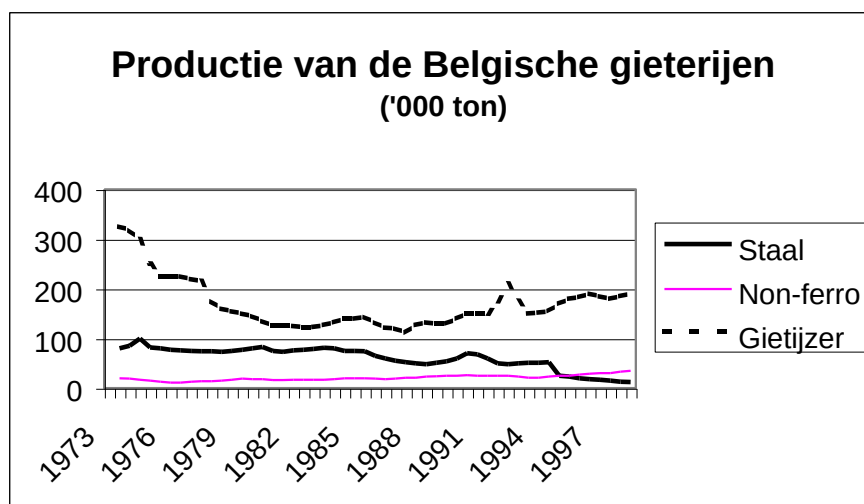
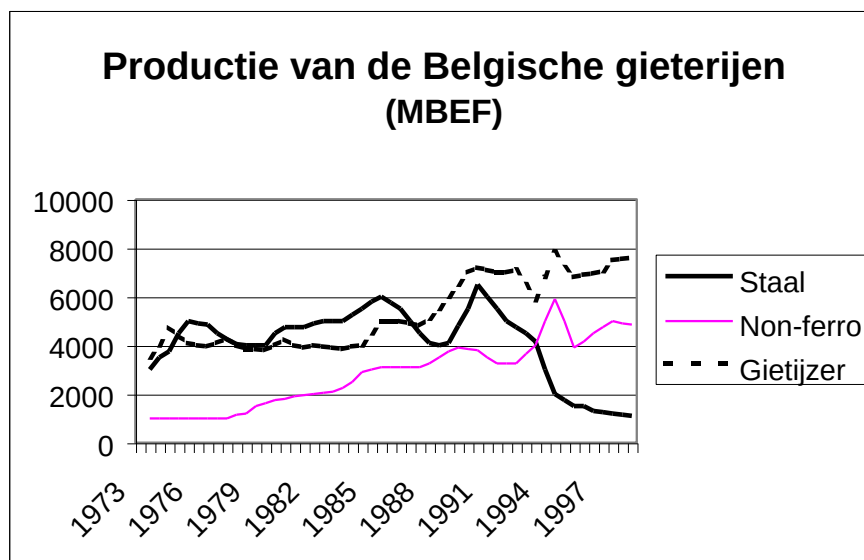
Gesommeerd over alle legeringen (ferro en non-ferro) en productklassen heen, werd in 1998 nationaal 170 776 ton gietstukken geproduceerd, waarvan 61 % in Vlaanderen. Gedurende het laatste decennium schommelde het aandeel van de non-ferro-productie rond de 15 % van het totale jaarproductiecijfer.

Onderstaande grafieken geven de evolutie van de productie weer voor de drie segmenten, zowel in monetaire termen als in tonnage. Het betreft gegevens voor de totale Belgische gieterijwereld.

¹⁰ Fabrimetal, nu Agoria, is de belangrijkste federatie van de gieterijsector

¹¹ Wetenschappelijk en Technisch Centrum van de Metaalverwerkende Nijverheid

¹² Schatting gemaakt op basis van verschillende repertoria.



Figuur 2.1: Productie van de Belgische gieterijen (Fabrimetal, 2000)

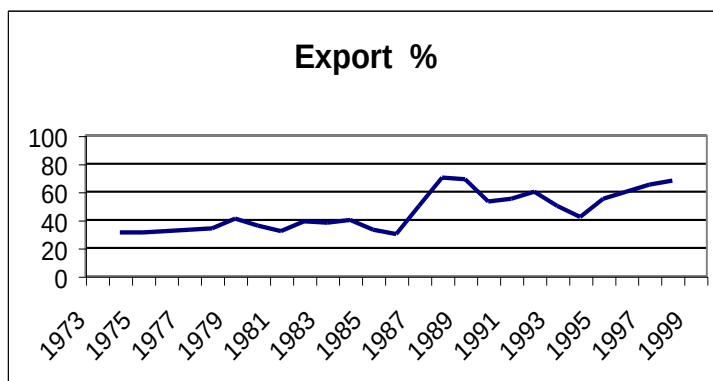
Uit deze grafieken blijkt duidelijk het toenemend belang van het segment non-ferro, niet zozeer in tonnage maar wel in BEF. Gietstaal daarentegen verliest alsmaar verder terrein. Gietijzer blijft het belangrijkste segment.

België staat in voor ongeveer 2 % van de Europese productie, zoals uit onderstaande tabel kan worden opgemaakt. Tevens is de evolutie van het jaarproductiecijfer weergegeven. Opvallend is de toenemende productie van het non-ferro segment.

Tabel 2.6: Totale productie in de Europese gieterij industrie (bron 13)

Totale productie in de Europese gieterij industrie										
kton	1994		1995		1996		1997		1998	
	ferro	non-ferro	ferro	non-ferro	ferro	non-ferro	ferro	non-ferro	ferro	non-ferro
België	187,0	21,8	183,6	22,0	180,4	27,0	169,0	27,3	144,4	25,3
Denemarken	70,2	2,4	94,2	3,5	74,5	3,4	85,1	3,5	n.a.	n.a.
Duitsland	3.218,2	597,0	3.496,5	625,3	3.295,1	619,7	3.417,1	704,1	3.662,9	783,9
Finland	99,6	7,1	120,9	7,8	118,0	8,2	123,6	10,0	122,6	10,5
Frankrijk	1.976,7	293,2	2.071,9	294,6	1.988,7	300,3	2.122,8	312,0	2.225,8	338,2
Groot-Brittannië	1.126,6	142,0	1.218,0	153,7	1.242,0	151,5	1.202,0	199,3	1.076,3	121,0
Hongarije	52,5	8,8	57,0	8,1	73,9	13,4	78,1	17,8	78,1	24,8
Italië	1.462,1	582,6	1.613,1	653,2	1.488,7	631,9	1.521,2	722,8	1.508,4	832,3
Nederland	129,6	13,8	137,6	15,9	123,3	17,8	137,4	n.a.	146,0	n.a.
Noorwegen	56,9	8,1	63,1	9,3	55,5	11,1	62,6	11,1	65,3	22,2
Oostenrijk	158,1	63,5	176,5	70,2	166,7	75,7	170,0	83,0	190,0	90,4
Polen	744,6	50,3	779,4	50,6	762,2	62,2	732,5	66,5	675,0	66,5
Portugal	89,7	14,0	96,1	15,0	94,3	13,5	96,9	13,6	98,6	17,5
Spanje	644,0	131,0	704,9	142,8	726,5	146,8	751,0	153,4	706,6	140,7
Zweden	243,0	40,7	267,2	45,4	244,4	45,3	251,3	46,5	264,4	49,7
Zwitserland	115,2	20,4	129,0	21,5	111,3	18,8	113,9	18,8	122,8	22,3
Totaal	10.373,8	1.996,7	11.208,8	2.138,9	10.745,4	2.146,5	11.034,3	2.389,6	11.112,3	2.545,2

Een toenemend deel van de productie is bestemd voor export, voornamelijk naar de buurlanden. Onderstaande grafiek geeft de evolutie van het exportpercentage weer.



Figuur 2.2: Evolutie van het exportpercentage (Fabrimetal, 2000)

2.4.1.2 Aantal en productiecijfers van de niet-IPPC en IPPC-gieterijen

Voor de eenvoud kan het onderzoek naar het aantal niet-IPPC-gieterijen en het aantal IPPC-gieterijen benaderd worden door de gerealiseerde individuele jaarproductiecijfers te delen door 220 werkdagen. Is dit getal kleiner dan 20 tpd, dan kan men een bedrijf als niet-IPPC beschouwen, indien groter dan 20 tpd dan behoort het tot de IPPC-gieterijen. Deze handelwijze is natuurlijk niet helemaal correct vermits IPPC over capaciteiten en niet effectieve jaarproductiecijfers spreekt. Het verkregen aantal IPPC bedrijven zal dus iets hoger liggen.

Het onderscheid tussen productiecapaciteit (ferro) en smeltcapaciteit (non-ferro) dat in de IPPC-richtlijn wordt gemaakt, kunnen we specifiek voor de Vlaamse situatie verwaarlozen. De grote Vlaamse non-ferro bedrijven zijn immers aluminiumgieterijen die werken met het drukgietsproces. Daar het gietrendement bij deze productietechnieken heel hoog is (weinig retourmateriaal), is de omgesmolten hoeveelheid metaal op 10 à 20 % na gelijk aan de hoeveelheid geproduceerde stukken.

Deze werkwijze levert volgend resultaat op.

Tabel 2.7: Regionale verdeling van het aantal gieterijen met dagproductie < 20 tpd en >20 tpd (bron 167)

Regionale verdeling van het aantal gieterijen met dagproductie < 20 tpd en >20 tpd			
Aantal	Vlaanderen	Wallonië	België
< 20 tpd	12	10	22
> 20 tpd	7	5	12
Totaal	19	15	34

Onderstaande tabel geeft het relatief belang aan van het productieaandeel van de niet-IPPC-gieterijen ten opzichte van de globale jaarproductie. Hieruit kan men opmaken dat deze 17 % uitmaakt van de nationale, en 21 % van de Vlaamse jaarproductie.

Tabel 2.8: Het relatief belang van het productieaandeel van de niet-IPPC-gieterijen ten opzichte van de globale jaarproductie (bron 167)

Regionale jaarproductie gieterijen ifv dagproductie			
Ton	Vlaanderen	Wallonië	België
< 20 tpd	22 227	7 105	29 332
> 20 tpd	81 442	60 002	141 444
Totaal	103 669	67 107	170 776

In een andere studie (*Dijkmans & Wellens*) komt op basis van de GOM bedrijvengids en een telefonische enquête van de milieucoördinatoren van enkele gieterijen op 6 ferro gieterijen voor Vlaanderen die onder IPPC zouden vallen. Het aantal non-ferro gieterijen en smelterijen samen zou hier 15 bedragen.

2.4.2 Tewerkstelling en omvang van de bedrijven

Zoals bij de definitie van de doelgroep reeds aangegeven zijn er in België 146 gieterijen actief, waarvan 92 in Vlaanderen (1998).

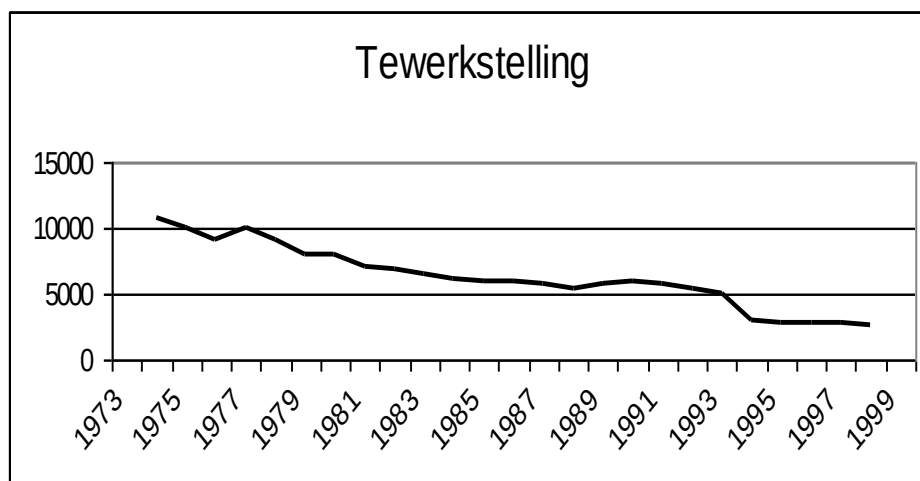
Wat de tewerkstelling betreft, zijn slechts van 107 bedrijven gegevens beschikbaar. Indien aangenomen wordt dat de overige ('niet-gerepertorieerde') bedrijven gemiddeld 2,5 personen tewerkstellen, kunnen we deze gegevens extrapoleren voor het totaal aantal bedrijven.

Tabel 2.9: Tewerkstelling in de gieterijsector in België

Lidbedrijven Fabrimetal en WTCM 1998 – extrapolatie								
Aantal	Vlaanderen		Brussel		Wallonië		België	
	pers.leden	bedrijven	pers.leden	bedrijven	pers.leden	bedrijven	pers.leden	bedrijven
Niet IPPC-bedrijven	1451	85	81	10	1161	39	2693	134
IPPC-bedrijven	1690	7	0	0	1272	5	2962	12
Totaal	3141	92	81	10	2433	44	5655	146

De RSZ-statistieken geven een tewerkstelling van 2541 mensen aan voor 1998 in de Vlaamse gieterijen. Daarvan zijn 81% mannelijke arbeiders.

Hoewel er een tendens is naar schaalvergroting door seriewerk, blijven vele processen *arbeidsintensief*, bijvoorbeeld modellering en manuele afwerking;



Figuur 2.3: Verloop van de tewerkstelling in de gieterijsector (Fabrimetal, 2000)

Op Europees vlak worden er in de gieterijsector ca. 260.000 personen tewerkgesteld, wat ongeveer 25 % meer is dan in de staalsector (*bron 13*).

Op dezelfde wijze kan men deze bedrijven onderverdelen naar het aantal tewerkgestelden, wat het volgend beeld oplevert.

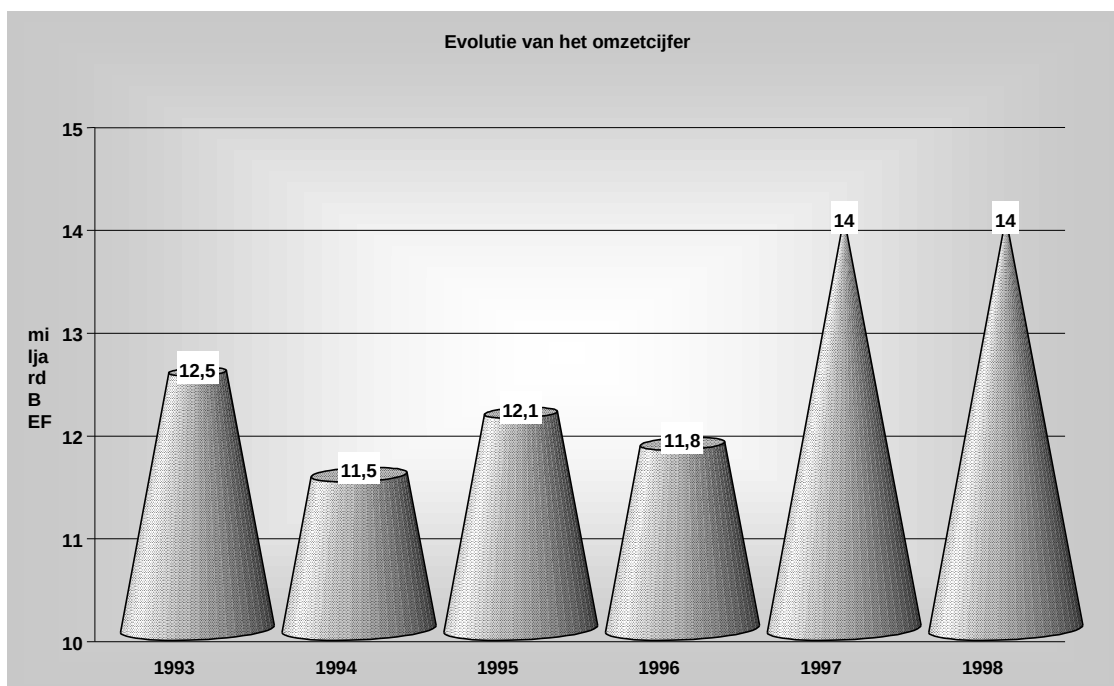
Tabel 2.10: Indeling van de gieterijen naar aantal tewerkgestelden

Gieterijsector ingedeeld naar het personeelsbestand 1998				
Aantal	Vlaanderen	Brussel	Wallonië	België
1-5	39	6	15	60
5-10	14	1	3	18
10-20	9	2	7	18
20-50	17	1	9	27
50-100	7	0	1	8
100-200	3	0	7	10
200-500	2	0	1	3
>500	1	0	1	2
Totaal	92	10	44	146

Uit deze gegevens komt naar voor dat ongeveer 65 % van de gieterijen minder dan 20 werknemers telt en ongeveer 40 % minder dan 5. Wel zijn er in elk segment (gietstaal, gietijzer, non-ferro) enkele grote bedrijven.

2.4.3 Omzet van de sector

Na een periode van algemene laagconjunctuur (1993-1996) is de omzet van de gieterijsector terug naar een hoger niveau geëvolueerd. Deze heropleving is wellicht te danken aan de heropleving van de economie, maar is toch merkwaardig omdat er een aantal gieterijen gesloten werd, waaronder één grote. Voor 1999 lijkt deze trend zich niet door te zetten: zowel de leveringen als de tewerkstelling dalen met meer dan 8 % (*Fabrimetal*, 2000).



Figuur 2.6: Evolutie van het omzetcijfer van 1993 tot 1998 (Fabrimetal, 2000)

Investeringsen

Tabel 2.11: Investeringsen door de Belgische gieterijen gemaakt (Fabrimetal, 1999)

Resultaten enquête	Mei 99
Aantal respondenten	10
Tewerkstelling vertegenwoordigd door deze bedrijven	2.105
Omzet vertegenwoordigd door deze bedrijven (x 1000 BEF)	9.678.957
Materiële investeringen 1997 (x 1000 BEF)	351.470
Materiële investeringen 1998 (x 1000 BEF)	728.072
Materiële investeringen 1999 (x 1000 BEF)	463.278

Bovenstaande tabel geeft enkele cijfers weer van de jaarlijkse nationale enquête die Fabrimetal organiseert. Deze beperkt zich niet tot de lidbedrijven van de federatie, alle technische gieterijen worden aangeschreven. Bij de interpretatie van de gegevens moet worden opgemerkt dat het hier slechts tien bedrijven geldt die qua omzet slechts 70 % van de sector dekken.

In de onderstaande tabel zijn de investeringen opgesplitst naar hun bestemming.

Tabel 2.12: Opsplitsing van de gemaakte investeringen naar hun bestemming toe

Economische bestemming (%)	Vervanging	Uitbreiding	Rationalisatie	Milieu
1997	30	33	22	14
1998 (schatting)	43	27	17	12
1999 (schatting)	30	57	8	5

Algemeen kan gesteld worden dat de investeringen per werknemer eerder laag¹³ zijn in deze sector (*Fabrimetal* sectordossier, 1997).

¹³ Volgens een sectordossier van Fabrimetal (1997): investeringen per werknemer in de metaal-en kunststoffenproductie 229.000 BEF tegenover 305.000 BEF voor de Belgische industrie in het algemeen.

2.5 Concurrentie-analyse

In onderstaande analyse wordt getracht de belangrijkste tendensen te achterhalen die de intensiteit van de concurrentie in de sector bepalen.

a Interne concurrentie

- De *vraag* naar producten van gieterijen is een secundaire, afgeleide vraag. Vermits de sector levert aan sectoren die *conjunctuurgevoelig* zijn, speelt dit effect ook voor de bedrijfstak zelf. Dit bleek ook uit de bespreking van de economische kenmerken. De producten van gieterijen beslaan een breed gamma: van kleine precisiestukken tot stukken van tientallen ton. Vaak zijn het echter ‘technologisch verouderde’ producten met een relatief lage toegevoegde waarde. Wel zijn er een aantal interessante *niches* ontstaan, bijvoorbeeld ten gevolge van de doorbraak van non-ferrogietstukken op de markt van auto-onderdelen en sommige mechanische componenten;
- De gieterijnijverheid wordt weliswaar nog steeds aanzien als een *basisindustrie*, maar is toch geëvolueerd naar een sector met heel wat *spitstechnologie*. De technologische vooruitgang is incrementeel, en dus weinig spectaculair. Recente tendensen zijn o.a. gesofisticeerde legeringen, geautomatiseerde gietprocédés, verbeterde controletechnieken, ...
- Deze evolutie brengt met zich dat de sector ook een *kapitaalintensief* karakter krijgt. Om niet uit de markt geconcentreerd te worden, dienen bedrijven continu middelen vrij te maken voor *onderzoek* naar productiviteitsverbeteringen, betere legeringen, milieu, modernisering, automatisering, productvernieuwing, marketing, ...;
- Zoals in de vorige paragraaf werd vastgesteld, zijn de meeste gieterijen ambachtelijke bedrijfjes of *KMO's*, veelal in *familiale* handen. De onafhankelijkheid van deze bedrijven is een troef; het nadeel kan zijn dat er vaak te weinig financiële armslag is om te (blijven) investeren, en het korte termijn denken primeert;
- Er kan een zekere tendens tot *schaalvergroting* vastgesteld worden: door fusies en overnames maken (familiale) ondernemingen nu onderdeel uit van grotere groepen, met als doel:
 - klantgedreven aanpak mogelijk maken;
 - synergie-effecten door zoveel mogelijk technologieën onder één dak te brengen;
- Net als in vele andere sectoren, kampen ook de gieterijen met een *tekort* aan kwalitatief hoog geschoold personeel en wordt de druk van de *loonkosten* als een belemmerende factor beschouwd;
- De keuze van de *vestigingsplaats* is veranderd. Vroeger vond men de meeste gieterijen nabij koolmijnen of producenten van staal/ijzer (nabijheid leverancier); nu meer in de nabijheid van de klant (bv. automobielbouwers, machinebouwers). De invoering van het JIT (Just In Time)-principe in heel wat afnemende sectoren is daarbij een verklarende factor. De Belgische gieterijen waren vroeger in Wallonië geconcentreerd rond Charleroi en Luik. De meeste gieterijen in Vlaanderen zijn terug te vinden in Oost- en West-Vlaanderen;
- De sector heeft te maken met een structurele *overcapaciteit* die zich vooral in tijden van laagconjunctuur laat voelen. Daarenboven wordt de sector getroffen door dumping vanuit Oost-Europa, met druk op de prijzen en de rendabiliteit tot gevolg. Subsidiering van de sector in bepaalde regio's veroorzaakt een scheeftrekking van de concurrentie.

- De tendens tot *verticale integratie* is niet eenduidig. Er zijn een aantal factoren die een tegengesteld effect ressorderen:
 - ja: internaliseren van toegevoegde waarde,
 - neen: tendens om zich te richten op de kernactiviteiten, de gieterij als onafhankelijk profit-center (die ook voor derden kan werken);
- De Belgische gieterijsector is sterk afhankelijk van de *export*. Rekening houdend met de transportkosten kan een straal van maximaal 500 km bereikt worden. De internationale concurrentie richt zich dus hoofdzakelijk op de buurlanden, vooral Duitsland.

b Macht van de leveranciers

- De belangrijkste leveranciers van de gieterijsector (cf. bedrijfskolom) zijn typisch grote bedrijven uit de staal- en non-ferro sector. De gieterijen zijn als price-takers afhankelijk van de (sterke) schommelingen op de metaalmarkten. De fluctuerende prijzen verhogen de onzekerheid en scherpen de concurrentie aan. Wel kan de liberalisering van de energiemarkt gunstige perspectieven openen voor de gieterijen die grootverbruikers zijn van energie (elektriciteit, cokes, gas).

c Macht van de afnemers

- De gieterijen vormen als belangrijke toeleveringssector een onmisbare schakel in heel wat industriële activiteiten. De afnemers zijn erg divers: constructeurs van mijn- en steengroeven, vliegtuig- en scheepsbouw, constructie van tram- en spoor materiaal, machinebouw, metallurgische industrie, automobiel, elektrotechniek en elektronica, glas, meubel, wegebouw, bouwnijverheid (sanitair, verlichting, verwarming, wegeniswerken), ...
- De afnemers zijn vaak relatief grotere bedrijven dan de gieterijen zelf, en ze opereren bovendien op competitieve, globale markten. Dit houdt in dat de macht bij de afnemers ligt en deze hoge eisen kunnen stellen, zoals op maat leveringen, Just In Time, flexibiliteit, kwaliteit.

d Dreiging van substituten

- Dreiging van *materiaalsubsitutie*. Er is een duidelijke vraag naar steeds lichtere materialen, o.a. kunststoffen, aluminium, magnesium, composieten. Dit houdt in dat er een verschuiving plaatsvindt, enerzijds binnen de gieterijsector zelf (bv nodulair gietijzer ipv gietstaal, opkomst van lichtere non-ferro), anderzijds naar andere sectoren.
- Dreiging van *productiesubsitutie*, bijvoorbeeld smederij ipv gieterij.

e Dreiging van nieuwe toetreders

- De voorbije jaren zijn quasi geen nieuwe toetreders op de markt gekomen. De toetredingsdrempels zijn hoog: gespecialiseerd productie-apparaat, geringe rendabiliteit, kapitaal nodig, oververzadigde markt, ...
- Wel zijn een aantal geïntegreerde bedrijven verzelfstandigd (bv. Proferro uit Picanol, Ferromatrix uit Van de Wiele);

f Algemene conclusie van de concurrentie-analyse

Uit de analyse van de bronnen van concurrentie blijkt dat vooral de interne concurrentie en de dreiging van substituten drukken op de rendabiliteit. Ook de macht van de leveranciers en de afnemers is toegenomen. De dreiging van nieuwe toetreders is weggefallen.

2.6 Financiële draagkracht van de sector

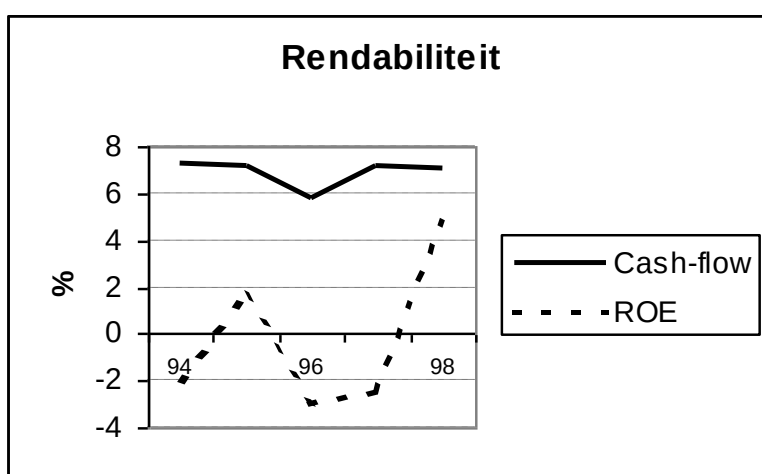
Naast de inschatting van de intensiteit en de bronnen van concurrentie, is het ook noodzakelijk om een idee te krijgen van de financiële draagkracht van de sector.

2.6.1 Rendabiliteit van de sector

In onderstaande grafieken worden twee maatstaven uiteengezet:

- cash flow als % van de omzet
- het netto resultaat in % van de eigen middelen (ROE: Return on Equity)

De gegevens zijn gemiddelden voor de Belgische gieterijsector.



Figuur 2.7: Uiteenzetting van twee maatstaven (gemiddelden voor de Belgische gieterijsector):

- cash flow als % van de omzet;
- het netto resultaat in % van de eigen middelen (Return On Equity) (Fabrimetal, 2000)

Deze cijfers tonen aan dat de rendabiliteit onder druk staat: de cash-flow blijft beneden de 8% van de omzet en de rendabiliteit is in bepaalde jaren negatief.

2.7 Coördinaten van de Vlaamse gieterijen

Bijlage 2 bevat een lijst met de coördinaten, contactpersonen en aantal personeelsleden van de Vlaamse gieterijen (*WTCM*, 1999).

HOOFDSTUK 3: PROCESBESCHRIJVINGEN EN MILIEU-ASPECTEN

3.1 Inleiding

De gieterijen vervullen een belangrijke rol als toeleverancier aan bedrijfstakken zoals metaalproductenindustrie, de machine- en apparatenbouw, de elektrotechnische industrie en de scheepsbouw. De Vlaamse gieterijsector richt zich vooral op de machinebouw

Naast het smelten en gieten worden in gieterijen onder andere de volgende processen uitgevoerd (zie *Figuur 3.1*: algemene processtappen in de gieterij):

- Vervaardigen van gietvormen;
- Nabehandeling van gietstukken;
- Regeneratie van vormmateriaal;
- Opslag van grond- en hulpstoffen.

Nabewerkingen aan gietstukken bestaan veelal uit mechanische en/of warmtebehandelingen.

Gieterijen zijn in het algemeen op industrieterreinen gesitueerd. De meeste werkzaamheden worden binnen gebouwen uitgevoerd. Opslag van grond- en hulpstoffen, sorteren en dergelijke vinden op het terrein in de buitenlucht plaats. Er worden verschillende ovens, smelt-, giet- en vormprocessen toegepast, waarvan de belangrijkste in dit hoofdstuk worden behandeld (*bron 160*).

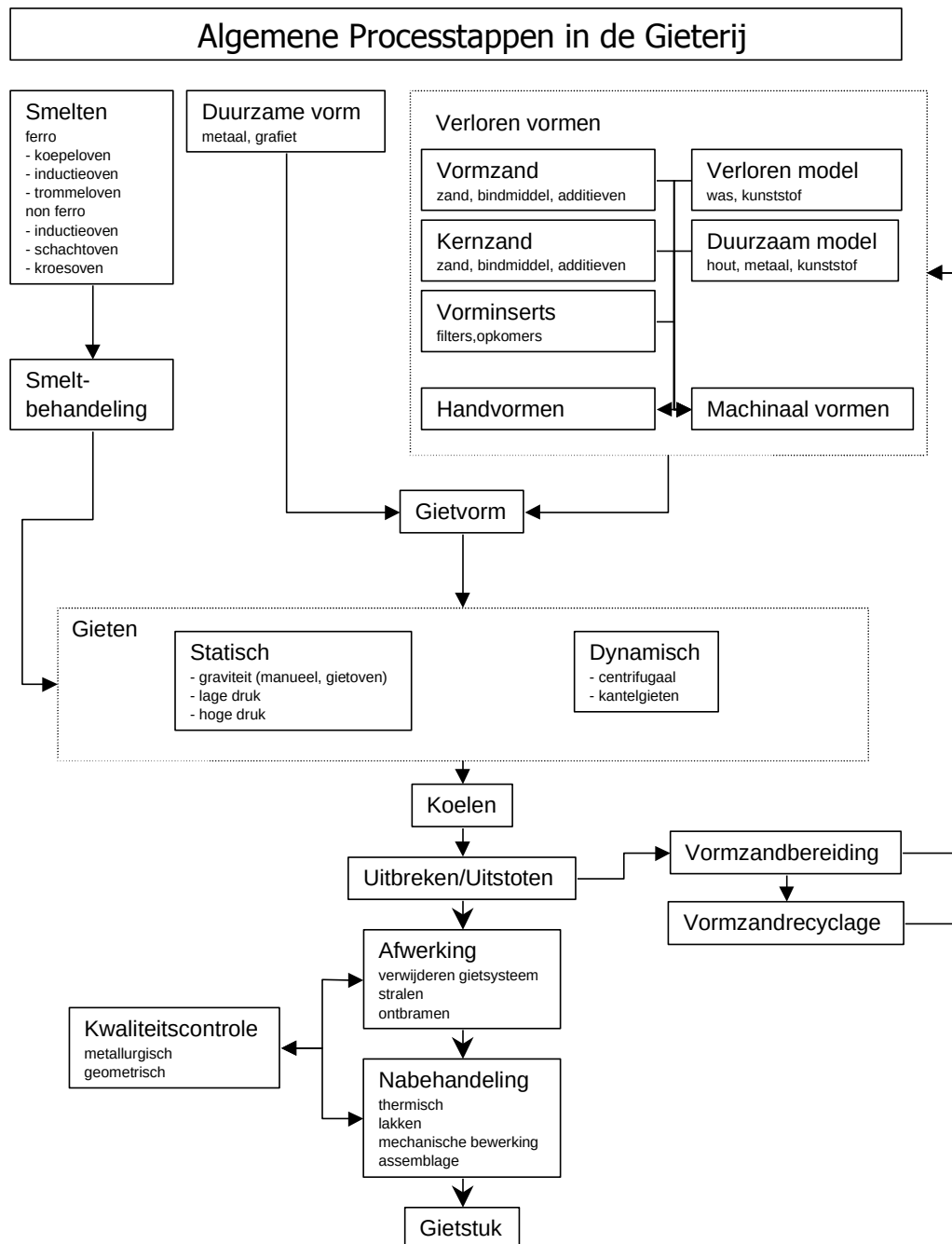
3.2 Algemeen overzicht van gieterijen

3.2.1 Indeling volgens de metaallegering

Traditioneel wordt vaak het onderscheid gemaakt tussen ferro en non-ferro gieterijen. Dit gebeurt omdat de toegepaste processen in de non-ferro gieterijen sterk verschillen. In de non-ferro gieterijen worden vaak duurvormen gebruikt om een gladdere oppervlaktekwaliteit te kunnen bekomen. Voor veel aluminium of messing producten is dit vanuit esthetisch oogpunt belangrijk (bv. elementen voor bouwbeslag en de transportsector; wielnaven). Mede door de grote afkoelsnelheden die men in duurvormen bekomt, wordt een hoge mechanische sterkte bekomen. Duurvormen zijn om dezelfde reden niet geschikt voor de productie van massieve stukken en zijn beperkt wat de omvang betreft.

Ferro gietstukken worden op enkele uitzonderingen na hoofdzakelijk in verloren vormen geproduceerd. Door de hogere sterkte en stijfheid wordt deze (goedkopere) groep van legeringen bij voorkeur toegepast waar deze kenmerken van belang zijn. Het esthetisch aspect is hier minder belangrijk. De grootte van de gietstukken en hun massiviteit zijn bijna ongelimiteerd. Het smeltpunt van deze legeringen ligt beduidend hoger dan de non-ferro metalen waardoor andere smelttechnieken noodzakelijk zijn. Ferro gieterijen worden omwille van de metallurgieverschillen tussen staal en gietijzer ook nog in staal- en gietijzergieterijen onderverdeeld.

Door de grote verschillen in metallurgie, smeltmethodes, giettechnieken, producttype en afzetmarkt bestaat er dus van oudsher een onderscheid tussen ferro en non-ferro gieterijen.



Figuur 3.1 : Algemene processtappen in de gieterij

3.2.2 Indeling op basis van de producttoepassing

Artisanaal gietwerk is sinds duizenden jaren de bakermat van de actuele giettechniek. Producten zoals juwelen, ornamenten, kunstwerken worden sinds het bronstijdperk gegoten volgens processen die daarop zijn afgestemd. Ook hier prevaleert het esthetische aspect. De gebruikte legeringen zijn hoofdzakelijk edele metalen en bronssoorten.

Met de opkomst van de industrialisatie zijn een hele reeks gemechaniseerde gietprocessen en gietlegeringen ontwikkeld met (re)productiviteit als voornaamste doel. Het

productengamma wordt aangeduid als technisch gietwerk, omdat de technische karakteristieken hier van belang zijn.

Op basis van het geproduceerde gietwerk, kan men de gieterijsector dus ook indelen in artisanale en technische gieterijen. De artisanale gieterijen hierbij zijn eerder kleinschalig en verwerken hoofdzakelijk non-ferro.

3.2.3 Indeling op basis van de giettechniek

Het spreekt van zelf dat voor bepaalde (massa)producten specifieke productietechnieken zijn ontstaan. Productiviteits- of kwaliteitsverhoging liggen doorgaans aan de basis van deze ontwikkelingen.

Kijkt men naar de drijvende kracht die aangewend wordt om het vloeibare metaal in de vorm te bewegen dan kan men volgend onderscheid maken:

- graviteitsgieten: traditionele techniek die voor vrijwel alle producten bruikbaar is.
- lagedrukieten: gietmethode voor min of meer axisymmetrische gietstukken in non-ferro zoals wielnaven of behuizingen;
- hogedrukieten: bij voorkeur gebruikt om dunwandige en slanke gietstukken in non-ferro materialen in grote series aan te maken;
- centrifugaalgieten: voor lange axisymmetrische onderdelen zoals buizen voor waterleidingen, walscilinders enz.

Er bestaan momenteel tal van andere giettechnieken en hybride technieken (bijv. combinatie van giet- en smeedtechnieken) die in echter zeer speciale toepassingen worden gebruikt.

3.2.4 Indeling op basis van de automatisatiegraad

Hoe groter de seriegrootte des te meer kan men mechanisatie en automatisatie invoeren.

De meest flexibele techniek is de "jobbing" gieterij. Deze produceren zeer veel stukken met uiteenlopende gietgewichten en in beperkte oplages (<100). Hier vindt men klassiek de handvormerij met verloren harsgebonden vormen terug. De smeltoven is steeds van het batch type om een snelle legeringswissel toe te laten. Doorgaans vindt men inductie-ovens of trommelovens terug (gietijzer).

Voor de middelgrote series (<1000) gebruikt men gemechaniseerde vorm- en gietlijnen waar de verloren vormen nagenoeg volautomatisch aangemaakt worden. Men vindt hier uitsluitend bentonietgebonden vormen terug omdat deze snelle vormproductie toelaat. Daar de buitenafmeting van de vormen vast ligt, is meteen ook een beperking qua stukgrootte opgelegd. Wil men grotere of kleinere gietstukken produceren dan betekent dit dat een compleet nieuwe vormlijn moet worden aangeschaft om op rendabele manier te kunnen produceren. Gieten gebeurt doorgaans met een gietinrichting die manueel of volautomatisch bediend wordt. Nevenprocessen zoals de zandbereiding verlopen semi-automatisch en worden vanop afstand gestuurd. Continue smeltovens (koepelovens, schachtovens) en batch ovens kunnen hier elkaar beconcurreren. Drukieten in duurvormen zijn hier doorgaans een alternatieve productietechniek op voorwaarde dat het non-ferro gietstukken betreft.

Grote series worden bij voorkeur geproduceerd in kastenloze bentonietgebonden vormen. Drukieten wordt toegepast indien de karakteristieken eigen aan deze processen noodzakelijk zijn. Vaak ligt het verschil met de middelgrote serieproductie stroomafwaarts van het gietproces. Men kan hier immers op rendabele wijze de afwerking en manipulatie van de gietstukken mechaniseren of robotiseren. Voor kleinere series wordt dit slechts in beperkte mate gedaan omdat de omsteltijden te lang en de gereedschapskosten te hoog worden. Afwerking gebeurt daar hoofdzakelijk manueel.

3.2.5 Indeling volgens het type van gietvormen

Er zijn talloze criteria om gieterijen te categoriseren. In deze tekst gebeurt dit op basis van het gietvormtype dat gebruikt wordt. Dit criterium oefent inderdaad een zeer grote invloed uit op de lay-out en de milieu-impact van een gieterij.

3.2.5.1 Verloren vormprocédés met duurzaam model

Onder deze hoofding vallen de gietprocessen waarbij een gietvorm gemaakt wordt uit een korrelig vuurvast materiaal zoals kwartszand. Na afgieten van de vorm wordt hij immers vernietigd. Naargelang zijn geometrie, wordt een gietstuk verdeeld in een boven- en een onderhelft. Van iedere helft wordt een positief model gemaakt dat moet dienen voor het aanmaken van de (negatieve) gietvormen. Het duurzame model is gemaakt in hout, kunststof of metaal en kan talloze keren opnieuw gebruikt worden.

Elk modeldeel wordt op een modelplaat bevestigd samen met de onderdelen van het giet- en navoedingsysteem. Het gietsysteem bestaat uit een reeks kanalen langs waar het vloeibare metaal van buitenaf in de vormholte kan stromen. Het navoedingsysteem bestaat uit strategisch geplaatste holtes (opkomers) in de gietvorm die zo gedimensioneerd zijn dat het metaal die zij na het gieten bevatten later stolt dan het eigenlijke gietstuk. Zodoende kan de krimp die optreedt gedurende de afkoeling en stolling van het vloeibare metaal gecompenseerd worden door materiaalaanvoer vanuit de opkomers.

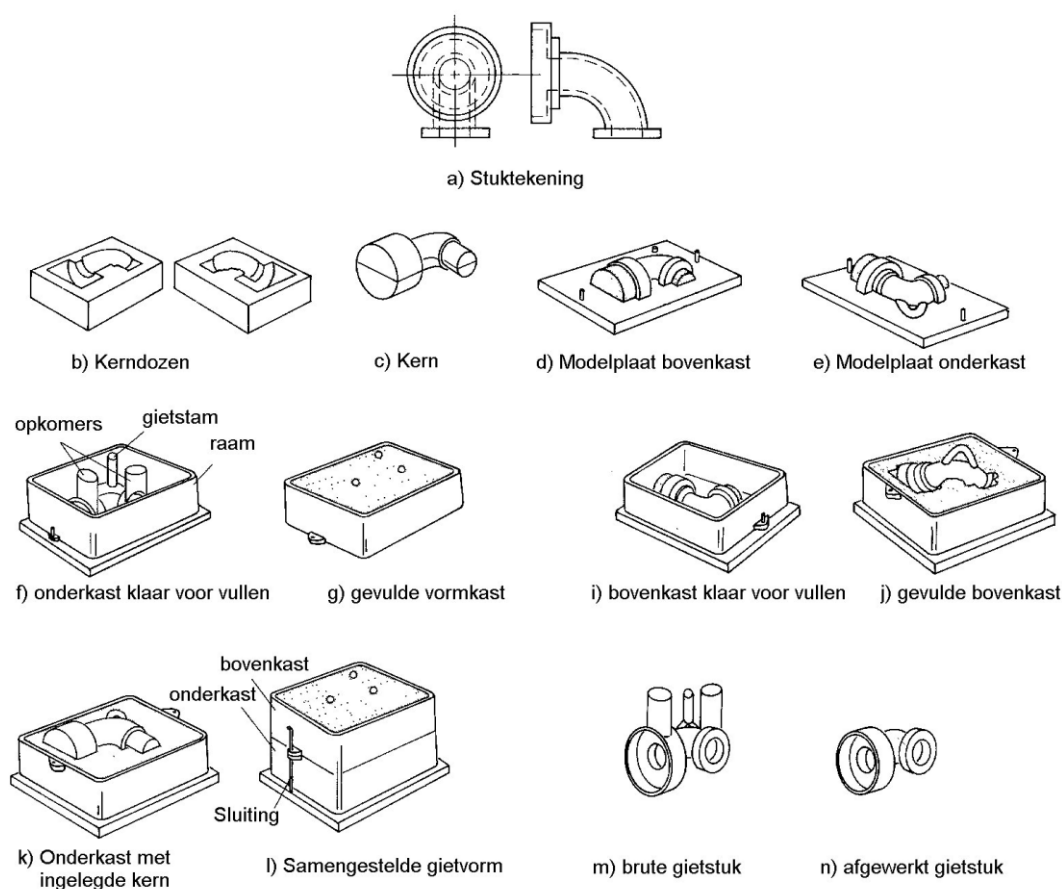
Eens gestold, zal het gietstuk verder krimpen tot het de kamertemperatuur bereikt. Deze krimp wordt opgevangen door de modelafmetingen iets groter te maken dan de werkelijke.

Op de modelplaten wordt een vormkast geplaatst waarin het vormzand wordt aangebracht en aangedrukt (verdichten). Het vormzand bestaat uit kwartszand waaraan een bindmiddel is toegevoegd opdat de vorm zijn consistentie zou behouden wanneer de modelplaat wordt verwijderd (ontvormen). Er bestaan een hele reeks bindmiddelen die naargelang de toepassing worden gebruikt. De voornaamste zijn klei (bentoniet) en organische harsen. Deze laatste harden uit door toevoeging van een tweede component of een katalysator. Na een zekere uithardingstijd kunnen de vormen ontvormd worden. Bentonietgebonden vormen kunnen onmiddellijk na verdichten worden ontvormd.

Beide vormkasten (bovenhelft en onderhelft van het model) worden stevig aan elkaar bevestigd en gepositioneerd op de gietlijn.

In de vormdelen kunnen vooraf nog verschillende inserts worden geplaatst zoals kernen, koelblokken, filters, exotherme bussen, ontluchtingen,...

Kernen zijn kleinere zandvormen die het inwendige van een hol gietstuk als vorm hebben. Door deze in de vormholte te plaatsen verdringen zij het vloeibare metaal op die plaatsen, waardoor bv. inwendige kanalen in het gietstuk kunnen worden gerealiseerd. Zij worden eveneens uit zand vervaardigd gemengd met een organisch hars. Voor elke kern wordt een negatief model gemaakt, de kerndoos, welke uit verschillende in elkaar passende delen kan bestaan. Door middel van een persluchtstroom wordt het zand in de kerndoos gestuwd en verdicht. De drijfvlucht ontwijkt door ontluuchtingszeven, geplaatst op de bodem van de kerndoos. Na uitharding van het hars wordt de kerndoos geopend en de kern uitgehaald.



Figuur 3.2: Gieten met verloren vorm en permanent model

Koelblokken zijn stalen, gietijzeren of grafiet elementen die in de gietvorm worden geplaatst om het metaal lokaal heel snel te kunnen afkoelen. Dit wordt gedaan om lokaal slinkproblemen te vermijden of om de metaalstructuur plaatselijk te beïnvloeden. Bij bepaalde legeringen plaatst men keramische filters in het gietsysteem om slakdeeltjes uit de metaalstroom te verwijderen en zo slakinsluitingen in het gietstuk te voorkomen.

Isolerende of exotherme bussen gebruikt men om het gietrendement te verhogen. Geplaatst rond de opkomers verminderen zij de afkoeling van deze elementen, zodat zij kleiner kunnen worden gemaakt. Het gietrendement is de procentuele verhouding van het gietstukgewicht tot het totale gewicht van gietstuk, navoeding- en gietsysteem. Hoe

hoger het gietrendement hoe minder metaal moet worden gesmolten om één gietstuk te produceren.

Naast het plaatsen van inserts kunnen bepaalde delen van de vormwand en de kernoppervlakken vooraf gecoat worden. Het coaten wordt uitgevoerd om verschillende redenen: bewerkstelligen van een fijnere oppervlakte van het gietstuk, bemoeilijken van penetratie in het zand, voorkomen van chemische reactie tussen metaal en vormwand, e.a.

De smeltoven wordt beladen met de juiste hoeveelheid metaalmassa en het smeltproces wordt gestart. Naargelang de legering worden tijdens de smelt legeringselementen toegevoegd. Als energiedrager worden cokes, aardgas of elektriciteit aangewend. Wanneer alles vloeibaar geworden is, voert men materiaalanalyses en samenstellingscorrecties uit, en verwijdt men de slak. Wanneer de gewenste giettemperatuur bereikt is, wordt het metaal overgegoten in transportkroezen vanwaar het naar de gietlijn wordt gebracht. Soms wordt het metaal in een warmhoudoven getransfereerd welke een buffer vormt tussen de smeltafdeling en de gieterij.

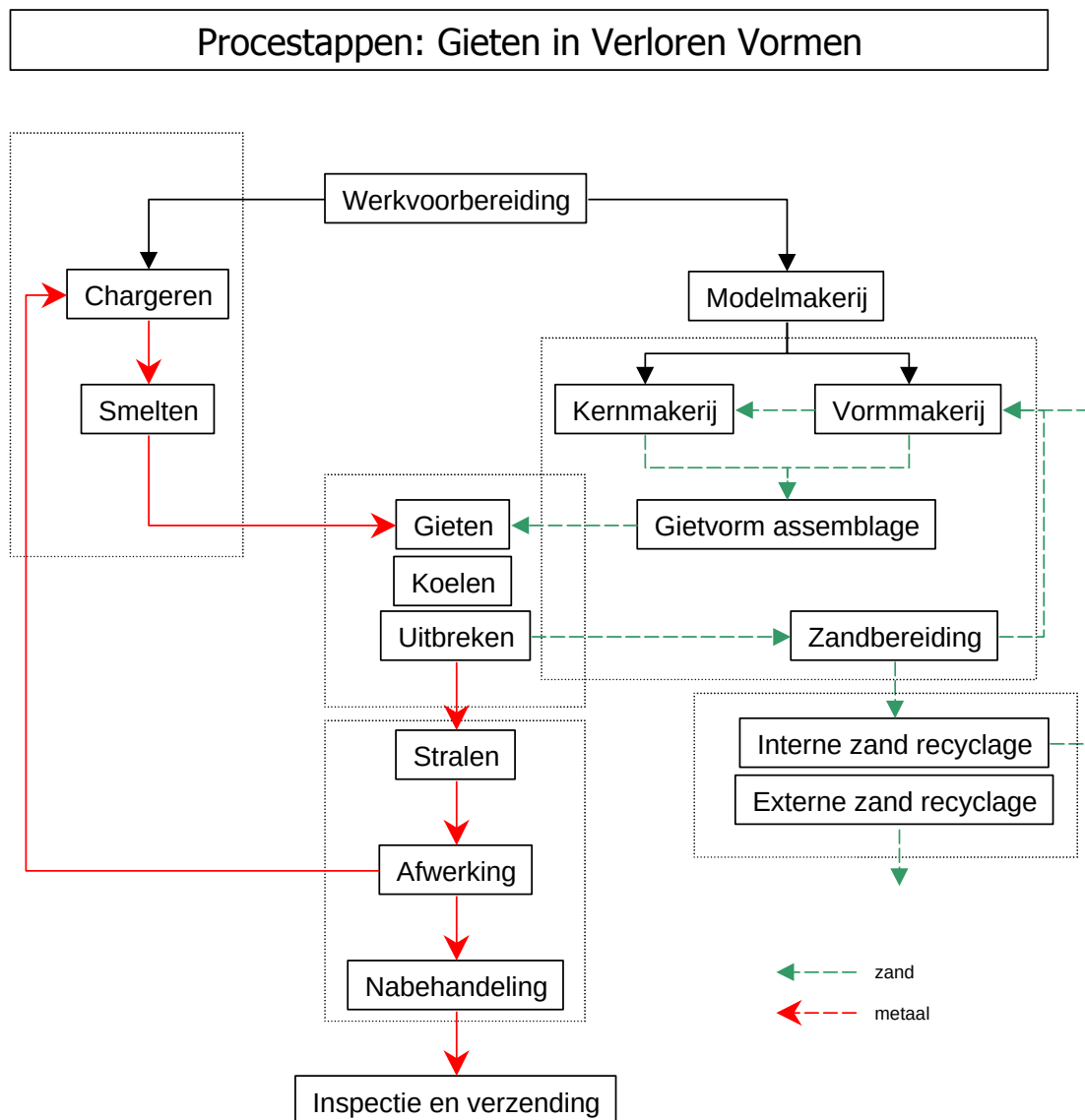
Voor men met gieten aanvangt ondergaat het metaal soms nog verschillende kwaliteits- of metallurgische behandelingen zoals ontgassing, enting, nodularisatie, ...

Op de gietlijn worden de vormen afgegoten. Dit kan handmatig of (semi)automatisch gebeuren. De volle vormen worden doorgevoerd naar de koellijn waar zij na voldoende verblijftijd worden afgenomen en uitgebroken.

In schudroosters of draaitrommels wordt de zandvorm vernietigd en van het metaal gescheiden. Het opgevangen zand wordt deels gestort, deels gezuiverd en opnieuw gebruikt als vormmateriaal. Het gietstuk wordt ontdaan van alle aangehechte zand in een gritstraal installatie. Moeilijk verwijderbare kernen worden handmatig uit het gietstuk gehaald.

Het zandvrije gietstuk wordt ontdaan van giet- en navoedingsysteem. Deze laatste keren terug naar de smeltafdeling en worden hersmolten. Men duidt het aan met retourmateriaal of eigen schroot.

In de slijperij ontdoet men de gietstukken van bramen en controleert men visueel de kwaliteit. Nadien zijn verschillende nabehandelingen mogelijk in functie van de klantspecificaties. Een thermische behandeling voor het bekomen van de gewenste mechanische eigenschappen, verspanende nabewerking, lakken, montage, ... is mogelijk. Steekproefsgewijze kwaliteitscontrole met destructieve of non-destructieve (endoscoop, ultrasoon, X-stralen...) methodes garanderen de eindkwaliteit van het product.



Figuur 3.3: Procestappen: gieten in verloren vormen

3.2.5.2 Verloren vormprocédés met verloren model

De meest bekende van deze giettechnieken is de verloren was methode (Lost Wax). Een andere techniek is de verloren schuim methode (Lost Foam).

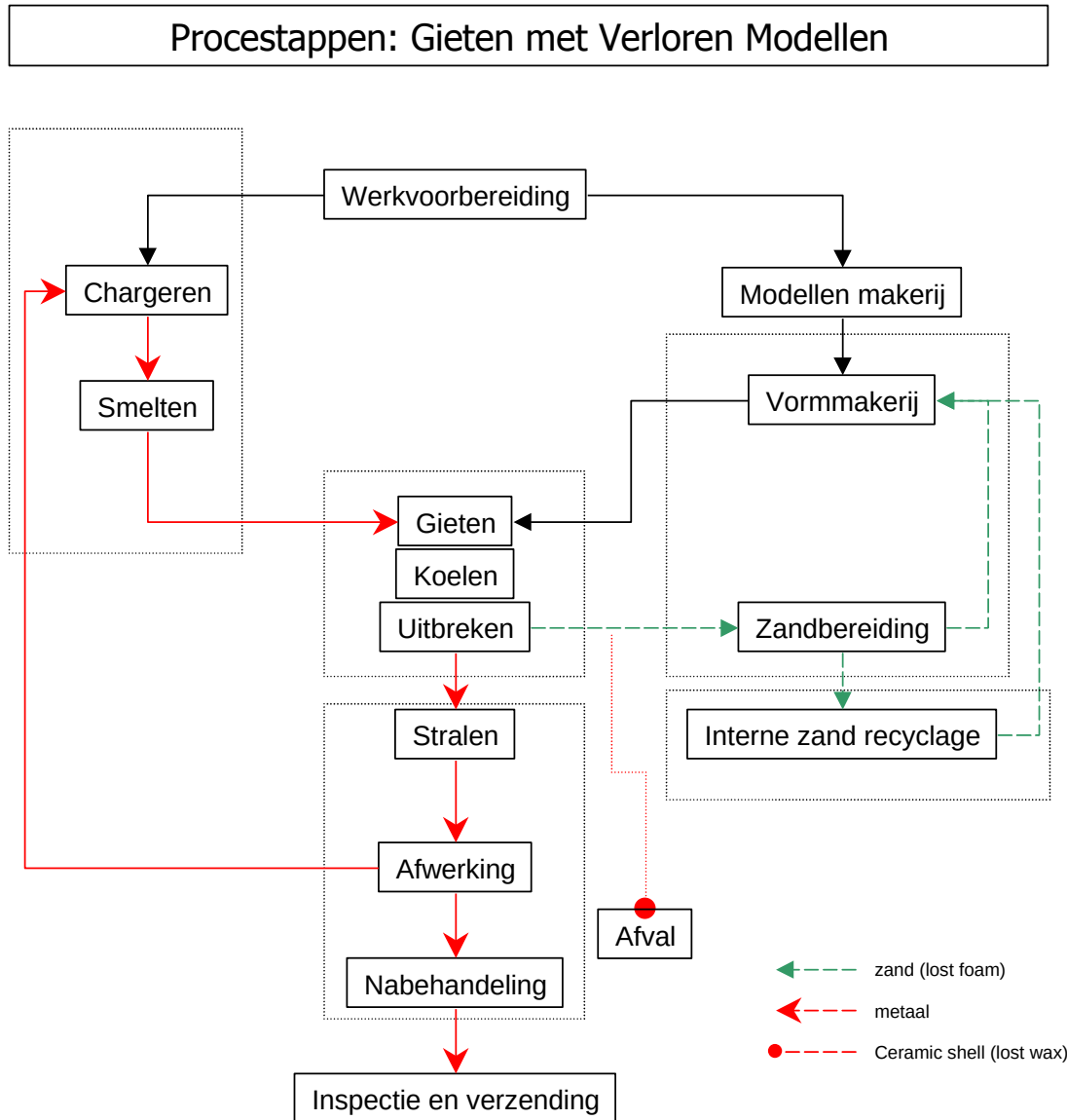
Algemeen wordt bij deze technieken een model gemaakt uit was of polystyreen dat omhuld wordt door een vuurvast vormmateriaal. In verschillende fasen van het proces worden zowel model als de vorm vernietigd. Er is dus een model nodig voor ieder te produceren gietstuk.

Bij de verloren was methode brengt men rond het model een keramische slurry die na drogen in een autoclaaf wordt geplaatst. Na uitsmelten van de was wordt de vorm gesinterd op hoge temperatuur om zo zijn volledige eindsterkte te ontwikkelen. Het vloeibare metaal wordt in de hete vorm gegoten. Na stolling en afkoeling wordt de vorm verwijderd en de gietstukken verder afgewerkt.

Bij de verloren schuim methode worden polystyreenmodellen in metalen vormen geproduceerd en door verlijming geassembleerd. Na het aanbrengen van een coating

plaatst men ze in een container en worden zij omgeven met ongebonden kwartszand. Het metaal wordt rechteerks op het schuim gegoten dat onmiddellijk verbrand en de vormholte geleidelijk aan vrijgeeft. Na stolling en afkoeling kipt men de container om en recupereert men de gietstukken. Het zand kan zonder meer opnieuw worden gebruikt.

Beide technieken bieden elk bijzondere voordelen die verder in de tekst zullen worden behandeld.



Figuur 3.4: Processtappen: gieten met verloren vormen

3.2.5.3 Duurzame vormprocédés

Metalen vormen (coquilles) worden gebruikt bij het graviteitsgieten, lage- en hogedruk-gieten en centrifugaalgieten.

Vele non-ferro metalen worden in voorverwarmde metalen vormen gegoten onder invloed van de zwaartekracht. De vormdelen worden tegen elkaar geklemd in een raam en het vloeibare metaal wordt met een gietlepel in de vorm gegoten. Soms wordt het metaal in een voorraadkamer gegoten van waaruit het in de vormholte stroomt door het kantelen van het raam. Zodoende is er een controle van de instroomsnelheid mogelijk.

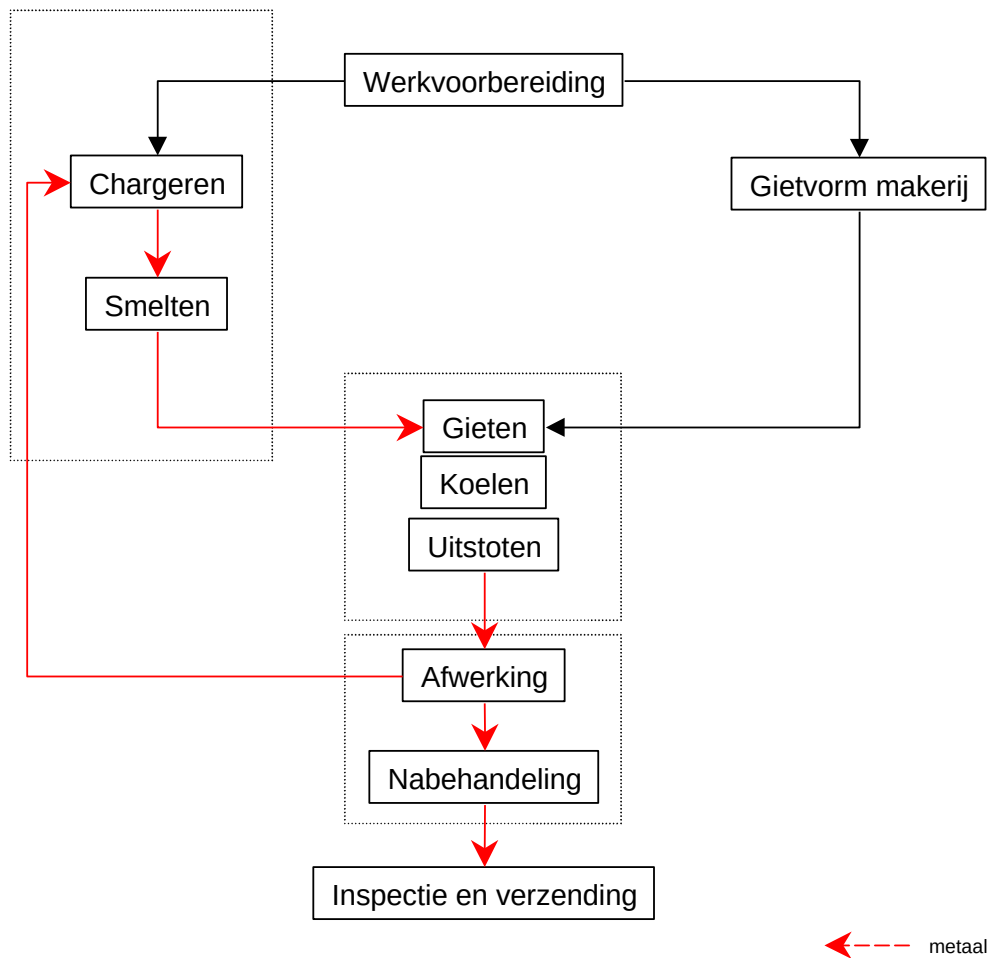
Bij drukgieten worden twee of meer metalen vormdelen in een pers geplaatst. Het gesmolten metaal wordt onder druk in de voorverwarmde vormholte geduwd omdat het anders door de snelle afkoeling in contact met de warmtegeleidende wand voortijdig zou stollen. De persdruk moet voldoende hoog zijn opdat de vormdelen niet zouden opengedrukt worden tijdens het vullen en de nadrukfase. Deze laatste dient om de krimp van het metaal te compenseren door navoeding.

Bij centrifugaalgieten wordt het metaal in een roterende coquille gegoten waar het onder de centrifugaalkracht in of tegen de vormwand wordt gedrukt.

Na gieten en stollen wordt de vorm geopend en het gietstuk verwijderd, waarna een volgende cyclus kan beginnen.

Door de hoge kostprijs van de metalen gietvormen zijn deze technieken echter voorbehouden voor de productie van grote series.

Procestappen: Gieten in Duurzame Vormen



Figuur 3.5: Processtappen: gieten in duurzame modellen

3.3 Toegepaste processen en technieken

3.3.1 Smelten

3.3.1.1 Overzicht smeltbedrijf

In de gieterij vindt men algemeen drie categorieën van ovens terug:

- smeltovens: voor het smelten van metalen;
- warmhoudovens: speciaal ontworpen voor het warmhouden van gesmolten metaal. De oven werkt als een buffer waardoor variaties in de smeltproductie en de gieterij kunnen worden opgevangen. Bijkomend aspect is een grotere uniformiteit van de samenstelling van de metaallegering;
- gietovens: gevoed met vloeibaar metaal, van waaruit het rechtstreeks in de gietvormen op een automatische vormlijn kan worden gegoten.

a Smeltovens

De smeltovens die in de gieterij worden aangewend voor het smelten van metalen kunnen worden ingedeeld volgens de gebruikte energiedrager. Men onderscheidt enerzijds ovens waarin primaire brandstoffen worden gebruikt zoals cokes, aardgas of stookolie. Daarnaast zijn in de laatste decennia de elektrische smeltovens steeds meer in de gieterij ingeburgerd geraakt, mede door de technologische vooruitgang die in dit domein geboekt is.

Tabel 3.1: Overzicht van de energiedragers bij de verschillende oventypes

Cokes	Aardgas/ Stookolie	Elektriciteit
Koude wind koepeloven	Draaitrommeloven	Inductiekroesoven
Warme wind koepeloven	Schachtoven	Vlamboogoven*
	Kroesoven	Kanaalinductie-oven
	Cokesloze koepeloven	

Elektrische smeltovens bieden in vergelijking tot de meer "traditionele" oventypes immers een aantal voordelen zoals een hoge mate van flexibiliteit, een zeer goede procescontrole, een lage milieubelasting en een hoog thermisch rendement. Dit laatste geldt echter alleen indien men abstractie maakt van het relatief lage omzettingsrendement bij de elektriciteitsopwekking.

Van elk type smeltoven bestaan bovendien meerdere varianten waarop in dit hoofdstuk zal worden ingegaan.

b Warmhoudovens

Naast de ovens voor het smelten van metalen is er ook de zogenaamde warmhoudoven. Deze heeft als taak het gesmolten metaal op temperatuur te houden tot het kan worden

* Dit oventype wordt in Vlaanderen niet gebruikt en wordt dus niet in deze studie besproken.

gegoten in de vormerij. Dat dit niet onmiddellijk geschiedt kan verschillende oorzaken hebben.

De warmhoudoven kan dienen als buffervat om discontinuïteiten tussen het debiet van gesmolten metaal geleverd door het smeltbedrijf, en het afnamedebiet in de gieterij op te vangen (pauzes, productiestoringen, enz...). Deze buffering laat toe dat de smeltovens in hun ontwerpregime en dus bij maximaal rendement kunnen werken.

Soms verkiest men vanwege het goedkopere elektriciteitsstarief het metaal 's nachts te smelten en op te slaan in een warmhoudoven. Overdag wordt het metaal in vormen gegoten.

Door het opslaan van een grote hoeveelheid smelt kan men eveneens beogen variaties in de legeringssamenstelling uit te vlakken. Indien de oven daarvoor uitgerust is kan hij bovendien de correcte temperatuur van de smelt nauwkeurig instellen.

Voor de productie van zeer grote gietstukken kan de warmhoudoven als tijdelijke opslag dienen, die door een smeltinstallatie van normale capaciteit wordt gevuld, tot er voldoende gesmolten metaal is verzameld om het gietstuk te gieten.

Voor ijzerlegeringen is de warmhoudoven doorgaans een kanaalinductie-oven. Voor non-ferro legeringen wordt de warmhoudfunctie vaak in de smeltoven zelf ingebouwd en elektrisch of met branders gevoed. Kenmerkend is dat een warmhoudoven, door zijn constructie, de smelt kan warm houden met een veel lager energieverbruik dan een smeltoven.

c *Gietovens*

Gietovens zijn speciaal uitgevoerde elektrische warmhoudovens met beperkte opslagcapaciteit, die voorzien zijn van een (vol)automatisch gietsysteem. Zij worden gebruikt in combinatie met een geautomatiseerde vormlijn. Telkens een gietvorm onder de gietuit van de oven wordt gepositioneerd, opent een stop waardoor het vloeibare metaal in de vorm kan lopen. Door de gepaste openingstijd in te stellen kan men iedere gietvorm met een exacte hoeveelheid metaal vullen. Meer en meer wordt de openingstijd gecontroleerd door een optisch waarnemingssysteem die de stop sluit wanneer de vorm gevuld is.

3.3.1.2 Keuze smeltbedrijf

De keuze van het type smeltaggregaat is in hoge mate een procestechnologische keuze. Factoren zoals productiecapaciteit (uitgedrukt in tonnen gesmolten metaal per uur, tpu), smeltregime (continu of batch gewijze), eindkwaliteit van de legering, aantal legeringen in het productenpakket, eindtemperatuur, e.d. zijn dominant bij de investering in een bepaalde smelttechniek.

Het toepassingsgebied van de verschillende oventypes voor gietijzerlegeringen in functie van de productiecapaciteit kan bijvoorbeeld, ruwweg, als volgt worden geschetst.

capaciteit < 20 tpu:	koepeloven (cokes)
	draaitrommeloven (aardgas)
	elektrische inductiekroesoven (elektriciteit)
	kanaalinductie-oven (elektriciteit)
	vlamboogoven (elektriciteit)

capaciteit > 20 tpu: koepeloven (cokes)
 vlamboogoven (elektriciteit)

Een tweede reeks keuzecriteria zijn de energiekosten. Een elektrische kWh is netto duurder dan een “primaire” kWh. Daartegenover staat dat het thermisch rendement van een elektrische oven hoger is en dat men eventueel van het goedkopere nachttarief gebruik kan maken. De kosten voor aansluiting aan het elektriciteits- of aardgasnet en mogelijke transformatiestations moet men afwegen tegen de kosten voor aanvoer en opslag van cokes of stookolie.

Uiteraard zijn de louter economische factoren evenzeer belangrijk. Een middelgrote smeltinstallatie kost tientallen miljoenen en heeft een levensduur van 20 à 30 jaar. Investerings- en onderhoudskosten zijn dus belangrijke bedrijfseconomische gegevens die moeten ingepast worden in het financiële bedrijfsplan. Daar de vereiste kwaliteit van de gebruikte grondstoffen (schroot, ruwijzer, basislegeringen) beduidend verschilt van oven tot oven is het ook belangrijk de verwachte evolutie van de materiaalkost in de komende decennia als parameter mee te nemen bij de keuze van de meest geschikte smelttechniek.

Vandaag wordt het ook steeds belangrijker om de totale milieukosten die een bepaald oventype met zich meebrengt in te schatten. Niet alleen de investeringen en exploitatiekosten voor rookgaszuivering zijn hierbij te becijferen, maar ook de verwijderingsmogelijkheden van slakken, vuurvast materiaal en andere afvalstoffen die bij het smeltproces kunnen vrijkomen. Het milieu-aspect speelt meer en meer een doorslaggevende rol bij het investeren in een bepaalde smelttechnologie. Dit geldt zeker voor de middelgrote gieterijen waar meerdere alternatieven voor het smeltbedrijf kunnen bestaan.

Tot slot kan men nog aanhalen dat de in het bedrijf aanwezige know-how ook een niet te onderschatten factor is. De productievoorwaarden worden steeds strenger vanwege de toenemende eis aan flexibiliteit enerzijds (“just in time” levering van de smelt aan de gieterij), en aan kwaliteit anderzijds (chemische en fysische condities van de smelt als afgeleverd product). Om aan deze noden te kunnen voldoen zijn moderne smeltuitrustingen vaak een staaltje van hoogtechnologisch kunnen op het vlak van processturing en -controle die de nodige scholing en ervaring van de procestechnologen en operatoren vraagt. Het omschakelen naar een alternatieve smelttechnologie is dus alleen al op het vlak van procesbeheersing een zware opgave.

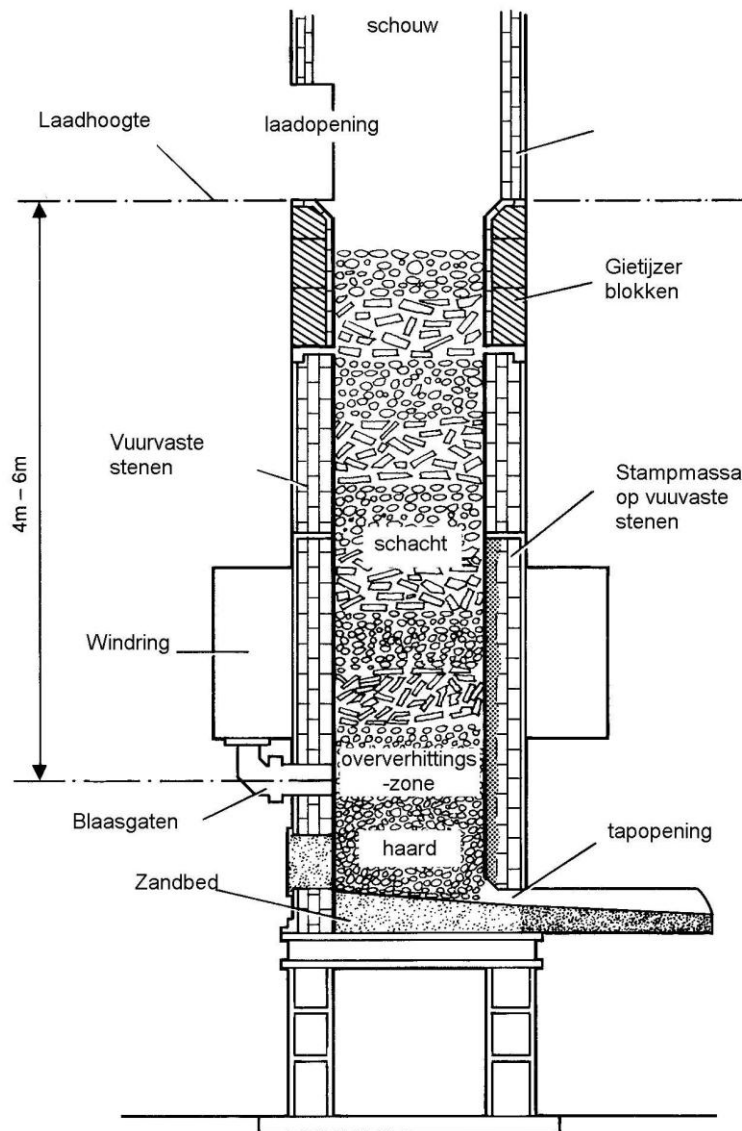
Uit deze korte opsomming van enkele belangrijke keuzecriteria voor een smelttechniek mag blijken dat de aanwezigheid van een bepaalde smeltoven in een gegeven gieterij wel degelijk het gevolg is van een zeer uitgebreide studie naar een veelheid van factoren die zo goed mogelijk worden afgewogen.

Een belangrijk punt is dat de door, naar verhouding, lange levensduur van een smeltbedrijf het op een gegeven ogenblik niet meer aangepast kan zijn aan huidige technische of maatschappelijke stand van zaken. Het moderniseren van een bestaande installatie is echter vaak zo ingrijpend dat men soms beter investeert in een nieuwe installatie. Vanwege de bovenvermelde punten en gezien de hoge kosten is dit echter slechts een reële optie indien dit op lange termijn kan uitgevoerd worden.

3.3.1.3 Koude wind koepeloven

a Constructie en werkingsprincipe

De koepeloven is een met vuurvast materiaal beklede schachtoven waarin het metaal wordt verhit door de verbranding van cokes in het onderste deel van de schacht. De zuurstof voor de verbrandingsreactie wordt aangevoerd door ventilatoren die lucht blazen via een reeks blaasgaten.



Figuur 3.6: De koude wind koepeloven

De lading bestaande uit metaal (schroot, ruwijzer, retourijzer, legeringselementen zoals FeSi, SiC...) cokes, slakvormers (SiO_2) en fluxen (CaCO_3) wordt bovenaan in de oven gekipt via een laadopening.

De opstijgende rookgassen bewegen in tegenstroom met de lading en dragen hun warmte eraan over. Wanneer de lading de verbrandingszone bereikt gaat het metaal

smelten onder invloed van de hoge temperaturen door de verbranding van de cokes in aanwezigheid van zuurstof.

De metaaldruppels stromen doorheen het cokesbed en verzamelen zich onderaan de oven. Alle onzuiverheden worden gevangen in de slak gevormd door SiO_2 , afkomstig van de afsmeltende vuurvaste bekleding en de slakvormer in de lading. Fluxen verlagen het smeltpunt en de viscositeit van de slak. De slakdruppels verzamelen zich eveneens onderaan het cokesbed waar zij door hun kleinere densiteit bovenop het metaalbad drijven. Van zodra voldoende vloeibaar materiaal in de oven verzameld is, wordt het tapgat geopend, van waaruit het in een warmhoudoven of gietpan wordt opgevangen. De slak wordt van de metaalstroom afgescheiden door een dam en een slakuitloopopening. De slak wordt opgevangen in slakpotten, gegraneerd in een waterstroom of droog gegraneerd met een speciale installatie.

De binnenzijde van de oven is bekleed met verschillende vuurvaste materialen waarvan de aard en samenstelling afhankelijk zijn van de hoogte en de plaatselijke condities.

De koepeloven is dus in wezen een continu smeltproces, dat kan intermitterend worden afgetapt door herhaaldelijk plaatsen en weghalen van de proppen.

Naar het einde van een smeltcampagne toe wordt geen lading meer toegevoegd. Hierdoor wordt de temperatuur van de rookgassen die de oven verlaten steeds hoger, wat van belang is voor de dimensionering van het koel- en ontstoffingssysteem. Tot slot wordt de bodem van de oven geopend om alle resten van cokes en slak te verwijderen.

b Onderhoud

Karakteristiek voor de koepeloven is dat de gebruikte vuurvaste bekleding (kwarts-klei mengsel) van de oven ter hoogte van de smeltzone en de haard slechts één smeltcampagne meegaat. Door de intense hitte en door de aanwezigheid van slak in dit gedeelte van de oven wordt het vuurvaste materiaal chemisch opgelost, mechanisch uitgesleten en omgezet in slak. Men vindt koepelovens daarom steeds in tandem opgesteld. Terwijl de ene in bedrijf is wordt in de andere een nieuwe bekleding aangebracht. Om de andere dag wordt een andere oven in gebruik genomen.

c Metallurgie

De koepeloven heeft van nature uit enkele belangrijke metallurgische aspecten die in andere smeltaggregaten niet aanwezig zijn of kunstmatig moet worden aangebracht:

- door het intense contact van de smelt met de cokes geschiedt een belangrijke opkoling van de smelt, dit is de opname van koolstof door het gietijzer. Dit betekent wel dat in een koepeloven relatief veel staalschroot kan worden gebruikt dat door het grote aanbod veel goedkoper is dan gietijzerschroot en ruwijzer;
- naast koolstof wordt door de smelt ook zwavel uit de cokes opgenomen. Zwavel geeft aan de smelt een zeer goede vloeibaarheid, zelfs bij lage temperaturen;
- de grote hoeveelheid slak die ontstaat uit de vuurvaste bekleding en de cokesas heeft een sterk reinigende werking, mede door het grote contactoppervlak tussen metaal en slakdruppels. Deze intrinsieke zuiverende werking laat toe dat in een koepeloven tal van schrootkwaliteiten kunnen worden ingezet zonder aan de kwaliteit van het eindproduct in te boeten. Zo kunnen automobielstaalschroot, blik-

pakketten, geperste spaanpakketten, retourijzer, ruwijzer, ... met goed gevolg worden gebruikt.

d Thermisch rendement

Voor het verliesloos smelten en oververhitten van 1 ton gietijzer tot 1400 °C is 350 kWh nodig. Praktisch verbruikt men 130 à 150 kg cokes per ton ijzer, wat respectievelijk overeenstemt met 1200 à 1400 kWh. De verhouding van beide geeft het thermisch rendement aan dat dus tussen 25 à 30 % ligt.

Om deze performantie te verbeteren zijn een aantal ingrepen mogelijk:

- het verhogen van de schacht waardoor er meer tijd is voor warmtewisseling tussen de lading en de rookgassen;
- zuurstofaanrijking van de verbrandingslucht (praktisch: 3 à 5 % O₂-toevoeging) verhoogt de verbrandingstemperatuur van de cokes. Bijgevolg kan men het cokes-verbruik verminderen of de taptemperatuur van het metaal verhogen;
- inblazen van secundaire lucht via een tweede rij blaasgaten verlengt de verbrandingszone en stelt extra warmte vrij door de verbranding van de CO uit de rookgassen. Dit secundaire debiet, 10 à 20 % van het primaire, wordt zo'n 1,5 m hoger dan de primaire lucht, ingeblazen. Eventueel kan nog extra brandstof (aardgas) aan de secundaire lucht worden toegevoegd;
- duplex bedrijf waarbij het metaal wordt gesmolten in een koepeloven en verder wordt oververhit in een elektrische inductie-oven.

Bij toepassing van de eerste drie maatregelen stijgt het rendement tot 40 %.

De belangrijkste ingreep is echter het voorverwarmen van de verbrandingslucht door een externe energiebron (gasbrander, elektrische weerstand, plasmabrander), of door interne warmterecuperatie van de latente warmte (CO verbranding) uit de rookgassen. Dit principe wordt toegepast in de **warme wind koepeloven**.

e Toepassingsgebied

Zoals reeds vermeld wordt de koude wind koepeloven enkel aangewend voor het smelten van de meest courante gietijzersoorten (eventueel met smeltbehandeling). Nodulair gietijzer vraagt een voorafgaande ontzwaveling van de smelt. Het is een goedkope smelttechniek, gelet op het hoge aandeel staalschroot, die een rendement tot 50 % kan behalen. De productiecapaciteit varieert van 2 tot 20 ton per uur maar wordt vandaag enkel nog voor de kleine capaciteiten aangewend.

Door het continue karakter van de koepeloven als smeltinstallatie is het omschakelen naar een andere gietijzerlegering, in bedrijf, traag en beperkt. Daarom wordt de koepeloven bij voorkeur in de geautomatiseerde gieterij gebruikt, waar in kleigebonden zandvormen, aan hoog tempo, grote series worden geproduceerd.

f Voordelen

- de investeringskost bedraagt inclusief rookgasontstoffingsinstallatie 5 à 6 miljoen BEF per geïnstalleerde ton per uur (tpu);
- door de reinigende en opkolende werking kunnen allerhande (goedkope) schrootsoorten verwerkt worden;
- mits gepaste maatregelen is het thermisch rendement zeer acceptabel.

g Nadelen

- relatief weinig flexibel qua productieregime;
- relatief moeilijke processturing door de traagheid van het systeem;
- beperkt tot gietijzerlegeringen, geen snelle legeringswissel mogelijk;
- opname van S door de lading;
- grote milieubelasting ter hoogte van de gieterij: naar verhouding veel stof uit rookgassen, slakken en vuurvaste bekleding;
- groot afgassendebiet waardoor een grote ontstoffingsinstallatie nodig is.

3.3.1.4 Warme wind koepeloven

a Constructie en werkingsprincipe

Qua constructie is de warme wind koepeloven een koude wind koepeloven uitgebouwd met een naverbrandingskamer voor de rookgassen en een warmtewisselaar. Men recupereert de latente (CO) warmte uit de rookgassen en voert ze terug naar de smelten oververhittingszone van de oven. Hierdoor verhoogt de thermische efficiëntie van het smeltproces. In de praktijk zijn meerdere uitvoeringen van dit principe terug te vinden.

Om een goede CO-verbranding te verkrijgen is het nodig dat omgevingslucht op gecontroleerde wijze aan de rookgassen wordt toegevoerd. De rookgassen worden daarom via een ringspleetafzuiging uit de ovenschacht afgeleid en de rookgasleiding wordt continu in onderdruk gehouden door een ventilator. Lucht wordt toegelaten in de rookgasleiding via een regelklep. Zodoende kunnen geen rookgassen uit het systeem naar buiten treden en is de hoeveelheid aangezogen lucht gedoseerd.

Naast zuurstof moet ook de temperatuur in de naverbrander voldoende hoog zijn (min. 800 °C). Bij het opstarten van de oven moet de kamer vooraf zijn voorverwarmd met een hoofdbrander (aardgas). In bedrijf mag het lucht-rookgasmengsel niet te koud in de verbrandingskamer intreden, opdat zij niet te sterk zou afkoelen. Daarom wordt de schachthoogte van de oven dermate verlaagd dat de uittredende rookgassen, voor de menging met de omgevingslucht, nog een temperatuur van 500 °C bezitten. Hierdoor verliest men echter aan thermische efficiëntie. De temperatuur van deze rookgassen moet goed bewaakt worden daar bij te hoge temperaturen de CO spontaan zou kunnen gaan ontbranden bij de intrede van lucht, voor de verbrandingskamer.

Behalve zuurstof en temperatuur is ook de verblijftijd van de rookgassen in de naverbrandingskamer van belang om een volledige CO-verbranding te bewerkstelligen. De dimensionering is dus van groot belang, temeer omdat men rekening moet houden

met de sterk wisselende fases (opstarten, bijladen, leegsmelten) die zich tijdens een smeltcampagne voordoen.

De warmte die vrijkomt door de $\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2$ omzetting moet voldoende zijn om de verbrandingskamer op temperatuur te houden en aan de rookgassen een temperatuurstijging tot 1000 °C en meer te geven. Zodoende is de hoofdbrander enkel noodzakelijk tijdens de opstartfase. Een steunbrander blijft echter steeds noodzakelijk omdat de verbrandingssnelheid van CO dermate laag is dat zonder ontsteking de feitelijke verbranding buiten de kamer zou gebeuren.

De opgewarmde rookgassen worden vervolgens over een stralingsrecuperator (warmtewisselaar) geleid waarbij de verbrandingslucht wordt opgewarmd tot maximum 500 à 550 °C. Hogere temperaturen zijn theoretisch mogelijk maar kunnen in de praktijk niet worden aangehouden omdat koepelovenstof dan aan de wanden van de warmtewisselaar vastsiert. Voorts vereisen hogere temperaturen het gebruik van duurdere vuurvaste materialen en zou de smelttemperatuur te hoog kunnen oplopen. Nochtans wordt in sommige opstellingen de lucht nog verder opgewarmd d.m.v. een gasbrander, elektrische weerstanden of een plasmatoorts tot om en bij de 1000 °C.

Na warmtewisseling moeten de rookgassen worden gekoeld om droog te kunnen ontstof worden. Men doet dit door verdunning met omgevingslucht, via een lucht-lucht warmtewisselaar of door quenchen (inspuiten van water). Warmterecuperatie uit de rookgassen via thermische olie of opwekking van stoom is technisch eveneens mogelijk, indien er een nuttige aanwending van deze restwarmte mogelijk is. Van zodra de temperatuur van de rookgassen beneden 160 à 200 °C is gedaald kunnen zij in een doekfilter worden ontstof.

Wanneer de rookgas-verbrandingslucht warmtewisselaar van het convectieve type is, d.w.z. bestaat uit een batterij dwarsgeschakelde pijpen uit hittebestendig staal, is de kans dat het stof zich op de pijpen zal vasthechten veel groter en zodoende wordt de warmteoverdracht verhinderd en de rookgasstroming gesmoord. In dit geval worden de hete rookgassen best ontstof vóór de naverbrander. Dit kan gerealiseerd worden met de desintegrator. Hierbij worden de stofbeladen hete rookgassen aangezogen door een radiale ventilator, waar waterstralen tussen de schoepen in de rookgassen worden geïnjecteerd. De waternevel vangt het stof op en koelt de rookgassen zodat de ventilator beschermd blijft tegen te hoge temperaturen. Vanwege hun grotere dichtheid worden de waterdruppels tegen de ventilatorwanden geprojecteerd en kunnen vandaar opgevangen worden. Middels een flocculatiebehandeling en een filterpers wordt het stof dan uit het verontreinigde water verwijderd. Vanzelfsprekend is deze oplossing vanuit energetisch standpunt minder gunstig. Opdat de CO in de naverbrandingskamer zou oxideren moeten de rookgassen en de toegevoerde lucht voor de CO-verbranding van 150 °C naar minimaal 800 °C worden heropgewarmd door een aardgasbrander.

b Onderhoud

De snelle slijtage van de ovenbekleding in de traditionele koepeloven is een groot nadeel. De installatie moet in wezen ontdubbeld worden om tandembedrijf mogelijk te maken. Het uitbreken en vervangen van de bekleding is een lastig karwei dat nog steeds handmatig moet gebeuren. Het dagelijks opstarten van een koude oven kost meer

energie. Om deze reden worden warme wind koepelovens steeds als lange campagne koepelovens uitgevoerd waarbij:

- de bekleding in een duurzamer materiaal (SiC houdend materiaal onderaan, en vuurvaste beton bovenaan de schacht) wordt uitgevoerd;
- een mantelkoeling met water de gemiddelde temperatuur van de bekleding laag houdt, waardoor zij minder snel slijt;
- de blaasmonden als watergekoelde straalpijpen worden uitgevoerd en dieper in de oven worden geschoven. Hierdoor komt de verbrandingszone niet direct in contact met de ovenbekleding.

Een radicale uitvoering is de zogenaamde bekledingsloze koepeloven. Hier komt de gesmolten ovenlading met de (stalen) ovenmantel in contact. Door een intense waterkoeling wordt deze laatste beschermd.

c *Metallurgie*

Deze is vergelijkbaar met de koude wind koepeloven.

d *Thermisch rendement*

Praktisch vindt men thermische rendementen rond 45 à 50 %, hetgeen 5 à 10 % hoger is dan de koude wind koepeloven met secundaire lucht en zuurstofaanrijking.

Het koelen van de ovenmantel leidt doorgaans tot een hoger cokes verbruik. Naarmate de ovendiameter (smeltcapaciteit) toeneemt vermindert de relatieve wandoppervlakte en dus ook de relatieve wandverliezen. De thermische efficiëntie ligt rond 40 %.

Wanneer de windvoorverwarming gebeurt zonder interne warmterecuperatie maar met een externe bron zoals een aardgasbrander dan verbetert de thermische efficiëntie slechts weinig, omdat men de latente warmte niet benut. Deze ingreep wordt toegepast om louter productieve redenen, met name voor het bekomen van een hoger smeltdebiet en -temperatuur op een bestaande smeltoven.

e *Toepassingsgebied*

De warme wind koepeloven wordt toegepast voor smeltcapaciteiten van 15 tot meer dan 50 tpu. Het is dus het smeltmiddel van middelgrote en grote ijzergieterijen die serie-producten gieten.

De investeringskosten bedragen 9 tot 12 miljoen BEF per geïnstalleerde tpu. Deze som bestaat uit de kosten voor de oven zelf (40 %) voor het recuperatiegedeelte (45 %) en voor de ontstopping (15 %).

f *Voordelen*

- verminderd cokesverbruik;
- verhoogde metaaltaptemperatuur;
- verhoogde smeltcapaciteit;
- verminderde zwavelopname;

- verhoogde koolstofopname door het gietijzer, waardoor meer inzet van staalschroot mogelijk wordt;
- verhoogde flexibiliteit t.o.v. de koude wind koepeloven.

g Nadelen

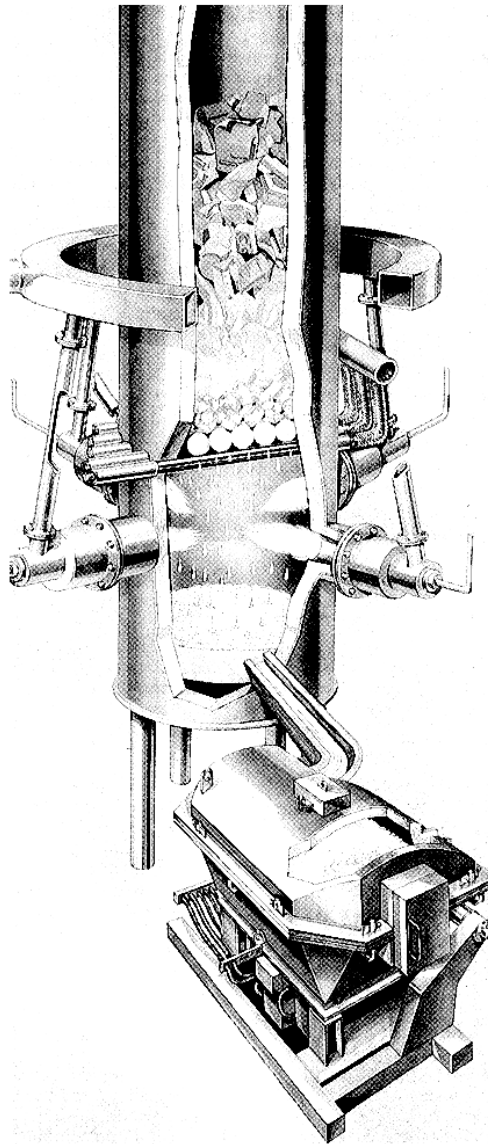
- door de te nemen milieumaatregelen zeer dure investering;
- relatief weinig flexibel qua productieregime;
- relatief moeilijke processturing door traagheid van het systeem;
- vrij beperkt qua metaallegeringen, geen snelle legeringswissel mogelijk;
- grote milieubelasting ter hoogte van de gieterij: naar verhouding veel stof uit rookgassen, slakken en vuurvaste bekleding;
- groot afgassendebiet waardoor een grote ontstoffingsinstallatie nodig is.

3.3.1.5 Cokesloze koepeloven

a Constructie en werkingsprincipe

Qua bouw is de cokesloze koepeloven een soort schachtoven. De lading wordt echter gedragen door een watergekoeld rooster waarop keramische blokken zijn geplaatst (in plaats van een cokesbed). De blaasmonden zijn vervangen door aardgasbranders.

Bij te hoge temperaturen lost het keramisch materiaal echter langzaam op (slak). Bovendien bestaat het gevaar dat de blokken aaneenkleven en de doorgang van het metaal verhinderen. Men verkiest daarom het metaal in de oven enkel te smelten en de oververhitting te laten geschieden in een tweede smeltoven zoals een elektrische inductie-oven (duplex systeem).



Figuur 3.7: Cokesloze koepeloven in duplexopstelling

b Onderhoud

Naargelang de uitvoering is deze vergelijkbaar met de koude of warme wind koepeloven.

c Metallurgie

Deze is door het ontbreken van cokes niet in staat om grote hoeveelheden staalschroot in te smelten, ook vanwege de lagere temperaturen. De cokesloze koepeloven moet dus voornamelijk gevoed worden met ruwijzer- en gietijzer-schroot.

d Thermisch rendement

Het thermisch rendement van de oven is zeer gunstig. Door de afwezigheid van CO ontsnapt er geen latente warmte uit het systeem. De warmterecuperatie uit de rookgassen gebeurt dus volledig in de schacht. Door het oververhitten in een inductie-oven te laten plaatsvinden is het slechte oververhittingsrendement van de koepeloven niet van

belang. Indien men de verbrandingslucht met zuurstof verrijkt zijn thermische rendementen van 55 tot 60 % haalbaar.

e Toepassingsgebied

De cokesloze koepeloven wordt in dezelfde situatie gebruikt als de lange campagne koepeloven. Hij is door de afwezigheid van zwavelopname meer aangewezen voor de productie van nodulair gietijzer.

f Voordelen

Naast het verhoogde thermische rendement biedt dit oventype heel wat voordelen op vlak van milieu. Het verbranden van aardgas i.p.v. cokes heeft als gevolg dat de rookgassen:

- veel minder stofbeladen zijn (0,8 kg/ton Fe t.o.v. 10 à 15 kg/ton Fe voor de koude wind koepeloven);
- vrij zijn van CO en SO₂ en veel minder CO₂ bevatten (120 kg CO₂/ton Fe t.o.v. 450 kg CO₂/ ton Fe voor de koude wind koepeloven);
- qua volume veel kleiner zijn (495 m³/ton Fe t.o.v. 770 m³/ton Fe voor de koude wind koepeloven zonder mantelkoeling). De ontstoffingsinstallatie zal dus veel kleiner kunnen zijn.

g Nadelen

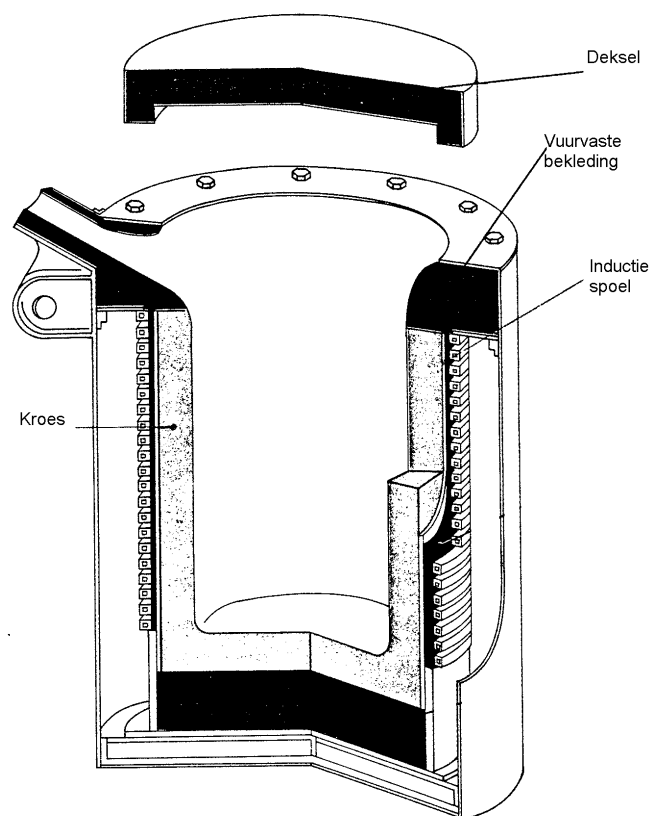
- de beperkte oververhittingmogelijkheden van de smelt noodzaakt een duplex-opstelling. Dit is een grote investering en de reden waarom de toepassing van deze "groene" koepeloven niet doorbreekt.

3.3.1.6 Elektrische inductiekroesoven

a Constructie en werkingsprincipe

De inductie-oven bestaat uit een holle watergekoelde inductiespoel uit koper, waar aan de binnenzijde een vuurvaste bekleding is aangebracht in de vorm van een kroes. Binnen deze bekleding wordt de metaallading aangebracht met een schudgoot of een hijskraan.

De spoel wordt elektrisch gevoed door middel van hoogfrequente wisselstroom (250 tot 1000 Hz) geleverd door een statische omvormer. Een batterij condensatoren zorgt ervoor dat de elektrische kring steeds in resonantie blijft. Moderne installaties hebben eveneens een regelbare frequentie om de energie-opname uit het net zo efficiënt mogelijk ($\cos\phi$) en constant te laten verlopen.



Figuur 3.8: De elektrische inductiekroesoven

In bedrijf sluit een thermisch geïsoleerd deksel de kroes af om warmteverliezen te beperken. Dit deksel is soms uitgevoerd met een afzuigstelsel. Het koelwater stroomt in een gesloten kringloop en wordt op temperatuur gehouden door een warmtewisselaar met ventilatoren. Een hydraulisch kipsysteem laat toe de oven te kantelen en het metaal af te tappen via de gietsluit van de oven. De smelt wordt opgevangen in een voorverwarmde gietpan en vandaar getransporteerd naar de gieterij of de warmhoudoven.

De hoogfrequente stroom doet aan de binnenzijde van de spoel een sterk en wisselend magnetisch veld ontstaan, dat op zijn beurt wervelstromen induceert in de buitenlaag van de schrootblokken. Door de inwendige resistieve (Ohmse) weerstand van het metaal ontstaat daar warmte. De metaalblokken smelten af aan de oppervlakte, de smelt verzamelt zich onderaan de kroes. Naarmate de lading afsmelt kan koud materiaal worden bijgevoerd, waarvoor het deksel moet worden geopend.

Zodra de volledige lading is gesmolten, wordt de smelt oververhit tot de gewenste taptemperatuur. Kenmerkend is dat in deze fase een intense “badbeweging” ontstaat die toelaat een zeer homogene smelt te produceren. Door de oven te kippen wordt de smelt overgebracht in een transportpan of gietpan. Doorgaans kan de oven niet in één beweging worden leeggemaakt. De smelt kan zonder problemen in de inductie-oven worden warm gehouden. De warmteverliezen bij het warmhouden zijn echter door de waterkoeling over de volledige kroeswand aanzienlijk (20 tot 35 %) en dit des te meer naarmate meer vermogen is geïnstalleerd.

Naargelang het geïnstalleerde vermogen op de inductie-oven zal men daarom na het insmelten van de eerste lading overgaan op één van de twee bestaande smeltmethodes:

- de “tap and charge” methode (kleine vermogens) waarbij na het aftappen van een gedeelte van de smelt, koud metaal wordt bijgevuld in de oven en de smeltcyclus herstart;
- bij grote vermogens wordt de oven volledig leeggetapt en gevuld met koude lading voor de volgende smeltcampagne. Deze methode beperkt de warmteverliezen door dehoudtijd van gesmolten metaal zo klein mogelijk te houden.

De inductie-oven kan voor om het even welke metaallegering toegepast worden. Door zijn constructie is het bovendien relatief eenvoudig te smelten onder vacuüm of inerte atmosfeer. Controle van smelttemperatuur en metaallegering kan zeer eenvoudig gebeuren daar het metaalbad makkelijk bereikbaar is.

b Onderhoud

De keuze van het type vuurvaste materiaal is functie van meerdere parameters zoals: de ladingssamenstelling, de slaksamenstelling, de smeltbehandelingen, de oventemperaturen, de ovenafmetingen.

De vuurvaste bekleding van de inductiekroesoven kan perfect worden afgestemd op de metaallegering die erin zal gesmolten worden. Een kort overzicht van de gebruikte materialen staat in onderstaande tabel weergegeven: (bron 40)

Tabel 3.2: Overzicht van type vuurvast materiaal i.f.v. soort ingesmolten legering

Metaal	Type vuurvast
Aluminium	Al ₂ O ₃ Al ₂ O ₃ /SiO ₂
Koper	Klei/grafiet, SiC/klei/grafiet
Gietijzer	SiO ₂
Koolstofstaal / roestvast staal Mn, Mo, V houdende stalen	MgO/Al ₂ O ₃ Al ₂ O ₃ /Cr - MgO/ Al ₂ O ₃

De levensduur van een bekleding is sterk afhankelijk van de samenstelling van de metaallegering en de slak. Zij gaat van 30 tot 250 en meer smelten mee.

c Metallurgie

Doordat er geen contact is tussen lading en energiedrager is de inductie-oven geschikt voor het smelten van staal, gietijzer en alle non-ferro metalen, voor zover een bekleding kan worden gevonden die geschikt is.

Voor gietijzer kan staalschroot worden gebruikt op voorwaarde dat opkolingsgrafiet aan de lading wordt toegevoegd.

De intensieve badbeweging vergemakkelijkt het legeren van de smelt. Monsternamen en temperatuurcontrole zijn eenvoudig uit te voeren waardoor een goede procescontrole mogelijk is. Doordat slechts een minimale hoeveelheid slak aanwezig is, is het evenwel van belang dat enkel zuivere materialen in de lading worden gebruikt.

d *Thermisch rendement*

Zoals boven gedemonstreerd is het smeltproces des te efficiënter naarmate de smelttijd en de aftaptijd (lees warmhoudtijd) korter is. Het eerste wordt vervuld bij een maximaal geïnstalleerd smeltvermogen, het tweede door de interne afstemming tussen smelt en gietbedrijf.

Bij een gegeven frequentie van de inductiestroom wordt het vermogen dat op de oven wordt geïnstalleerd begrensd door twee parameters: het transformatievermogen en de intensiteit van de badbeweging. Deze laatste moet beheerst worden om voortijdig uitslijten van de kroesbekleding te voorkomen of vanwege het uitspatten van de smelt uit de kroes. Zo is bij een netfrequente oven (50 Hz) het geïnstalleerde vermogen begrensd tot 300 kW per ton oveninhoud.

Verhoogt men de frequentie dan neemt de badbeweging af. Men kan dus meer vermogen installeren. Lange tijd heeft men middelfrequente ovens (250 Hz) gebouwd met een specifiek vermogen van 750 kW/ton. Nieuwe inzichten bewijzen echter dat deze aangenomen maximumgrens mag verhoogd worden tot 1000 kW, mits gepaste constructieve maatregelen te nemen. Een gevolg is ook dat voor eenzelfde capaciteit de kroes kleiner wordt (factor 3) waardoor de stralingsverliezen natuurlijk ook kleiner worden.

Aangezien de inductiekroesoven geen continu smeltproces is moet de thermische efficiëntie over langere tijd bemeten worden. Wachttijden voor aftappen en ovenbelading, monsternamen, slakverwijdering of temperatuurscontrole spelen eveneens mee in het rendementsplaatje, vanwege de relatief korte insmelttijden.

Voor de kleinere capaciteiten bij netfrequentie bereikt men thermische rendementen van 55 à 60 %. Voor middelfrequente ovens liggen deze waarden 10 % hoger. Indien men echter het rendement bepaalt in functie van primair energieverbruik dan moeten deze getallen worden vermenigvuldigd met het omzettingsrendement van de elektriciteitscentrales dat tussen de 35 en de 45 % schommelt. Zodoende ligt het globale rendement van de elektrische inductie-oven bij 20 à 30 % wat in vergelijking met de andere oventypes een eerder lage score is.

e *Toepassingsgebied*

De inductie-oven is een zeer versatiel smeltaggregaat dat voor vrijwel alle legeringen geschikt is. Vanwege zijn grote flexibiliteit is deze smeltoven bij uitstek geschikt voor de “jobbing”gieterij waarbij zeer snel van legering en hoeveelheid moet kunnen gewisseld worden. Ook in de staal- en de non-ferro-gieterij is de inductie-oven zeer goed ingeburgerd vanwege de zuiverheid van het smeltproces. Men vindt de inductieovens, per twee of per drie opgesteld, voor productiecapaciteiten tussen 1 en 20 tpu. Precisie-gieterijen bezitten kleine ovens met een inhoud van enkele kg.

f *Voordelen*

Zoals uit de bovenstaande tekst mag blijken heeft de elektrische inductiekroesoven een zeer groot aantal voordelen, reden waarom hij steeds meer wordt toegepast. De voorname pluspunten zijn:

- hoge mate van flexibiliteit qua legeringen en smeltregime, een ideale smelttechniek voor een jobbinggieterij en de speciaalgieterij (hooggelegeerde legeringen);
- hoge insmeltsnelheid;
- lage milieubelasting in de gieterij;
- weinig onderhoud, afhankelijk van de standtijd van de bekleding;
- zeer goede procescontrole, eventueel computerondersteund en quasi volautomatisch bedrijf, waardoor de temperatuurscontrole maximaal is;
- maximaal thermisch rendement, indien lokaal becijferd;
- door de intense badbeweging is de smelt zeer homogeen;
- laden van de oven, monsternamen en afslakken zijn relatief eenvoudig uit te voeren;
- als kroesoven biedt hij de mogelijkheid om warm te houden, hoewel met slecht rendement.

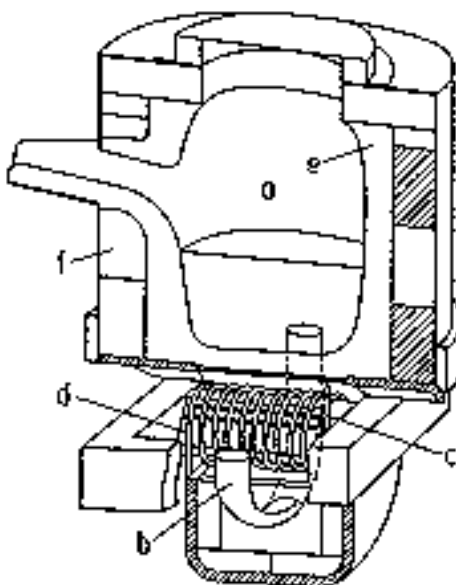
g Nadelen

- door het monopolie van de lokale elektriciteitsleverancier is men volledig afhankelijk voor de aansluitingsvoorwaarden op het net, de energiekosten en eventuele bijkomende kosten (piekbewaking, enz...);
- de energiekosten zijn duurder dan met primaire energiedragers;
- de zuiverende werking van de inductie-oven op de smelt is beperkt enerzijds door de kleine slakhoeveelheid en het relatief kleine contactoppervlak tussen slak en smelt. Dit vereist de inzet van een kwalitatief hogere en dus duurdere lading dan bijvoorbeeld voor de koepeloven;
- de installatie vergt een hoge investering, hoewel men uitspaart op de bijbehorende milieu-investeringen. Per geïnstalleerde ton oveninhoud bedraagt de netto kostprijs ca. 15 miljoen BEF;
- voor capaciteiten groter dan 15 tpu zijn andere smelttechnieken mogelijk rendabeler. Zo komen afhankelijk van de beoogde legering, de warme wind koepeloven of de elektrische vlamboogoven in aanmerking;
- laag rendement bij warmhouden door grote spoelverliezen.

3.3.1.7 Kanaalinductie-oven

a Constructie en werkingsprincipe

Doorgaans wordt deze oven gebruikt als warmhoudoven, hoewel hij ook nog als gecombineerd smelt- en warmhoudaggregaat wordt gebruikt.



a)ovenruimte b)kanaal c)spoel d)stator e)vuurvast f)isolatie

Figuur 3.9: Kanaalinductie-oven

De kanaal-oven bestaat uit een grote, thermisch geïsoleerde, kuip die bovenaan kan geopend en gesloten worden met een thermisch geïsoleerd deksel langs waar men eventueel koude lading in de oven kan inbrengen. Onderaan de bodem van de kuip zijn één of twee U-vormige kanalen voorzien in de constructie. Om dit kanaal heen zit een holle watergekoelde inductiespoel die het metaal opwarmt en voortstuwt. De inductiestroom is netfrequent.

De oven is bevestigd in een raamconstructie die hydraulisch kan gekanteld worden voor het aftappen of voor onderhoudswerkzaamheden.

Opdat de kanaaloven zou kunnen functioneren moet steeds een minimum aan gesmolten metaal in de kuip aanwezig zijn. Het kanaal moet immers met vloeibaar metaal gevuld zijn opdat het energie van de inductiespoel kan opnemen. Vanwege de korte, uitwendig geplaatste spoel zijn de verliezen via het koelwater veel kleiner dan in de inductiekroesoven. De kuip zelf is immers niet watergekoeld, doch bekleed met een dikke laag vuurvast materiaal (40 cm) waardoor de manteltemperatuur en dus ook de stralingsverliezen naar de omgeving laag blijven. Nochtans dient dit voordeel afgewogen te worden tegen de eis dat de kuip permanent voor minimaal een derde met smelt moet worden gevuld blijven. Dit betekent een vrij hoog verbruik gedurende periodes van non-activiteit zoals weekeinden of verlofdagen.

In de uitvoering als warmhoudoven vindt men bovenaan de kuip een ingietruit, om smelt in de oven te gieten, en een aftaptuit. Deze twee tuiten zijn uitgevoerd volgens de “theepot” constructie. Hierdoor wordt de intrede van lucht (zuurstof) en slak in de ovenruimte verhinderd, waardoor minder afbrand in de smelt ontstaat en de aantasting van de bekleding door de slak sterk gereduceerd wordt. Om dezelfde reden dient het deksel zo hermetisch mogelijk op de kuip aan te sluiten.

Als warmhoudoven worden deze kanaalovens gebouwd van kleine (5 ton) tot zeer grote kuipinhouden (> 100 ton Fe).

b Onderhoud

Doordat de bekleding van de kuip en het kanaal slechts aan minieme temperatuurschommelingen, mechanische belastingen en zuurstof bloot staat, strekt de levensduur van het vuurvaste materiaal zich uit over meer dan een jaar. Het kanaal zelf en de kanaalmonden in de kuip zijn qua gebruiksduur beperkter vanwege de aanhechting van slakdeeltjes aan de wand.

c Metallurgie

Het metallurgische voordeel van de kanaaloven is dat, door de grote inwendige inhoud van de kuip, mogelijke variaties in de metaalsamenstelling worden uitgevlakt. Hetzelfde gegeven werkt echter ook de flexibiliteit van de oven tegen. Overschakelen op een andere metaalkwaliteit kan slechts langzaam en moet ingepland worden in het productieschema, opdat men een afname van de intermediaire metaalsamenstelling kan voorzien.

d Thermisch rendement

Als smeltoven is de efficiëntie vergelijkbaar met die van de inductie-oven. Nochtans is het moeilijk om beide met elkaar te vergelijken. Naarmate de kanaaloven minder stilstandtijden heeft zal zijn rendement verbeteren. Het is dus pas bij productiecapaciteiten van meer dan 100 ton per dag dat de kanaaloven efficiënter kan presteren.

Als warmhoudoven is de prestatie van de kanaaloven ongeëvenaard. Men vindt in de ferrogietereien dan ook geen andere oventypes die voor warmhouden worden aangewend. In de non-ferro zijn smelten en warmhouden geïntegreerd in goedkopere weerstand- of gasgestookte ovens.

Het warmhoudrendement van de kanaaloven is minstens 80 %.

e Toepassingsgebied

De kanaaloven wordt voornamelijk als warmhoudoven toegepast in de ijzergietereien. De opslagcapaciteit varieert van 5 tot meer dan 100 ton materiaal. Zoals reeds vermeld is de rol van de warmhoudoven die van buffer tussen smelt- en gietbedrijf.

f Voordelen

- zeer hoge thermische efficiëntie als warmhoudoven;
- minimale afbrand van legeringselementen;
- weinig onderhoud.

g Nadelen

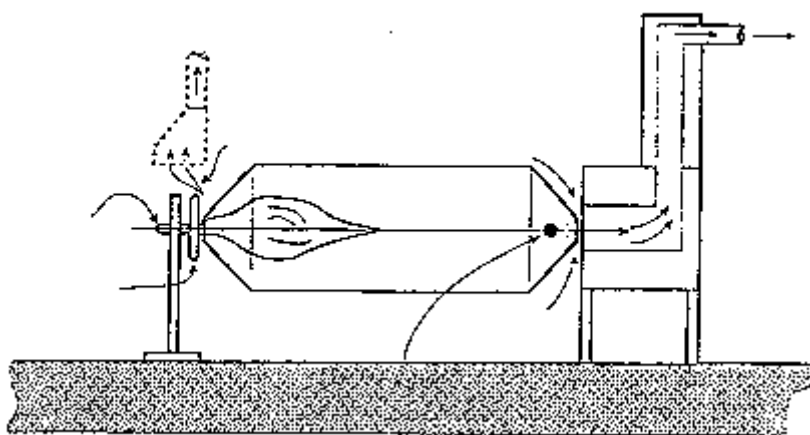
- hoge basislast door de vereiste permanente aanwezigheid van een belangrijke hoeveelheid gesmolten metaal;
- onmogelijkheid om koud te starten;
- moeilijke opvolging van de slijtage van het kanaal;
- potentieel gevaar bij accidenteel lek slaan, vanwege de onderaan gemonteerde spoel. Hierdoor is contact tussen koelwater en metaal moeilijk te vermijden.

3.3.1.8 Draaitrommeloven

a Constructie en werkingsprincipe

De draaitrommeloven is een haardoven bestaande uit een, met vuurvast materiaal beklede, horizontale cilinder met twee conische uiteinden. Het geheel wordt ondersteund en aangedreven door rollen waardoor de oven om zijn as kan roteren.

Aan het ene conische uiteinde zit een zuurstof-aardgasbrander en twee openingen, nodig voor het aftappen van metaal en slak uit de oven. Tijdens het insmelten zijn deze laatste met een vuurvaste prop afgedicht.



Figuur 3.10: De trommeloven

Het andere uiteinde mondt uit in een vuurvaste schouw, waar via een spleet tussen beide omgevingslucht wordt meegezogen, om de rookgassen te koelen. Dit is nodig om de ontstopping met een doekfilter te kunnen uitvoeren, waarvan de maximale ingangstemperatuur 160 à 200 °C is.

De oven kan naast een roterende beweging eveneens een kipbeweging maken, tot in de verticale stand, om beladen en aftappen mogelijk te maken en een nieuwe bekleding in de ovenruimte aan te brengen.

In gekipte stand wordt het metaal in de oven gestort vanuit een hogergelegen laadstation. Eens gevuld wordt het geheel opnieuw in de horizontale stand gebracht. De brander wordt ontstoken met behulp van een startbrander. Een ultravioletsonde bewaakt de vlam. Met de zuurstoftoevoer regelt men de lengte van de vlam. Insmelten gebeurt met een licht oxiderende korte vlam (luchtfactor: $\lambda=1,03$), oververhitten en warmhouden met een reducerende lange vlam ($\lambda=0,9$).

Hieronder worden de cyclusparameters van een oven van 5 ton weergegeven:

- tijdens het insmelten draait de oven in kwartslagen rond, de draaizin wordt daarbij na drie minuten omgekeerd. De lading smelt na ong. 1 uur. De brandervlam verhit de lading en de bekleding door straling en convectie. Na rotatie tot onder de lading staat deze warmte af aan de lading.
- de oververhittingsfase duurt nog eens 30 min. waarbij de oven continu blijft draaien met een snelheid van 1 à 2 toeren per minuut.

Er moet voldoende slak in de oven aanwezig zijn om het relatief grote smeltoppervlak thermisch te isoleren en te beschermen tegen afbrand van legeringselementen. Daarom wordt veelal intentioneel zand bij de lading toegevoegd.

Na smelten en oververhitten, monsternamen en temperatuurscontrole wordt de tapopening vrijgemaakt en via pannen wordt de smelt naar de gieterij getransporteerd. Tussentijds kan de smelt in de oven worden warmgehouden door het omhoogdraaien van de tapopening tot boven het vloeistofniveau. De ovenbeweging wordt tijdens het warmhouden gestaakt. Na de smelt wordt uiteindelijk de slak opgevangen.

b Onderhoud

De levensduur van de bekleding is bijzonder afhankelijk van de courante oververhittingstemperatuur van de smelt en de ladingsamenstelling. Een verhoging van de smelttemperatuur met 100 °C kan een halvering van de levensduur van de bekleding met zich meebrengen.

Verder dient het beladen van de oven, met het oog op het vermijden van al te grote mechanische schokken en het aantal koude starten (thermisch cycli van de bekleding), mee in beschouwing worden genomen. De ovenatmosfeer, warmhoudtijd, rotatiesnelheid en de branderpositionering hebben eveneens een invloed op de standtijd.

Grosso modo gaat een bekleding zo'n 100 à 300 smeltbeurten mee.

c Metallurgie

In de non-ferroindustrie (smelterijen) is de trommeloven reeds lang in gebruik, waar zij vanwege de lagere smelttemperaturen met traditionele olie-luchtbranders zeer goed bruikbaar zijn. Door de ontwikkeling van de zuurstof-gasbrander is het mogelijk om bij de gietijzerproductie een hoger aandeel staalschroot te gebruiken, mits toevoeging van opkolingsgrafiet.

Een belangrijk nadeel van de trommeloven is de afbrand van Fe, C, Si, Mn en S. Deze verliezen moeten worden gecompenseerd door toevoeging van legeringselementen bij het begin of aan het einde van de smeltfase. Het opnamerendement van deze elementen is doorgaans niet zeer hoog. Er kunnen belangrijke concentratieverschillen ontstaan tussen voor- en achterzijde van de oven doordat er geen axiale badbeweging is en zowel straling als atmosfeer boven het vrij grote badoppervlak niet uniform is.

d Thermisch rendement

Het thermisch rendement varieert van 50 à 65 % afhankelijk van het smeltregime en de oveninhoud. Het opwarmen van de massieve vuurvaste bekleding van een koude oven vergt veel energie. Kan men continu blijven doorsmelten dan is het rendement merkkelijk beter. Bij een grotere oveninhoud zijn de warmteverliezen relatief kleiner.

Bij de elektrische ovens stelt zich de vraag of men het opwekkingsrendement van de elektriciteit mee in rekening brengt. Bij de trommeloven geldt dezelfde vraag aangaande de energie nodig voor de zuurstofproductie (0,9 kWh/m³ O₂).

Voor het insmelten van 1 ton Fe tot 1500 °C worden 60 (grote oven) à 80 (kleine oven) m³ aardgas en respectievelijk 120 à 160 m³ O₂ verbruikt. De verbranding van 1 m³ aardgas levert 9,86 kWh. Voor het bereiden van een ton gietijzer op 1500 °C is 387 kWh nodig. Dit stemt overeen met de bovenvermelde aangehaalde rendementen van 55 à 65 %. Met inachtnaam van de energie die nodig is voor de zuurstofopwekking bedragen deze percentages respectievelijk slechts 40 à 55 %.

e Toepassingsgebied

Door zijn batchgewijze karakter biedt de trommeloven qua legeringswissel eenzelfde flexibiliteit als een inductiekroesoven in de ijzergieterij. De investeringskosten zijn echter veel kleiner. Een smeltoven van 5 ton kost 20 à 25 miljoen BEF, waarin 30 % voor de afzuiging en ontstopping zijn begrepen. Voor een inductie-oven komt men al gauw aan het drievoud van dit bedrag.

Ook voor de kleinere koude wind koepeloven is de trommeloven een alternatief vanwege de verhoogde flexibiliteit en de lagere milieukosten.

Trommelovens worden gebruikt voor smeltvolumes van 2 tot 20 ton, met productiecapaciteiten van 1 à 6 ton per uur.

f Voordelen

- gemak van legeringswissel;
- smelten zonder verontreiniging, zonder S-opname;
- lage investeringskost;
- kleiner ontstoppingssysteem vanwege het kleinere rookgasdebiet;
- relatief gemakkelijk onderhoud.

g Nadelen

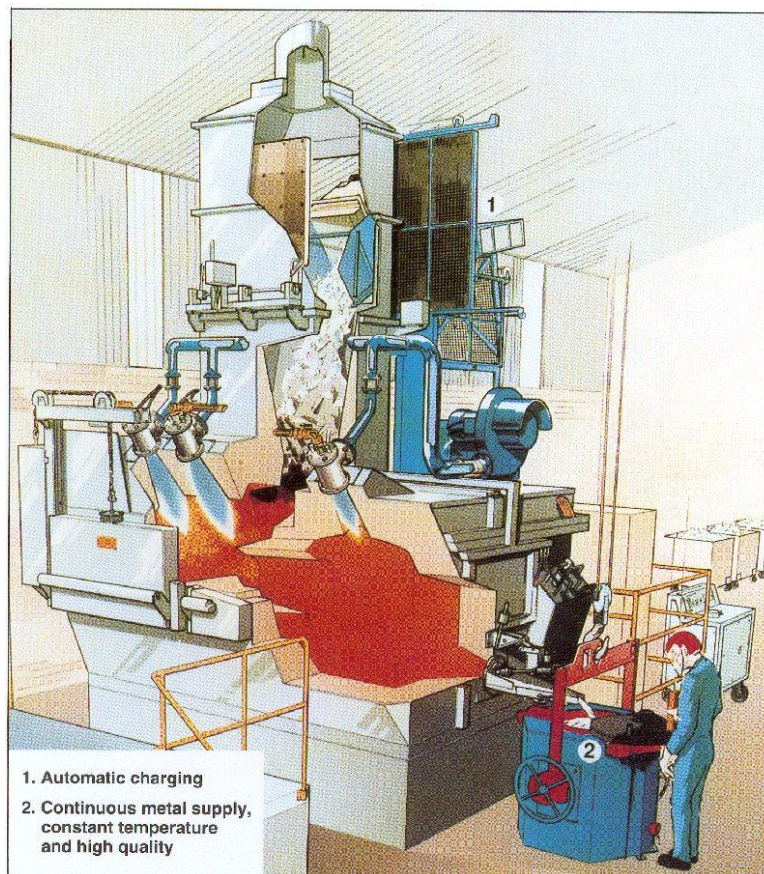
- belangrijke afbrand van C, Si, Mn;

- gas- en zuurstofverbruik kunnen hoog oplopen indien niet continu kan worden doorgewerkt;
- het energieverbruik stijgt gevoelig indien meer staal aan de lading wordt toegevoegd.

3.3.1.9 Schachtoven

a Constructie en werkingsprincipe

Deze oven, voor continubedrijf, combineert twee functies, nl. smelten en warmhouden. De oven bestaat uit een verticale schacht die via een helling uitmondt in een verzamelruimte voor de smelt, de haard. Net boven de haard is een aardgasbrander geïnstalleerd. In het plafond van de haard is een opening voorzien langs waar de smelt kan afgeslakt en afgetapt worden. De belading van de oven gebeurt via de schacht d.m.v. een kipwagentje.



Figuur 3.11: De schachtoven

De lading wordt in de schacht gebracht door het kipwagentje. Het metaal dat zich onderaan de schacht voor de brandervlam bevindt, smelt en vloeit naar de haard. In de haard wordt de smelt warmgehouden door terugstraling van de branderwarmte door het gekromde haardplafond. Soms is hier een tweede brander voorzien om de atmosfeer en temperatuur los van de productiecapaciteit te kunnen regelen.

De rookgassen van de brander stijgen op via de schacht en warmen de koude lading voor. Eventueel bevindt zich in een hoger gelegen deel van de schacht een warmte-wisselaar waarin de verbrandingslucht wordt voorverwarmd.

b Onderhoud

Door het feit dat dit oventype enkel voor non-ferro metalen wordt gebruikt, is het onderhoud van de bekleding vrij beperkt. Met name de constructie van de haard en het haardplafond zijn moeilijk bereikbaar waardoor een lange standtijd van de bekleding gewenst is. Daarom beperkt men zich tot metalen met een lager smeltpunt. De vuurvaste bekleding kan 4 tot 8 jaar standhouden, en behoeft weinig of geen onderhoud.

c Metallurgie

Deze oven wordt voornamelijk gebruikt voor het smelten van aluminium.

d Thermisch rendement

Moderne ovenuitvoeringen (met computer gestuurde brandersystemen) bereiken een energieverbruik van 650 kWh per ton gesmolten Al (720 °C). Theoretisch heeft men hiervoor 320 kWh/ton nodig. Het thermisch rendement bedraagt dus 50 %.

e Toepassingsgebied

De schachtoven is een continue smeltoven van grote capaciteit die voornamelijk wordt gebruikt voor het smelten van aluminium. Men vindt smeltcapaciteiten van 0,5 à 5 tpu met een warmhoudvolume tot 50 ton. Vanwege de warmhoudfunctie is de legeringswissel zeer omslachtig.

f Voordelen

- dit oventype is zeer geschikt voor het smelten van Al daar door de relatief lange voorverwarmfase van de lading alle vocht verdwenen is vooraleer te smelten. Dit is belangrijk i.v.m. de waterstofopname door het aluminium wat de oorzaak is van porositeiten in het gietstuk;
- relatief lage investeringskost en exploitatiekost.

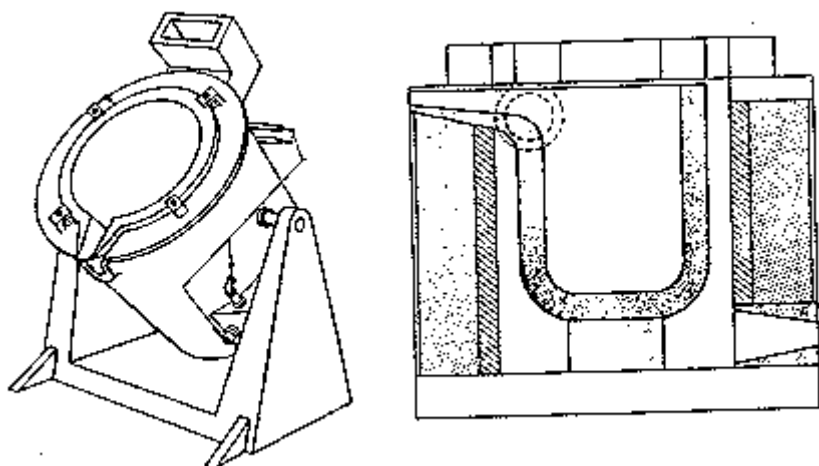
g Nadelen

- geen flexibiliteit qua legeringswissel.

3.3.1.10 Kroesoven

a Constructie en werkingsprincipe

Hier wordt een kroes uit siliciumcarbide in een thermisch geïsoleerde ruimte geplaatst waarin branders of elektrische weerstanden zijn voorzien. De warmte ontwikkeld door deze laatste wordt doorheen de wand van de kroes aan de lading doorgegeven.



Figuur 3.12: De kroesoven

De kroes kan manueel, met een kraan of met een kipsysteem bediend worden om het vloeibare metaal naar de gietvormen te transfereren.

De koude lading wordt in de kroes aangebracht, en de oven op vol vermogen ingesteld om de lading in te smelten. Dit kan eventueel automatisch gestart en gecontroleerd worden (bijv. 's nachts).

Op een 50 à 100 °C van de gewenste eindtemperatuur van de smelt schakelt de bekrachtiging uit, waarna de kroes door thermische inertie de lading verder opwarmt. Vervolgens wordt de temperatuur op peil gehouden door het regelsysteem van de oven.

Tijdens deze fase worden eventuele smeltbehandelingen uitgevoerd in de kroes.

b Onderhoud

Behalve het tijdig vervangen van de kroes is er geen speciaal onderhoud nodig.

c Metallurgie

De oven dient uitsluitend voor het smelten van non-ferro metalen. De kroeswand verhindert het directe contact tussen smelt en brander waardoor geen afbrand of gasopname kan plaatsvinden.

d Thermisch rendement

Richtwaarden voor het verbruik zijn 700 à 1000 kWh per ton aluminium wat een rendement van 30 à 45 % betekent.

e Toepassingsgebied

Kroesovens dienen voor de productie van kleine hoeveelheden smelt (<500 kg per smelt) en lage productiecapaciteiten voor uitsluitend non-ferro metalen.

***f* Voordelen**

- eenvoudige technologie;
- weinig onderhoud;
- flexibele werking naar legeringswissel toe.

***g* Nadelen**

- laag rendement en productiecapaciteit.

3.3.2 Smeltbehandelingen

Wanneer een metaallegering is ingesmolten ondergaat zij doorgaans één of meer specifieke behandelingen vooraleer zij in een gietvorm wordt afgegoten. Het doel van een smeltbehandeling kan zijn:

- het verwijderen van onzuiverheden zoals slak, oxides (desoxidatie), opgeloste gassen, zwavel...;
- het toevoegen van producten om de legeringssamenstelling te corrigeren (bijlegeren) of een welbepaalde metallurgische structuur af te dwingen tijdens de stolling (enten, nodulariseren, veredelen...).

Het spreekt vanzelf dat elk type van legering zijn eigen specifieke (sequentie van) smeltbehandelingen heeft.

3.3.2.1 Gietijzer

De voornaamste behandelingen die op een gietijzersmelt worden uitgevoerd zijn:

- bijlegeren, analysecorrectie;
- homogenisatie;
- ontzwavelen (optioneel);
- nodulariseren;
- enten;
- afslakken.

Hieronder worden deze stappen beschreven.

***a* Legeren**

Gedurende het insmelten oxideren bepaalde elementen in de smelt. Hierdoor ontstaan zogenaamde afbrandverliezen. Daarom moet aan het einde van een smeltcampagne een samenstellingscorrectie worden doorgevoerd om de gewenste kwaliteit van het eindproduct te garanderen. Voor ongelegeerd gietijzer zijn de belangrijkste elementen C, Si, Mn, S, en P.

Wanneer speciale eigenschappen gewenst zijn, zoals corrosie-, hoge temperatuurs- en slijtbestendigheid worden speciale legeringselementen toegevoegd gaande van

aluminium tot zirconium, in hoeveelheden van minder dan 1 % tot meer dan 30 %. Doorgaans worden zij toegevoegd als ferrolegeringen in de vorm van blokken of korrels. Veel van deze producten zijn vrij duur en worden meestal aan het gesmolten gietijzer toegevoegd omdat dit het kleinste verlies door oxidatie oplevert.

De toevoeging gebeurt in de oven zelf, in de gietstraal gedurende het overtappen van de oven of door de toeslagstoffen op de bodem van de transportpan te leggen en het vloeibare metaal vanuit de oven erover heen te gieten.

b Homogenisatie

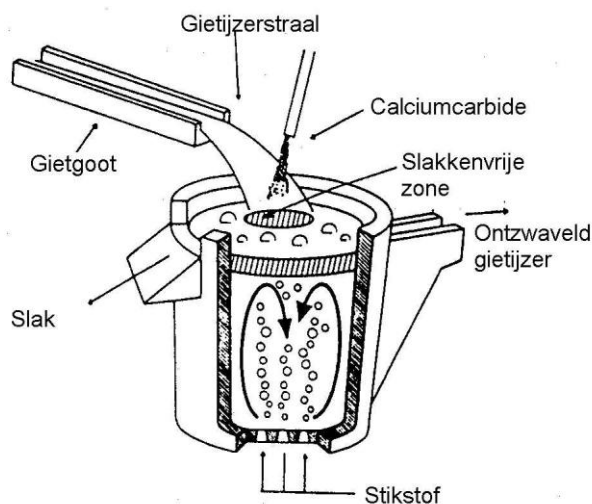
Via het inzetmateriaal komen in het gesmolten metaal verontreinigingen (oxides, sulfides, carbides,...) terecht. Deze kunnen een gunstige entwerking (zie verder) hebben in de smelt, maar deze entwerking is door hun variabele samenstelling onvoorspelbaar. Daarom tracht men deze verontreiniging onschadelijk te maken door de smelt te oververhitten tot 1480 à 1500 °C. Deze verhitting heeft ook volgende effecten:

- een reductie van oxiden (FeO , SiO_2 , MnO) door C, met vorming van CO-gasbellen die op hun weg naar het badoppervlak opgeloste gassen als H_2 en N_2 uit de smelt verwijderen;
- bij een intense badbeweging en hoge temperaturen coaguleren de verontreinigingen waardoor zij sneller naar de oppervlakte stijgen en in de slak terechtkomen.

c Ontzwavelen

Voor de productie van nodulair gietijzer moet worden uitgegaan van een smelt met een zeer laag zwavelgehalte. Wanneer het metaal in een koepeloven wordt gesmolten dan is het zwavelgehalte van de smelt te hoog door opname van zwavel uit de cokes. Een ontzwavelingsbehandeling is daarom noodzakelijk.

Ontzwavelen gebeurt doorgaans volgens het Gazal procédé. Daarbij wordt de smelt overgebracht in een speciale behandelingspan. Tijdens het vullen van de pan wordt fijnkorrelig CaC_2 in de smelt geïnjecteerd. Onder aan de pan wordt via een poreuze stop een neutraal gas ingeblazen waardoor een intense badbeweging ontstaat. Het ontstane CaS stijgt naar de oppervlakte en vormt de slak.



Figuur 3.13: Gazal procédé

d Nodularisatie

Nodulair gietijzer (GGG) onderscheidt zich van lamellair gietijzer door de vorm waaronder de grafiet uitkristalliseert. Bij lamellair gietijzer is dit waaivormig (lamellen), nodulair gietijzer vertoont fijn verdeelde grafietbolletjes (nodulen). Dit voorkomen geeft aan het materiaal een hogere sterkte en taaiheid.

Om een bolvormige grafietkristallisatie te realiseren voegt men aan het gesmolten metaal Mg toe. Een deel van het Mg oxideert op deze hoge temperatuur met de zuurstof aan de lucht (MgO-stofemissie), een ander deel reageert met zuurstof en zwavel in de smelt (slakvorming), en een deel lost op in de smelt. Enkel dit laatste deel heeft een nuttig effect m.b.t. de noduulvorming.

De Mg-toevoeging gebeurt meestal onder de vorm van een FeSiMg of NiMg voorlegering, met een Mg-gehalte van 5 à 50 % naargelang het gebruikte procédé.

Hieronder staan de voornaamste nodularisatie-procédés opgesomd.

- Sandwichmethode: de Mg-legering wordt in een uitsparing in de bodem van een speciale behandelingspan geplaatst en afgedekt met licht staalschroot of FeSi. De smelt wordt vanuit de (warmhoud)oven in de pan overgegoten.
- Tundish Cover: dit is een afgeleide methode van het Sandwichprocédé, waarbij boven op de behandelingspan een concaaf deksel wordt geplaatst. Het metaal wordt in het deksel overgegoten, en stroomt door een opening in de pan. De Mg-legering bevindt zich in een verdieping onder aan de pan. De aanwezigheid van het deksel vermindert aanzienlijk de rookemissie en verhoogt de veiligheid door het afschermen van spatten.
- Flotretmethode: het vloeibare metaal wordt door een speciaal recipiënt gegoten, waarbij het langs een reactiekamer stroomt waarin de Mg-legering al is geplaatst.
- Dompelmethode: door middel van een dompelklok wordt de Mg-legering in een aangepaste behandelingspan tot onder in de smelt geduwd. Een deksel omheen de klok schermt daarbij de spatten af. Met deze methode kan men tot 50 % Mg-legeringen gebruiken waardoor minder Si in de smelt wordt toegevoegd.
- Gevulde draadinjectie: een dergelijke draad is opgebouwd uit een dunwandige stalen buis gevuld met de Mg-legering. Deze wordt via een afwikkelmechanisme onder gecontroleerde snelheid gedurende een ingestelde tijd doorheen het deksel in een speciale behandelingspan geduwd.
- Inmold-procédé: de Mg-legering en de entlegering worden als een tablet in de gietvorm zelf ingebouwd. Tijdens het gieten stroomt het metaal door of langs het tablet, waardoor het oplost. Het proces komt enkel in aanmerking voor kleine gietstukken die in grote series worden geproduceerd. Door deze werkwijze is het opnamerendement en het enteffect zeer hoog.
- Ductilator: het vloeibare metaal stroomt door een reactiekamer waar ent- en Mg-legering worden ingespoten met een stikstofstraal. De methode kan worden toegepast voor het behandelen van de smelt bij het overtappen van de (warmhoud)-oveninhoud in een transportpan, of bij het vullen van de vorm zelf.

Een vergelijking tussen de verschillende methodes staat hieronder afgebeeld:

Tabel 3.3: Vergelijking tussen de verschillende nodularisatie-procédés

	Sandwich	Tundisch Cover	Dompelen	Flotret	Draad-injectie	Inmold	Ductilator
Mg-opnamerendement	35-50 %	45-60 %	40-60 %	40-50 %	20-50 %	70-90 %	60-75 %
Rookgasontwikkeling	hoog	gering	gering	gering	weinig	geen	hoog
complexiteit	laag	complex	onderhouds-intensief	onderhouds-intensief	dure installatie	ontwerp gietsysteem	onderhouds-intensief

Vanwege de goede procescontrole vindt de draadinjectiemethode steeds meer ingang.

e Enten

Enten staat voor het inbrengen van "kiemen" in de smelt voor de kristalgroei. Op deze wijze voorkomt men de vorming van grote metaalkristallen tijdens de stolling welke aanleiding geven tot een materiaal met inferieure mechanische eigenschappen. Het voornaamste entmiddel is FeSi met 60 à 80 % Si. Daarnaast zijn andere elementen zoals Al en Ca erin aanwezig en de zogenaamde zeldzame aarden Zr, Ba, Ce, Sr...

Doordat het effect van het enten exponentieel afneemt met de tijd, wordt deze toevoeging liefst net voor het gieten gedaan. Daarom wordt het entmiddel direct in de gietstraal of in de gietpan toegevoegd, soms onder de vorm van een gevulde draad wat toelaat een zeer fijn poeder te gebruiken. Bij het Inmold-proces wordt het entmiddel als een tablet in de gietvorm ingebouwd, de metaalstroom lost het entmiddel op tijdens het gieten.

De behandeling wordt zowel voor lamellair als nodulair gietijzer toegepast.

f Afslakken

Na een smeltbehandeling worden de reactie- en oxidatieproducten aan de oppervlakte van de pan afgescheiden. Daar deze niet in de gietvorm mogen terechtkomen worden zij in sommige gevallen gevangen in een "slakkenbinder". Dit is een mineraal product, zoals vermiculiet, dat bij hoge temperatuur verweekt en een slaklaag vormt op het smeltbad die alle kleine verontreinigingen vasthoudt. Deze wordt daarna afgeschept.

3.3.2.2 Gietstaal

Gietstaal bevat minder dan 1,7 % C, wat maakt dat het andere eigenschappen heeft dan gietijzer. Het heeft geen grafietfase meer, en is daardoor veel sterker. Het heeft tevens een hogere smelttemperatuur dan gietijzer.

De voornaamste behandelingen die op een gietstaalsmelt worden uitgevoerd zijn:

- desoxidatie;
- bijleggen, analysecorrectie;
- kalmeren;
- afslakken.

Welke van deze behandelingen moeten plaatsvinden is afhankelijk van het gebruikte inzetmateriaal.

a Desoxidatie

Desoxidatie heeft tot doel de opgeloste zuurstof, onder vorm van FeO, uit de smelt de verwijderen. Indien dit niet zou gebeuren zou deze uitprecipiteren tijdens de stolling van het staal en een slechte cohesie van het materiaal geven. Daarnaast wordt ook de oxidatie van C afgeremd, zodat de samenstellingsgrenzen van het staal behouden blijven.

Normaliter wordt Al aan de smelt toegevoegd waardoor de FeO reduceert tot Fe. Het ontstane aluminiumoxide is onoplosbaar in de smelt en wordt opgenomen in de slak.

b Bijlegeren, analysecorrectie, afslakken

Deze behandelingen zijn gelijklopend met die van gietijzer.

3.3.2.3 Aluminium

De behandelingen die een Al-smelt kan ondergaan zijn:

- afscherming van het badoppervlak;
- analysecorrectie;
- ontgassing - desoxidatie;
- veredeling;
- modificatie;
- afslakken.

Ook hier geldt dat de toegepaste behandelingen functie zijn van de gebruikte technieken in de gieterij en de kwaliteit van het eindproduct.

a Afscherming van het badoppervlak

Met een zogenaamde passieve flux, meestal op basis van cryoliet ($\text{AlF}_3 \cdot 3\text{NaF}$), kan het oppervlak van de metaalsmelt afgeschermd worden van de lucht. Het doel is om de oxidatie van het aluminium af te remmen, de onzuiverheden aan het badoppervlak te binden en minder metaal te verliezen tijdens het afslakken.

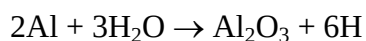
In schachtovens met geregelde atmosfeer is deze praktijk onnodig.

b Analysecorrectie

Na analyse van de smeltsamenstelling kan toevoeging van bepaalde elementen noodzakelijk blijken. Deze worden dan gedoseerd toegevoegd.

c Ontgassing - desoxidatie

Door de ontbinding van water (luchtvochtigheid) volgens de reactie:



komt waterstof in de smelt terecht. Gedurende de stolling van het metaal vormen zich waterstofgasbellen, indien daarvoor voldoende tijd is, zoals bij zandgieten. Hierdoor ontstaan porositeiten in het gietstuk, wat ongewenst is.

Waterstof kan men uit de smelt verwijderen volgens twee principes die soms gelijktijdig worden toegepast:

- fysische ontgassing: hierbij blaast men doorheen de smelt argon of stikstofgas via een poreuze stop in de bodem van de behandelingspan, hetzij door het indompelen van een (roterende) lans in de smelt. Waterstof lost door een verschil in partiële druk in deze gasbellen op en wordt naar de oppervlakte getransporteerd;
- chemische ontgassing: hierbij worden reactieve producten in de smelt ingebracht die met waterstof reageren en als gas uit de smelt ontwijken. Enkele gebruikte producten zijn: argon of stikstofgas waaraan enkele % Cl_2 of SF_6 zijn toegevoegd of hexachloorethaantabletten die in de smelt worden gedompeld met een stalen klok. Vanwege milieu- en arbeidshygiënische redenen verdwijnt echter de toepassing van gechlloreerde of gefluoreerde producten zeer snel.

Tijdens het doorborrelen van de gasbellen worden eveneens aluminiumoxidedeeltjes en andere onzuiverheden naar de oppervlakte van de smelt bewogen. Ontgassing en desoxidatie gebeuren dus veelal gelijktijdig. Toevoeging van een mengsel van NaCl , KCl of CaF_2 als flux lossen de oxidedeeltjes beter op in de slak (cryoliet ($\text{AlF}_3 \cdot 3\text{NaF}$)).

d Veredeling

Veredeling betekent het verfijnen van de korrelstructuur van het metaal in vaste toestand door toevoeging van entmiddelen aan het vloeibare metaal (zie enten van gietijzer). Een courant gebruikte veredelingsproduct is AlTiB .

e Modificatie

Deze behandeling is van toepassing op eutectische AlSi -legeringen (Si-gehalte 11-13 %), waarbij door toevoeging van Na (in een Al-huls of als zout) of AlSr de groei van eutectische Si-kristallen verfijnd en meer homogeen wordt. Hierdoor vertoont het eindproduct betere mechanische eigenschappen.

f Afslakken

De slak wordt met een lepel van het badoppervlak verwijderd. Door het hoge gehalte aan aluminium wordt zij gerecycleerd door de smeltindustrie.

3.3.2.4 Zink

ZAMAK-legeringen zijn ZnAl - of ZnAlCu -legeringen met een laag smeltpunt (385°C) en zijn weinig reactief in contact met staal. Bovendien moet de smelt niet behandeld worden waardoor er geen milieuproblemen zijn. Daarom zijn zij zeer gegeerd voor hoge drukgietwerk.

Andere Zn-gietlegeringen, gebruikt voor coquille gietwerk, vragen in principe ook geen fluxbehandeling, tenzij men sterk vervuild schroot zou gebruiken. Een desoxidatie met zink of ammoniumchloride kan dan noodzakelijk zijn.

3.3.2.5 Koper

Koperlegeringen vindt men in de gieterij terug onder verschillende groepen van legeringen waarin Cu de belangrijkste is:

- messing: CuZn-legeringen waaraan Pb, Sn, Fe, Al, Mn of Ni kunnen toegevoegd worden. Zij worden zowel gegoten in zandvormen als in duurvormen;
- tinbronzen: CuSn-legeringen waaraan Pb, Zn en soms Ni worden toegevoegd. Deze worden gebruikt voor zand en centrifugaal gietwerk;
- aluminiumbronzen: CuAl-legeringen: met Fe, Ni, en Mn als mogelijke addities. Zij kunnen in alle giettechnieken toegepast worden;
- CuNi-legeringen worden voornamelijk gebruikt vanwege hun hoge weerstand tegen corrosie. Hun toepassing is eerder zeldzaam.

Afhankelijk van de samenstelling voert men, indien gewenst, verschillende smelt-behandelingen uit.

3.3.2.6 Messing

De verschillende legeringselementen worden meestal onder een reducerende flux gesmolten (houstkool + NaCl, glas + borax, alumine,...) welke de verdamping en oxidatie van Zn zoveel mogelijk moet belemmeren. Door het lage smeltpunt van deze fase verdampt deze namelijk snel, en komt in de atmosfeer terecht onder de vorm van ZnO.

Oververhitting van de smelt leidt tot een versterkte zinkemissie waardoor de analyse desgewenst moet gecorrigeerd worden door toevoeging van Zn.

Het ontstane ZnO moet worden afgezogen en de rookgassen gefilterd. Bij loodhoudende legeringen komt eveneens loodoxide vrij dat samen met het stof opgevangen moet worden.

Slak, bestaande uit koper- en zinkoxide, en stof worden teruggeleverd aan de smelterij voor de terugwinning van de respectievelijke metalen.

De opname van waterstof moet beperkt worden door zo snel mogelijk in te smelten.

3.3.2.7 Tinbronzen

De smelt wordt eerst intens gemengd met een oxiderende flux ($\text{NaCO}_3 + \text{MnO}$ of $\text{CaCO}_3 + \text{kwaartzand}$) om waterstof te binden en ongewenste elementen te oxideren. Deze oxides en de reeds in de smelt aanwezige onzuiverheden worden vervolgens gebonden in de slak. Het doel van het kwartsand is om de vloeibare slak pasteuzer te maken waardoor het afslakken efficiënter verloopt.

Vervolgens vindt een desoxidatie plaats door toevoeging van fosforkoper of fosforzink. De fosfor reduceert koperoxide en bindt de residuele zuurstof uit de smelt. De gevormde fosfaten komen terecht in de slak.

Na een controle van de analyse wordt vervolgens de oven afgetapt.

Gedurende deze smeltbehandelingen komen stofemissies voor die voornamelijk bestaan uit oxides van Zn en Pb (indien aanwezig in de smelt). Deze rookgassen moeten worden opgevangen en onttorst. De slak is door de toevoeging van kwartszand verglaasd en gedraagt zich daardoor als een inert materiaal.

3.3.2.8 Aluminiumbronzen

Door de aanwezigheid van Al ontstaan aluminiumoxides, zodat tijdens alle handelingen met de smelt er de grootste zorg voor moet gedragen worden om geen turbulentie (opname van lucht) te veroorzaken. Zoals dat bij Al het geval is, neemt de smelt ook waterstof op, die bij de stolling tot porositeiten in het gietstuk aanleiding kan geven.

Waterstof wordt uit de smelt verwijderd door het doorborrelen van een inert gas zoals stikstofgas. Meegesleurde verontreinigingen worden aan de oppervlakte gebonden met een slakbinder zoals NaCl of cryoliet ($\text{AlF}_3 \cdot 3\text{NaF}$).

De smelt is voortdurend bedekt door een aluminiumoxidelaag die niet onderbroken mag worden om verderschrijdende oxidatie te voorkomen. Deze laag belemmert tegelijkertijd de uitstoot van stofdeeltjes. De slak die chloor- of fluorhoudend is wordt door de leverancier teruggenomen om het ingesloten metaal terug te winnen.

3.3.3 Zandbereiding en vorm- en kernmakerij

Zoals in punt 3.2.5 vermeld kan men de giettechnieken onderverdelen naar:

- verloren vormen met duurzaam model;
- verloren vormen met verloren model;
- duurzame vormen.

Het aanmaken van verloren of duurzame modellen worden doorgaans uitgevoerd door gespecialiseerde externe bedrijven. Zij bestaan uit activiteiten die niet tot die van de gieterijsector behoren maar eerder ingedeeld worden bij metaal- en kunststofverwerking. Hierdoor valt het modelmaken niet binnen het kader van onderhavige studie. Hetzelfde geldt voor de vervaardiging van duurzame vormen.

De aanmaak van verloren vormen daarentegen, is een kernactiviteit van de gieterijsector en zal hierna in detail behandeld worden.

Verloren vormen worden aangemaakt met hittebestendige fijnkorrelige materialen, die gemengd met een (vorm)bindmiddel, als vormzand worden aangeduid. Het vormzand wordt tegen een positief model aangedrukt (mechanisch en of onder luchtdruk) en verdicht. Nadat voldoende sterkte in de vorm is verkregen wordt hij van de modelplaat geheven, waarop deze voor een volgende vorm kan worden gebruikt.

Holle delen van het gietstuk worden gerealiseerd door in de gietvorm kernen te plaatsen. Deze worden aangemaakt met kernzand, wat eveneens een vuurvast fijnkorrelig materiaal is, gemengd met (kern)bindmiddelen. Voor elke kern wordt een negatief model gemaakt, de kerndoos, waarin het kernzand wordt verdicht onder invloed van luchtdruk.

De meest courante zandsoorten zijn:

- kwartszand;
- chromietzand;
- zirkoonzand.

Bindmiddelen kunnen worden opgedeeld naar:

- bentoniet (klei);
- harsen (zelfhardende, thermohardende en gashardende).

Naargelang de aard van de gieterij zijn volgende vormzanden doorgaans in gebruik:

- serieproductie: kwartszand + bentoniet (klei);
- handvormerij: kwartszand + hars (zelfhardend).

Courant vindt men in de kernproductie:

- serieproductie: kwarts- of chromiet- of zirkoonzand + hars (gas- / thermohardend);
- handvormerij: kwarts- of chromiet- of zirkoonzand + hars (zelfhardend).

Vormen en kernen kunnen plaatselijk of volledig worden gecoat om de oppervlakte-eigenschappen te verbeteren. Na drogen van de coating worden de vormen geassembleerd, kernen en eventuele andere inserts (filters, bussen, koelblokken,...) worden in de vorm geplaatst. Beide vormhelften worden tegen elkaar aangedrukt met klemmen of onder druk opdat zij tijdens de verdere manipulatie niet tov. elkaar zouden bewegen en om opendrukken onder invloed van de metaaldruk tijdens het gieten en stollen te belemmeren.

Tot slot vermelden we nog de procedés die met een verloren model werken:

- Lost Foam (verloren schuim): vormzand zonder bindmiddel en polystyreenmodel;
- Lost Wax (verloren was): plaaster of keramisch materiaal en wasmodel.

Door de jaren heen is een enorme variëteit ontwikkeld aan materialen voor de aanmaak van vormen en kernen. De verschillen liggen hoofdzakelijk op het vlak van verwerkingssnelheid, vormstabiliteit tijdens voor en na het gieten, milieu en gezondheid, recyclage, prijs en beschikbaarheid op de markt.

Elke gieterij kiest de vormtechniek in functie van haar productenpakket. Elke vormtechniek gebruikt grond- en hulpstoffen waarvoor deze techniek is ontworpen. Zo zal bijv. voor de productie van grote series van kleinere gietstukken (10-30 kg) gekozen worden voor een volautomatische vorm en een gietinstallatie die tientallen vormen per uur kan aanmaken. Men moet hier dus vormmaterialen gebruiken waarvan de uithardingstijd minimaal is om de korte taktijden te kunnen realiseren. Bovendien moet de herbruikbaarheid van het afgegoten zand maximaal zijn door het grote volume aan vormzand dat voor dergelijke productie vereist is. Wanneer men de kostprijs van de bindmiddelen mede in rekening neemt, blijkt dat bentonietgebonden vormzand het

meest aangewezen is. Uiteraard zullen ook alle andere installaties zoals de smeltovens, koellijnen, straalcabines edm. op deze productiecapaciteit moeten worden afgestemd.

De keuze van grond- en hulpstoffen is dus helemaal niet vrij, maar wordt opgegeven door de marktniche die een bedrijf wenst te benaderen.

3.3.3.1 Grond- en hulpstoffen

In wat volgt worden de grond- en hulpstoffen beschreven die courant gebruikt worden bij het maken van de verloren vormen en kernen.

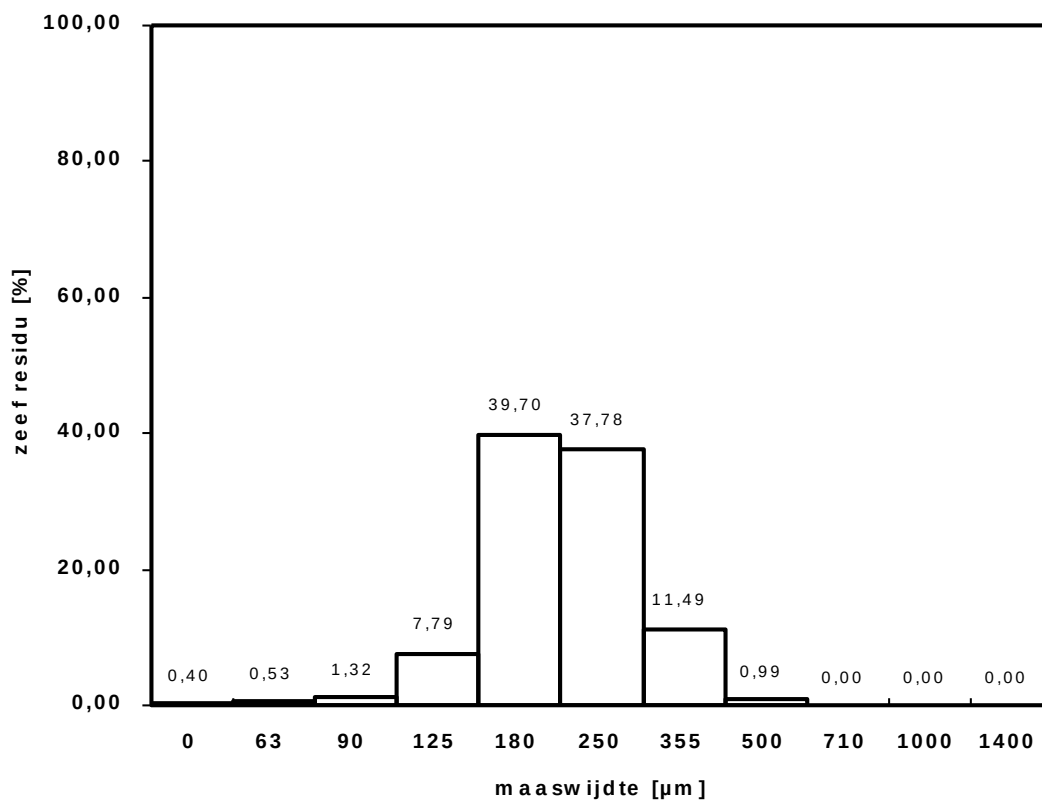
a Zandsorten

Vorm- en kernzanden die men vandaag in de gieterij gebruikt, worden hoofdzakelijk aangemaakt met kwartszand. In gevallen waar de eigenschappen van kwartszand ontoereikend zijn, vervangt men het door chromietzand of zirkoonzand. Dit is voornamelijk het geval bij kernen die zwaar thermisch belast worden of ter vervanging van koelblokken op moeilijk vormbare onderdelen van de gietvorm.

Naast enkele fysico-chemische aspecten is het belangrijkste aspect van een gieterijzand de zogenaamde granulometrie. Dit is de verdeling van de korrelgrootte. *Figuur 3.14* toont een typische geometrie voor kwartszand.

Uit deze korrelverdeling wordt het AFS-kengetal berekend dat de globale fijnheid van een zand aangeeft (AFS = American Foundry Society). Hoe hoger deze waarde hoe fijner het zand.

Kwarts zand - AFS55



Figuur 3.14: Korrelverdeling van een gieterijzand

Omdat fijner zand meer korrels per gram bevat, is ook de korreloppervlakte groter en moet er meer bindmiddel aan worden toegevoegd om een gietvorm te krijgen met eenzelfde eindsterkte. Men streeft er dus steeds naar een zo grof mogelijk zand aan te wenden dat toch een aanvaardbaar oppervlakte-aspect produceert. Courant gebruikt men zand met AFS fijnheid 50 tot 60, voor zeer gladde oppervlakken 90 tot 110.

De korrelvorm en consistentie zijn eveneens belangrijke kwaliteitsfactoren. Gladde korreloppervlaktes en meer bolle korrelvormen vergen eveneens minder bindmiddel-additie.

Een belangrijk aspect is dat bij hergebruik van afgegoten vormzand de granulometrische verdeling in stand gehouden wordt zodat niet zullen op termijn de mechanische (sterkte, stabiliteit) en specifieke giet-eigenschappen (gasdoorlaatbaarheid, penetratieneiging, vormwandbeweging) afnemen.

Kwartzand (SiO_2)

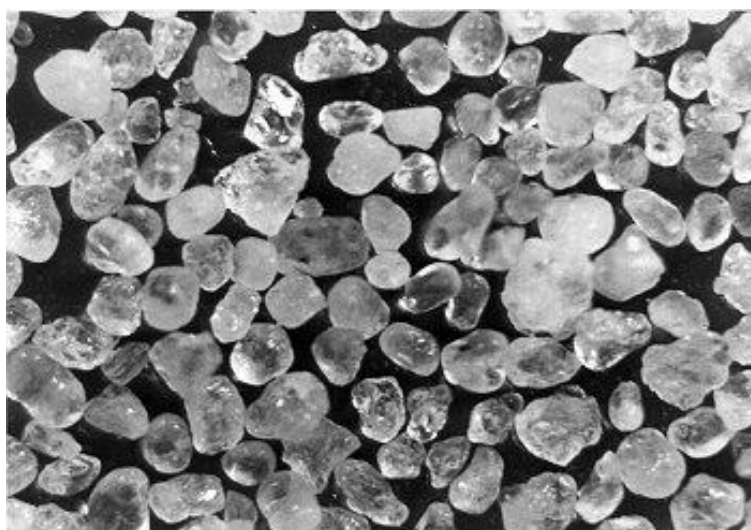
Beter bekend als "zilverzand" of "zand van Mol" is kwartzand in Vlaanderen van zeer hoge kwaliteit voldoende beschikbaar en tegen een gemiddelde kostprijs van ca. 1.300

BEF per ton (*bron 159*), wegens de korte transportafstanden van vindplaats tot verbruiker.

Het is in natuurlijke vorm aanwezig door erosie van kwartsrijke mineralen zoals graniet of kwartsiet, dat na wassing en hydrozeving gezuiverd (>98 % kwarts) en geklasseerd wordt.

Een belangrijk nadeel is de vrij belangrijke thermische uitzetting bij verhitting, waardoor de vormwand-beweging tijdens het gieten en stollen niet verwaarloosbaar is. Men is dan ook verplicht, zeker in het geval van kernen, speciale addities aan het vormzand toe te voegen om gerelateerde gietfouten te vermijden. Voorbeelden zijn houtmeel, ijzeroxide en afgegoten gieterijzand.

Kwartzsand heeft een neutraal gedrag en is compatibel met alle bindmiddelen en gebruikelijke gietlegeringen.



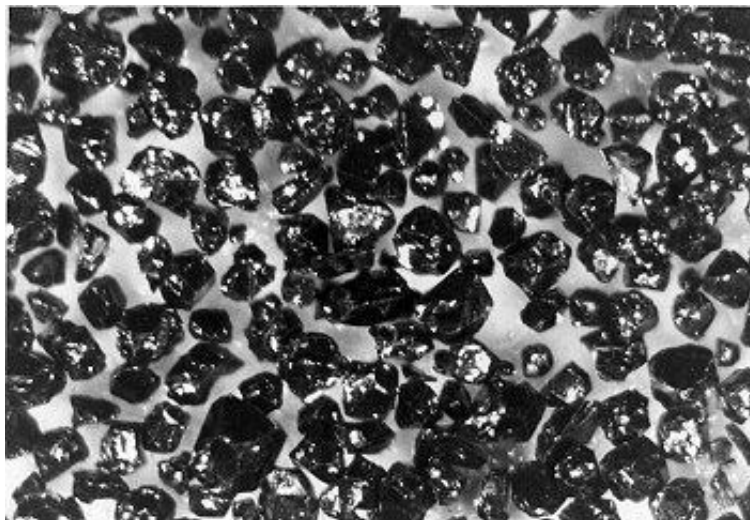
Figuur 3.15: Kwartzsand

Chromietzand ($FeCr_2O_4$)

Dit zand bekomt men door chroomerts te vermalen. De korrels zijn zwart en vertonen een typische polyedrische vorm. Het materiaal wordt gekenmerkt door een hoge densiteit en warmtegeleidbaarheid en lage thermische uitzetting, in vergelijking met kwartzsand.

Men gebruikt chromietzand voor thermisch zwaar belaste kernen of vanwege het sterke koelende effect waardoor lokale gietfouten kunnen worden vermeden.

Vindplaatsen zijn o.a. Zuid Afrika en Finland. Vanwege zijn chroomgehalte is het veel duurder dan kwartzsand, nl. ca. 10.000 BEF per ton (*bron 159*).



Figuur 3.16: Chromietzand

Zirkoonzand ($ZrSiO_4$)

Dit materiaal wordt, zoals kwartzand, in natuurlijke vorm teruggevonden en vertoont een afgeronde korreloppervlakte. Het vertoont nog betere eigenschappen dan chromietzand wat gieterijtoepassingen betreft.

In fijngemalen vorm, zirkoonmeel, is het een veel gebruikte basisgrondstof voor coatings en gietvormen voor precisiegietwerk (verloren was).

Vindplaatsen zijn gelegen in Australië, Noord Amerika en Zuid-Afrika, wat de kostprijs op ca. 16.500 BEF per ton brengt (bron 159).

b Bindmiddelen

Bentoniet

Bentoniet behoort tot de groep van vuurvaste kleisoorten. Zij weerstaan aan temperaturen tot 500 °C, zonder hun eigenschappen te verliezen. Het zijn gehydrateerde aluminiumsilicaten met een laagvormige structuur (fyoliet). In contact met water laten deze lagen los en ontwikkelen een zeer groot oppervlak. Vermengd met kwartzand, water en glanskoolvormer (zie verder) bekomt men kleigebonden vormzand, ook wel "groen zand" genoemd. De kleiplaatjes omhullen de korreloppervlakte volledig en doen de korrels aan elkaar kleven.

Dit type vormzand maakt meer dan 80 % van alle vormzanden uit, en wel om volgende specifieke redenen:

- voor het opbouwen van een mechanische sterkte volstaat een verdichting van het vormzand (aandrukken tegen de modelplaat). Er vindt geen (tijdrovende) chemische verdichting plaats, de eindsterkte van de vorm wordt onmiddellijk na de verdichtingsfase bereikt;
- dankzij de temperatuursbestendigheid van de bentoniet kan kleigebonden vormzand in hoge mate herbruikt worden;

- bentoniet is een naar verhouding goedkope grondstof.

Deze karakteristieken hebben de veelvuldige toepassing van kleigebonden zand in de serieproductie van de kleinere gietstukken bewerkstelligd, waarbij tevens een verregaande graad van automatisatie werd bereikt.

Bentoniet is een natuurproduct dat op veel plaatsen ter wereld ontgonnen wordt. Naargelang de samenstelling onderscheidt men de hoogwaardige natriumbentoniet en de calciumbentoniet van mindere kwaliteit. Doorgaans worden beide met elkaar vermengd om een voor de gieterij geschikt bindmiddel te vormen.

Harsen

In de laatste decennia zijn een waaier van chemische bindmiddelen ontwikkeld. Ze bestaan uit één of meer componentsystemen die (net als lijmsorten) in gepaste volgorde met gieterijzand worden vermengd tot alle korrels omhuld zijn door een dunne film. Direct na de omhulling volgt een uithardingsreactie, waardoor harsbruggen tussen de contactpunten van de korreloppervlakken een sterkte opbouwen, en de korrels aan elkaar verbinden. Men kan ze indelen naar de wijze van uitharding:

- *Zelfhardende bindmiddelen*: de uitharding geschiedt bij kamertemperatuur, in aanwezigheid van een versneller (katalysator) die één van de componenten van het bindmiddel vormt. Typische uithardingstijden bedragen 30 min tot enkele uren. Deze bindmiddelen worden in hoofdzaak voor vormproductie van kleine series aangewend, en ook voor zeer grote kernen.
- *Thermohardende bindmiddelen*: de uitharding gebeurt bij hogere temperatuur ($>180\text{ }^{\circ}\text{C}$) al dan niet in aanwezigheid van een versneller. Dit type vereist het gebruik van een metalen model dat met behulp van elektrische weerstanden of branders op temperatuur wordt gehouden. De reactie verloopt vrij snel (ordegrootte 30 s tot enkele min) en is daarom voor grote serieproductie geschikt. Belangrijk is echter dat de eindsterkte van de vormen zeer hoog is. Gezien de hogere productiekostprijs worden deze bindmiddelen nog enkel voor kernproductie aangewend waar sterkte en vormstabiliteit kritische factoren zijn.
- *Gashardende bindmiddelen*: de uitharding gebeurt bij kamertemperatuur onder invloed van een gasvormige versneller die door het vorm of kernzand wordt geblazen. Dit laatste wordt mogelijk gemaakt door in de modelplaat of kerndoos ontluichtingszeefjes te plaatsen zodat gasstroming doorheen de zandmassa mogelijk wordt. De uitharding verloopt quasi onmiddellijk en is dus uitermate geschikt voor serieproductie. Zij hebben in de voorbije 20 jaar de thermohardende bindmiddelen verdrongen vanwege de goedkopere productiekosten. Vanwege hun hogere prijsklasse beperkt hun gebruik zich voornamelijk tot de kernproductie, terwijl zij technisch gezien even goed als superieur vormmateriaal bruikbaar zijn, zij het dan met een beperking van de vormgrootte met het oog op de begassingmoeilijkheden.

Tabel 3.4: Overzicht van de verschillende bindmiddelen, de onderliggende procédés worden in de Vlaamse gieterij-industrie toegepast.

<i>Uitharding</i>	<i>Hars - procédé ("gebruiksnaam")</i>	<i>Vorm-productie</i>	<i>Kern-productie</i>	<i>Uithardings-temperatuur</i>	<i>Reactietijd (*)</i>	<i>Legeringen</i>	<i>Serie-grootte</i>
Zelfhardend	<u>Furaanharsen</u>	middel tot groot	soms	10 - 30 °C	10 - 120 min	ferro	klein tot groot
	<u>Fenolharsen</u>	groot	neen	10 - 30 °C	10 - 30 min	ferro	klein tot groot
	<u>Polyurethaanharsen ("Pepset/Pentex")</u>	klein tot middel	soms	10 - 30 °C	5 - 60 min	ferro + non-ferro	klein tot groot
	<u>Resolharsen ("Alfaset")</u>	klein tot groot	soms	10 - 30 °C	5 - 400 min	ferro + non-ferro	klein tot groot
	<u>Alkydharsen</u>	groot	soms	10 - 30 °C	50 min	staal	klein
	<u>Silicaatharsen</u>	middel tot groot	neen	10 - 30 °C	1 - 60 min	ferro	klein tot middel
Gashardend	Fenol/Furaanharsen ¹⁴ ("Hardox")	klein	ja	10 - 30 °C	onmiddellijk	ferro + non-ferro	alle
	<u>Polyurethaanharsen ("Cold Box")</u>	klein	ja	10 - 30 °C	onmiddellijk	ferro + non-ferro	alle
	<u>Resolharsen ("Betaset")</u>	klein	ja	10 - 30 °C	onmiddellijk	ferro + non-ferro	alle
	Acryl/Epoxyharsen ("Iso-set")	neen	ja	10 - 30 °C	onmiddellijk	ferro + non-ferro	alle
	<u>Silicaatharsen</u>	klein	ja	10 - 30 °C	onmiddellijk	ferro + non-ferro	alle
Thermohardend	<u>Olie</u>	klein	ja	180 - 240 °C	onmiddellijk	staal	klein
	"Warm box"	zelden	ja	150 - 220 °C	20 - 60 s	ferro	middel tot groot
	"Hot Box"	zelden	ja	220 - 250 °C	20 - 60 s	ferro	middel tot groot
	"Croning"	ja	ja	250 - 270 °C	120 - 180 s	ferro + non-ferro	groot

(*): d.i. de ontvormtijd: de periode waarin de vorm voldoende sterkte ontwikkeld heeft om van de modelplaat afgeheven te worden.

¹⁴ wordt niet toegepast voor capaciteiten < 20 ton/dag

c *Vormzandadditieven*

Om de vormeigenschappen te verbeteren worden bepaalde additieven aan het vormzand toegevoegd. De voornaamste worden hierna opgesomd.

Glanskoolvormer

Glanskoolvormers zijn mengsels van steenkoolpoeder, aardolieproducten en cellulose die aan kleigebonden zand worden toegevoegd (ordegrootte 0,1 à 0,2 %) met meerdere doelen voor ogen.

- het creëren van een inerte atmosfeer in de vormholte tijdens het gieten door het verbranden van organische producten, waardoor metaaloxidatie (slakvorming) afgeremd wordt;
- het verminderen van de metaalpenetratie tussen de kwartskorrels door de afzetting van een grafietfilm (glanskool) op de korreloppervlakte, waardoor een glad gietstukoppervlak verkregen wordt;
- het verminderen van de hoeveelheid zand dat aan de gietstukken blijft kleven na het uitbreken van de gietvorm.

Harsen zijn organische producten en bevatten vanzelf een voldoende hoog glanskoolvormend vermogen. Zij hebben dus geen extra toevoeging nodig.

Cellulose

Houtmeel of maïsmeel toegevoegd aan vormzand zal, blootgesteld aan de hoge temperaturen die optreden tijdens het gieten, verbranden en zodoende plaats vrijmaken voor de expanderende kwartskorrels. Op deze wijze voorkomt men de opbouw van drukspanningen in de vorm die zouden leiden tot ontoelaatbare vervormingen of het uitbreken van zanddelen uit de gietvorm.

Ijzeroxide

Ijzeroxide reageert op hoge temperatuur met kwarts en vormt een laagsmeltende verbinding, fayaliet, genaamd. Dit is een plastisch glasachtig product dat de korrels aan elkaar doet sinteren. Het wordt voornamelijk bij de kernzanden gebruikt om het ontstaan van vinnen te vermijden. Het risico bestaat namelijk dat de kern door ongelijkmatige opwarming gaat barsten. Vloeibaar metaal stroomt dan in deze barst en vormt een vin in de kernholte die moeilijk verwijderbaar is.

d *Coatings*

Coatings zijn deklagen die op bepaalde delen van de vormholte en kernen worden aangebracht met als doel een betere oppervlaktekwaliteit van het gietstuk te bewerkstelligen. Onder kwaliteit kan zowel het visuele (ruwheid) als het metallurgische aspect (metaal - vormwand reacties) verstaan worden. Zij worden voornamelijk gebruikt om de nabewerking van de gietstukken te beperken.

Deze producten zijn een mengsel van volgende componenten:

- een fijn verdeelde vaste fase zoals talk of grafietpoeder, zirkoon of kwartsmeel,...;
- een vloeibare drager: isopropylalcohol (isopropanol, ethanol) of water;
- een bindmiddel: waterglas, bentoniet, harsen,...;
- een suspendermiddel: bentoniet, polymeren;
- additieven: schuimremmers, biocides, tensioactieve stoffen.

Het aanbrengen gebeurt door vloeien, dompelen of kwasten. Vervolgens moet de vloeibare drager ontwijken door drogen of affakkelen (alcoholen). Om redenen van VOS-emissies wordt steeds meer overgeschakeld naar solventarme (hoge dichtheid) of vrije coatings (watergedragen). Deze omschakeling is echter niet vanzelfsprekend. Een hoger gehalte aan vaste fase leidt tot onregelmatige laagdiktes, terwijl voor watergedragen deklagen er een geconditioneerde droogruimte en voldoende tijd moet zijn vanwege de langere droogtijd. Kwalitatief gezien zijn watergedragen coatings nog steeds minder performant dan de solventgedragen.

e *Vorminserts*

Verschillende elementen kunnen in een gietvorm worden geplaatst met verschillende doeleinden.

Keramische bussen

Bij grote gietvormen waar relatief lange vultijden nodig zijn, stroomt er een grote hoeveelheid metaal door het gietsysteem. Hierdoor worden zandkorrels van de vormwand losgemaakt en meegesleurd in het metaal. Dit leidt tot insluitsels in het metaal waardoor kwaliteitsproblemen optreden.

Om aan dit euvel te verhelpen voert men de meest kritische delen van een dergelijk gietsysteem uit met keramische bussen die een veel betere weerstand bieden tegen de hoge temperaturen en de ferrostatische drukken.

Isolerende en exotherme opkomerbussen

Zoals reeds aangehaald moeten voor de meeste metaallegeringen maatregelen genomen worden om te voorkomen dat er krimpfouten ontstaan in het gietstuk. Doordat gedurende de afkoeling en de stolling de meeste metaallegeringen krimpen en omdat bij zwakkere gietvormen (bentonietgebonden vormzand) de gietholte vergroot door de expansie van de kwartskorrels ontstaat tijdens de stolling een tekort aan vloeibaar metaal om de volledige vorm te vullen. Het gevolg is dat zogeheten slinkfouten ontstaan. Dit zijn zones in het gietstuk die holtes of porositeiten vertonen.

Om dit te verhelpen worden op strategische plaatsen zogenaamde opkomers geplaatst die zo gedimensioneerd zijn dat zij als laatste stollen. Het krimpende gietstuk onttrekt tijdens de stolling vloeibaar metaal aan de opkomers, waardoor de slinkfouten als het ware opschuiven naar de opkomers.

Deze ingreep heeft tot gevolg dat er voor het produceren van een gietstuk relatief veel meer metaal moet worden ingesmolten dan het eigenlijke gewicht van het gietstuk zelf. Dit extra materiaal verlaagt het gietrendement. Bovendien verhoogt de arbeid in de nabewerkingsfase omdat alle opkomers moeten worden verwijderd. Men tracht dan ook het gietrendement te verbeteren door gebruik te maken van bussen die omheen de opkomer worden geplaatst en die ervoor zullen zorgen dat de stoltijd ervan verlengd wordt. Hierdoor zijn kleinere of zelfs minder opkomers nodig.

Isolerende bussen verlagen de warmtegeleidbaarheid tussen opkomermetaal en gietvorm. Zij bestaan uit gebonden vezelachtige producten met sterke warmte isolerende eigenschappen.

Exotherme bussen zijn isolerende bussen waaraan reactieve metaal poeders zijn toegevoegd zoals Fe, Al en Mg. In contact met het hete gietmetaal ontbranden zij spontaan en staan daarbij warmte af aan het opkomermetaal waardoor dit in temperatuur stijgt. Nadat zij zijn "uitgebrand" fungeren zij nog verder als warmte isolatiemateriaal.

Een belangrijke eigenschap is dat de eindsterkte van deze bussen voldoende groot moet zijn opdat zij tijdens het uitbreken van de vorm niet in de vormzandmassa zouden terechtkomen. Een te grote toevloed van deze uitgebrande vezels heeft immers een contaminerend effect op het vormzand en verkleint zijn mogelijkheden voor hergebruik.

De bussen worden ofwel direct met de gietvorm meegevormd, door ze op de modelplaat te bevestigen, ofwel worden ze in de vorm geplaatst in een uitsparing voorzien op de modelplaat.

Filters

Bepaalde metaallegeringen zoals nodulair gietijzer, staal en aluminium zijn sterk oxidevormend bij contact aan de lucht, of reageren met de vuurvaste bekleding van de gietpan met vorming van slakdeeltjes.

Opdat deze verontreinigingen, gevormd tijdens de verschillende stappen van het gietproces niet in de gietholte zouden terecht komen, plaatst men in het gietsysteem een keramische filter die de slak en oxidedeeltjes grotendeels vangt en vasthoudt.

3.3.3.2 Bentonietgebonden vormzanden

a Beschrijving

Dit vormprocédé valt onder de "verloren vormen met duurzaam model".

Bentonietgebonden vormzand bestaat uit een mengsel van:

- kwartszand 75 - 85 %
- bentoniet 5 - 11 %
- water 2 - 4 %
- glanskoolvormer 0 - 1 %
- inert slib 3 - 5 %

Het is niet zo dat men vertrekt van nieuwe componenten. Het is pas nadat hetzelfde vormzand meerdere malen herbruikt wordt dat zijn eigenschappen ten volle tot ontwikkeling komen (zie verder).

Wanneer men een bentonietgebonden zand afgiet, zal een gedeelte van de actieve componenten verbranden of ontwijken zoals water, bentoniet en glanskoolvormer.

Wil men dit zand opnieuw gebruiken dan moet dit verlies gecompenseerd worden door toevoeging van de verloren elementen. En dit is wat men in de praktijk toepast. Na het uitbreken van de gietvormen wordt het zand eerst heropgewerkt. Deze behandeling staat bekend onder zandregeneratie. In opeenvolgende fasen wordt het:

- **gegranuleerd:** dit is het breken van alle nog samengehechte brokken zand in een korrel per korrel toestand. Dit gebeurt doorgaans in triltrommels, cilindrische vaten waarin zandagglomeraten door vibratie uiteenvallen;
- **ontstoft:** de fijne fractie (inerte slib + actieve componenten) die niet aan de kwartskorrels is vastgehecht wordt ten dele verwijderd. Dit gebeurt door het stof dat vrijkomt in de triltrommels te vangen in een filterinstallatie. Soms worden ook wervelbedden gebruikt waarbij het stof door middel van een luchtstroom weggeblazen wordt;
- **ontijzerd:** via bandmagneten worden ijzerdeeltjes uit het zand gehaald;
- **gekoeld:** dit kan gebeuren door wervelbedden of door injectie van water in de zandmassa dat door verdamping warmte aan het zand onttrekt;
- **gezeefd:** op de zogeheten polygoonzeef worden kernresten verzameld die niet in de triltrommel werden vernietigd;
- **gehomogeniseerd:** tijdens de opslag van het zand wordt ervoor gezorgd dat het materiaal, afkomstig van verschillende gietingen zoveel mogelijk gehomogeniseerd wordt. Men gebruikt hiervoor verschillende systemen zoals doorlopmengers, permuterende opslag in kleine bunkers, grote bunkers met een recirculatiesysteem.

Eens het geregenereerde zand in de voorraadbunkers is opgeslagen wordt het vandaar geleid naar de zandbereiding. In een menger wordt 0,5 tot 1,5 ton geregenereerd zand gestort, en daaraan worden, in gepaste doseringen, water, bentoniet, kwartszand (zie verder: zandverversing) en glanskoolvormer toegevoegd. Het geheel wordt gemengd in

enkele minuten. Daar een zo goed mogelijke dispersie van de verschillende elementen moet worden bewerkstelligd zijn speciale mengers nodig. Men onderscheidt:

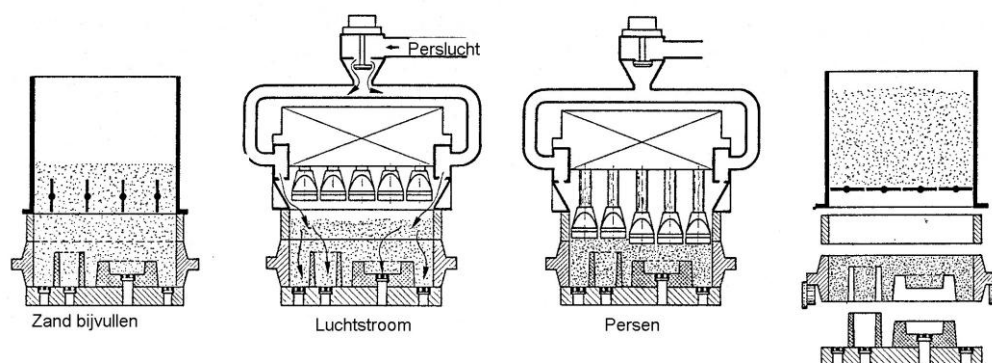
- de kollermenger: in de trommel bevinden zich twee of meer kneedwielen die over de massa heen roteren om een horizontale as. Spatelvormige elementen doen het zand van onder naar boven bewegen zodat een innig contact tussen de verschillende componenten ontstaat. Qua menging geven zij het beste resultaat, maar hun capaciteit (ton per uur) is vrij beperkt.
- de hoge snelheidsmenger: bestaat eveneens uit een trommel waarin verschillende vertande lichamen en of kneedwielen aan hoge snelheid om hun verticale as draaien. Ook hier beweegt een roterende arm voorzien van spatels het zand van onder naar boven. Hun mengvermogen is minder goed maar de capaciteit is hoger.

Eens het vormzand bereid is, wordt het onmiddellijk naar de vormmachine doorgevoerd met open transportbanden; het mag tijdens dit transport zo weinig mogelijk uitdrogen.

Het principe van vormen is vrij eenvoudig. Het volstaat het vormzand in een metalen vormraam over de modelplaat uit te spreiden, de vormkast volledig te vullen en het materiaal aan te drukken. Door het uitoefenen van een drukkracht worden de zandkorrels tegen elkaar aangedrukt en de bentoniet houdt hen op deze plaats. De zo bekomen vormhelft wordt van het model gescheiden door het bij het vormraam op te lichten. De praktijk is echter minder eenvoudig. De moeilijkheden zijn van velerlei aard. Het vormzand moet overal aan de modelplaat aansluiten, zoniet ontstaan vormfouten. Bovendien moeten ook de dieper liggende delen van het model voldoende verdicht kunnen worden omdat anders de vormstijfheid lokaal onvoldoende is, waardoor vormdelen kunnen uitbreken bij het verwijderen van het model (ontvormen). Het ontvormen dient heel secuur te gebeuren zoniet kan de zandvorm klemmen en beschadigd worden.

Ook hier zijn in de laatste decennia verschillende oplossingen bedacht. Zo zal men doormiddel van trillen en schokken (oud systeem) het vormzand in alle modelonderdelen trachten te bewegen. Dergelijke "ruttelpers" machines zijn grotendeels vervangen geworden vanwege het lawaai en de trillingen die zij veroorzaken, hun relatief kleine capaciteit (aantal vormen per uur) en de zware sollicitatie waaraan de modellen worden blootgesteld waardoor zij snel slijten of beschadigd worden. Bij nieuwere systemen gebruikt men hiervoor gerichte persluchtstromen of impulsen die tevens voor een voorverdichting zorgen.

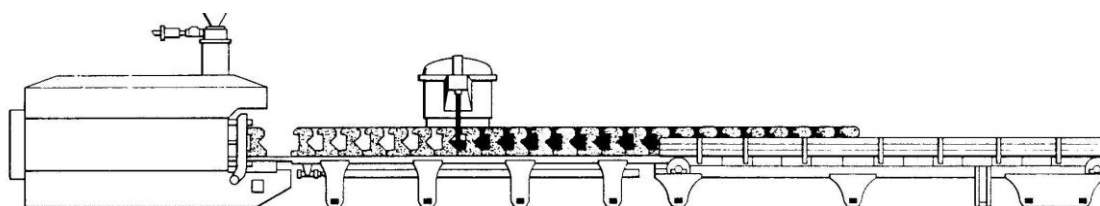
De uiteindelijke verdichting wordt mechanisch bewerkstelligd dmv. een drukplaat die het zand aandrukt. Deze kan ook uitgevoerd zijn in de vorm van een reeks hydraulische stempels die in matrixvorm zijn opgesteld, of door een flexibel membraan. Hierdoor kan men de drukkracht lokaal aanpassen aan de modelgeometrie.



Figuur 3.17: Seitsu vormprincipe

Na het aandrukken wordt de vormkast van het model afgeheven, en komt het model vrij voor een volgende vorm. Het is door deze snelheid waarmee het vormzand zijn sterkte bereikt dat het materiaal uitermate geschikt is voor de grote serieproductie, zeker in volautomatische systemen. Het volstaat dat het materiaal op gepaste wijze wordt verdicht. Bij harsgebonden vormzanden is deze tijd langer omdat er een chemische uithardingsreactie moet plaatsgrijpen. Een model blijft dus langer bezet, de vormcapaciteit is vaak een ordegrrootte kleiner. Dit is de voornaamste reden waarom geen alternatieven bestaan voor het bentonietgebonden vormzand.

Een speciaal geval is het zogeheten kastenloze vormen. Door het verhogen van het bentonietgehalte in het vormzand kan men gietvormen realiseren (met verticaal deelvlak) zonder metalen vormraam. Na het vormen worden de vormen (met verticale deellijn) rug aan rug op een transportsysteem geduwd dat gesynchroniseerd loopt met een gietoven. Telkens een vorm afgegoten is, schuift de reeks één vormbreedte op en wordt een nieuwe vorm op de rij geplaatst. Op het einde van de giet- en koellijn valt er tegelijkertijd een gekoelde vorm op het uitschudrooster. Hoewel beperkt qua gietstukgewicht (<50kg) zijn deze machines uitermate productief en worden capaciteiten tot meer dan 300 vormen per uur behaald.



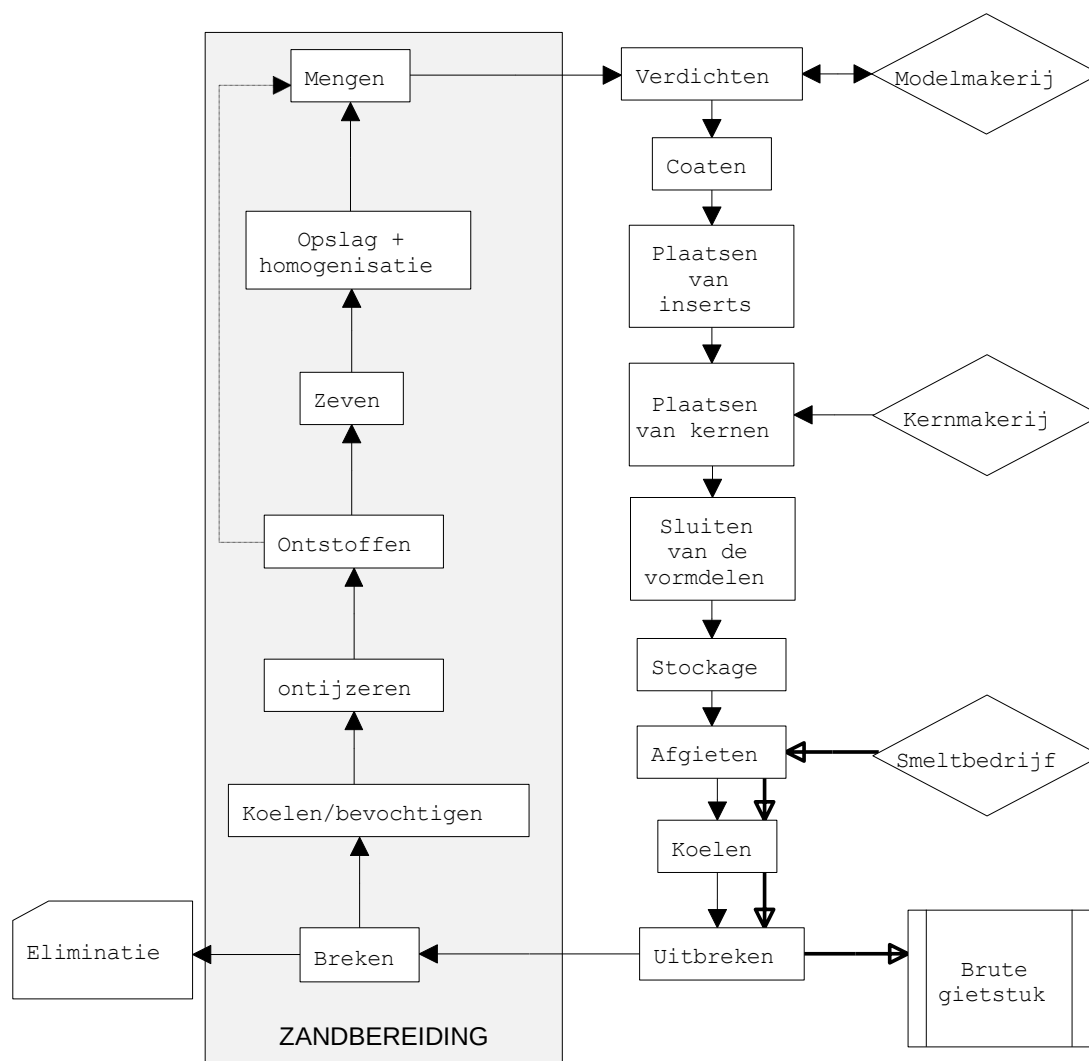
Figuur 3.18: Kastenloze vormen (Disa)

b Vormzandkringloop

Zoals vermeld wordt kleigebonden zand in hoge mate herbruikt (>95 %). Dit is noodzakelijk omdat het mengsel van de verschillende constituenten pas na een voldoende aantal cycli zijn kwaliteit als vormzand verkrijgt.

Een bijzondere rol wordt hier vervuld door de bentoniet. Onder invloed van de gietwarmte zal in het zand een temperatuursveld ontstaan dat van de hoge metaaltemperatuur in het contactvlak zand/metaal naar buiten toe afneemt. In dat deel van de gietvorm dat boven de 800 °C wordt verhit zal de bentoniet als het ware vastbakken omheen de zandkorrels. Tussen de 800 en 500 °C verliest het zijn kristalwater en verliest hij hierdoor op irreversibele wijze zijn bindend vermogen. Men zegt dat de bentoniet is doodgebrand, en deze fase blijft als stof (slib) in het zand achter. Beneden de 500 °C droogt de bentoniet eveneens uit maar doordat zijn kristalwater gebonden blijft, behoudt deze fractie haar bindend vermogen, op voorwaarde dat zij opnieuw bevochtigd wordt.

Deze fenomenen hebben een gunstige werking op de karakteristieken van het vormmateriaal. De aangebakken kleilaag vermindert de netto zandexpansie bij opwarming. De aanwezigheid van stof verbetert de oppervlakteruwheid en maakt de mechanische eigenschappen van het vormmateriaal minder gevoelig aan mogelijke schommelingen van het watergehalte.



Figuur 3.19: Bentonietgebonden vormzandkringloop

Hergebruik van het zand biedt door de opeenvolgende mengingen de mogelijkheid om de bentoniet volledig te ontsluiten en zijn bindende eigenschappen te ontwikkelen, waardoor met minder bentoniet dezelfde (mechanische) vormeigenschappen kunnen worden bewerkstelligd.

Nochtans moeten bovenvermelde effecten beheerst worden. Te veel stof in het zand of teveel aangebakken bentoniet op de korrels zullen onvermijdelijk tot giet- en vormfouten leiden. Dit is een van de redenen waarom het vormzand moet worden "ververst", dwz. stelselmatig en in kleine hoeveelheden vervangen door nieuw zand. Het verversen van het zand is dus een noodzakelijke ingreep om de zandsamenstelling te handhaven. Een andere reden is dat de kwartskorrels onder invloed van de opeenvolgende thermische en mechanische belastingen geleidelijk aan verkleinen door breuk en slijtage. Verversing laat dus ook toe om de granulometrie van het zand te behouden.

De zandverversing kan automatisch verlopen bij kernintensief gietwerk. Kernen worden immers vervaardigd met nieuw zand en hoogwaardige harsen. Dit is enerzijds nodig omdat deze elementen sterk thermisch en mechanisch worden belast tijdens het gieten. Te zwakke bindmiddelen geven aanleiding tot vervorming of breuk van de kern, met uitval voor gevolg. Men kan hierbij opmerken dat de geometrie van een kern vastligt. Bij gietvormen kan men de vormwanddikte verhogen om de stijfheid te vergroten. Voor kernen zijn de dimensies bepaald door de stukmaten, en kunnen zij niet worden verzwakt. Na het afkoelen van het metaal mag het kernbindmiddel geen sterkte meer vertonen zodat het kernzand makkelijk uit de gietstuk holte te verwijderen is. Bentoniet is voor kernproductie dan ook ongeschikt. Het heeft een te lage sterkte voor het gieten, en een te hoge eindsterkte.

Het losse kernzand vermengt zich tijdens het uitbreken met het vormzand, waardoor een verversing optreedt. Vanzelfsprekend moet voor iedere kg toegevoerd kernzand een kg vormzand worden verwijderd, zoniet stijgt de massa van het in omloop zijnde vormzand voortdurend.

Bij kernloos gietwerk wordt in de menger een gedoseerde hoeveelheid nieuw zand toegevoegd. Ook hier moet dan in gelijke mate vormzand worden verwijderd.

Het verwijderde vormzand is als industriële afvalstof gecatalogeerd, en moet via de gepaste procedure worden afgevoerd. Het is voor de gieterij echter nog bruikbaar materiaal doch het moet worden verwijderd omdat er een overschot ontstaat.

Het beheersen van de zandkwaliteit in een kringloop is een vakmanschap. Men zal dan ook in iedere gieterij een verschillend regeneratiesysteem en werkmethode terugvinden dat door de jaren heen is opgebouwd en voldoet aan de specifieke noden van het individuele bedrijf.

Een hulpmiddel is de zogeheten zandbalans. Dit is een schematische weergave van alle in- en outputstromen van de zandkringloop. Deze laat toe de gepaste doseringen van de verschillende componenten als bentoniet, glanskoolvormer e.a. te berekenen, en hun langere termijn effecten te evalueren. Kwaliteitscontroles van het vormzand geven een beeld weer van de actuele zandeigenschappen. Gecombineerd laten beide technieken toe de voor de gieterij meest gunstige mix te bepalen en te bestendigen.

c *Voordelen*

- lage kostprijs van de grondstoffen;
- gebruiksgemak;
- eigenschappen aanpasbaar aan productie, door componentdosering;
- hoge mate van hergebruik.

d *Nadelen*

- hoge investeringskosten en energieverbruik van de installaties;
- relatief lage vormsterkte.

3.3.3.3 Harsgebonden zelfhardende vormzanden

a *Beschrijving*

Organische bindmiddelen, harsen, bieden tegenover bentoniet het grote voordeel dat zij een veel hogere sterkte ontwikkelen in de gietvorm. Bentonietgebonden vormzand is nl. ongeschikt voor de productie van gietstukken waar de vormsterkte hoog moet zijn zoals bij:

- grote gietstukken: waar de vorm het eigen gewicht en dat van het metaal en de ballastgewichten moet kunnen dragen;
- kleine complexe gietstukken, bijv. met diepe vinnen aan het oppervlak;
- dunwandige gietstukken die hoge maat- en vormnauwkeurigheid vereisen.

In deze gevallen zal men zijn toevlucht nemen tot harsen.

De productiemethode met dit type van bindmiddelen verschilt grondig van het bentonietgebonden vormzand.

Vooreerst wordt het kwartszand gemengd met de verschillende componenten van het hars: een reactief polymeer en een harder (versneller, katalysator). De mengenergie ligt hier veel lager omdat er geen kneed- en smeereffecten nodig zijn zoals bij bentoniet. Men gebruikt hiervoor hoofdzakelijk schroefmengers. Zij bestaan uit roterende Archimedes-schroeven in een aangepaste behuizing, die het zand voortbewegen vanuit een bunker naar de mengermond. Op bepaalde plaatsen worden de vloeibare harscomponenten geïnjecteerd via doseerpompen, welke zich met het voortschrijdende zand innig vermengen. In kleinere toepassingen gebruikt men kuipmengers waarin de componenten batchgewijze worden gemengd met een rotor.

Het gemengde zand wordt in de vormkast (metalen vormraam geplaatst op de modelplaat) vanaf een zekere hoogte gestort en met de hand verspreid en aangedamd. Doordat deze zanden veel "vloeibaarder" zijn sluiten zij veel makkelijker aan bij de oppervlakte details van het model. De sterkteopbouw ontstaat door een chemische reactie en niet door extra verdichtingsenergie.

Van zodra de harscomponenten met elkaar in contact komen start de uithardingsreactie. Ook al is deze in het begin traag, toch moet een vormkast zo snel mogelijk worden gevuld. Nadat alle zandkorrels op hun plaats zitten worden zij door harsbruggen aan

elkaar verbonden. Na verloop van tijd is de opgebouwde vormsterkte voldoende groot om de modelplaat te verwijderen door het lichten van de vormkast. Men wacht niet tot de harding volledig is om twee redenen. Enerzijds moet het model zo snel mogelijk kunnen gebruikt worden voor de aanmaak van een volgende vorm, anderzijds beschikt de nog zwakke vorm over een zekere elasticiteit, waardoor het ontvormen makkelijker verloopt.

Voor de kleinere gietstukken wordt in de vormerij vaak gebruik gemaakt van de "carrousel" opstelling. Dit is een draaiend plateau waarop de verschillende bewerkingen kunnen worden uitgevoerd. Op het plateau liggen verschillende modellen die beurtelings worden gevuld vanuit de zandmenger. Naarmate zij verder roteren harden ze uit tot ze het ontvormstation bereiken. Vandaar worden de gietvormen van de modelplaat geheven en op een rollenbaan geplaatst waar ze, na het eventueel coaten en plaatsen van inserts, worden gesloten en (manueel) afgegoten. De vrijgekomen modellen hebben dan 360° geroteerd en beginnen aan een nieuwe vorm cyclus.

Grote gietvormen worden in de buurt van de menger gevormd, ontvormd en verplaatst met de rolbrug.

Gezien de vele manuele arbeid die hier wordt verricht spreekt men vaak van de hand-vormerij. Deze komt typisch voor in de "jobbing" gieterij waar mono tot kleine series worden geproduceerd. Het spreekt vanzelf dat het aanzicht en de inrichting van een dergelijke gieterij volledig verschillend is van de hooggemechaniseerde gieterij met bentonietgebonden vormzand.

Het afgieten van de vormen geschiedt met behulp van gietpannen die aan de rolbrug worden bevestigd en naar de vorm toe verplaatst worden vanaf de smeltoven, waar ze gevuld worden. De vormen blijven dus staan tijdens het gieten en afkoelen. Uiteindelijk worden ze getransporteerd naar het uitbreekrooster waar de zandvorm onder mechanische trillingen verbrijzeld wordt en het gietstuk vrijkomt.

b Vormzandkringloop

Ook hier wordt het zand van het uitbreekrooster aan een regeneratiebehandeling onderworpen teneinde het te kunnen hergebruiken. In triltrommels wordt het verkorreld, ontstoft en gezeefd en met pneumatische transportsystemen naar opslagbunkers gevoerd. Normaal is een extra koeling van het zand onnodig, daar de rotatiesnelheid kleiner is dan in de serie productie. Het heeft voldoende tijd om af te koelen gedurende de opslag.

In de menger wordt in de gepaste hoeveelheid nieuw zand toegevoegd aan het geregenereerde zand. Deze "verversing" heeft echter een andere reden dan bij het bentonietgebonden vormzand. Omdat op de korrels harsresten zijn nagebleven zou geregenereerd zand, na menging met een zelfde hoeveelheid hars nooit dezelfde sterkte opbouwen dan met nieuw zand. Enerzijds omdat de uithardingsreactie verstoord wordt door de contaminatie in het zand, anderzijds omdat de nieuwe harsbruggen niet aan een zuiver kwartsoppervlak hechten. Bovendien wordt door de contaminatie in het zand de uithardingstijd beïnvloed, waardoor het mengsel een te korte of te lange verwerkbaarheidstijd (bench life) krijgt.

De harsdosering is verschillend naargelang het harstype, de gewenste eigenschappen van het mengsel (ontvormtijd, uithardingstijd, eindsterkte) en de uithardingsomstandig-

heden (temperatuur, luchtvochtigheid). Zo zullen voor de meeste harstypes speciale formules samengesteld worden naargelang de toepassing (legering, grootte van de gietstukken,...) en het seizoen of klimaat.

De harsdosering ligt gemiddeld tussen 1 à 3 % en wordt vanwege economische (kostprijs) en giettechnische redenen bewust minimaal gehouden.

Een belangrijke factor is de zandtemperatuur. Optimale verwerkingstemperaturen liggen tussen de 20 à 25 °C. Dit houdt in dat de harsdosering dan minimaal is. Hoewel de techniek niet eenvoudig in de praktijk te brengen is, verkiezen sommige gieterijen de zandtemperatuur te controleren door middel van koelers of warmtewisselaars.

Afhankelijk van het harstype dat men aanwendt, moet 10 tot 60 % geregenereerd zand worden vervangen door nieuw zand.

Er bestaan technieken om de contaminatie van het geregenereerde zand verder te verminderen, waardoor de verversingsgraad vermindert kan worden. In dit geval spreekt men van zandrecuperatie (zie daar).

c Voordelen

- gebruiksgemak, met relatief weinig middelen;
- sterke en stijve gietvormen;
- regelbare uithardingstijden door componentdosering;
- grote variëteit van harstypes.

d Nadelen

- gezondheids- en milieurisico's bij gebruik van sommige reactieve producten;
- relatief hogere kostprijs;
- beschikbaarheid;
- beperkte gebruiksduur van vormzand en harsen;
- relatief trage uitharding waardoor de benutbaarheid van het model klein is. Men ontvormt van zodra de vorm voldoende sterkte heeft om zijn eigengewicht te kunnen dragen. De uitharding geschiedt contactloos, wat een risico op dimensionele vormfouten inhoudt.

e Soorten

Tabel 3.5: Samenvatting van de meest courante soorten zelfhardende zanden

Soorten zelfhardende zanden
natriumsilicaat-ester
furaanharsen
fenolharsen
polyurethaanharsen (Pepset)
alkydharsen
resol-ester harsen (Alfa Set)

Natriumsilicaat-ester

Natriumsilicaat wordt geproduceerd door een reactie tussen NaOH en Si(OH)_4 . Deze zouten zijn glasachtig en worden, voor gieterijtoepassingen, opgelost in water. Een waterglas wordt gekenmerkt door zijn:

- modulus: de gewichtsverhouding van silica/natriumoxide: $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$;
- concentratie: het gehalte aan droge stof : $(\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{O}) / (\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O})$.

Het is voldoende om de modulus en de concentratie te kennen om een natriumsilicaat exact te kunnen definiëren (d.w.z. zonder toevoegingen) bijv. modulus 2,4 en concentratie 44 %.

De uitharding wordt bekomen door twee mechanismen: verlaging van de pH en uitdroging. Men mengt hiertoe een polyalcohol-ester met het waterglas (basisch). Dit ester bestaat uit een mengsel in variabele verhoudingen van mono-, di- en triacetaat van glycerol. Men kan ook een ethyleen-glycolester of nog een methylester van verschillende zuren gebruiken. De uitharding komt als volgt tot stand:

- in eerste instantie hydrolyseert het ester, dat heel oplosbaar is, in het basische natriumsilicaat, en splitst in twee componenten: bijv. azijnzuur en glycerol (of glycerine);
- vervolgens doet het vrijgekomen azijnzuur het silicaat gelifiëren, door verlaging van de pH (neutralisatie van NaOH). De silicaten vormen een instabiel polykieselzuur, dat tenslotte polycondenseert.

Naargelang de gewenste reactietijd kiest men een ester (snel- of traagwerkend) en een silicaat met hogere of lagere modulus. Men bekomt zo uithardingstijden van 20 minuten tot 3 uur.

Toepassing

Silicaat-ester vormzand vindt zijn toepassingsgebied in vormen en kernen van middelgrote tot grote stukken, voor middelgrote en kleine reeksen. Het kan voor alle legeringen gebruikt worden, maar vooral voor gietstaal, roestvaste en mangaanstalen inbegrepen. De resultaten die men bekomt in de ijzergieterij zijn meer variabel. Blijkbaar worden ze beïnvloed door de giettemperatuur, en de geometrie van de kernen.

Voordelen

- silicaatzand heeft naar het milieu toe een volkomen inert karakter;
- relatief lage kostprijs;
- niet toxisch en geen onaangename geur of rookgasemissies tijdens afgieten;
- weinig gevoelig aan onzuiverheden in het zand;
- compatibel met alle zanden (kwarts, chromiet, zirkoon,...);
- de uitharding is minder gevoelig aan temperatuurschommelingen, wat niet het geval is bij andere harsen.

Nadelen

- de uithardingstijd is vergelijkbaar met die van de overige zelfhardende harsen, maar de mechanische eigenschappen zijn slechter, vooral onder buigingbelasting;
- zoals alle zanden op basis van natriumsilicaat, is het moeilijk om uit te breken en te ontkernen. Deze eigenschap kan iets verbeterd worden door toevoeging van organische additieven;
- de kernen hebben de neiging om vochtigheid op te nemen. Dit verbiedt het gebruik van waterige deklagen;
- de moeilijke recuperatie van het zand.

Furaanharsen

Deze harsen worden gemaakt uit veelvuldige combinaties, die steeds furfurylalcohol als basismonomeer bevatten:

- zuivere furfurylalcohol (FA);
- formol-furfurylalcohol (F-FA);
- ureum-formol-furfurylalcohol (UF-FA);
- ureum-formol-fenol-furfurylalcohol (U-F-P-FA);
- resorcine-furfurylalcohol (R-A).

Daarnaast vindt men additieven zoals:

- water (5 à 15 %);
- silanen (0,1 tot 0,2 %), om de verbinding hars-kwartskorrels te verbeteren.

De rol van de verschillende componenten staat hierna aangegeven:

- **Furfurylalcohol** bevordert de stockage-eigenschappen van het hars; vermindert de viscositeit, verbetert de bevochtiging van de zandkorrels, en vergemakkelijkt het mengen. De uithardingssnelheid verhoogt, de warmvastheid vergroot en de gasontwikkeling vermindert; de kostprijs stijgt.
- **Fenol** verhoogt de warmvastheid maar maakt het uitbreken moeilijker (de ontbindingstemperatuur van fenol is hoog).
- **Formol** verhoogt de reactiviteit en verlaagt de prijs.
- **Ureum** verbetert het uitbreken en ontkernen, vermindert de scheurgevoeligheid in gietstaal (door zijn lage ontbindingstemperatuur) en verlaagt de prijs. Het is een stikstofbron, wat zijn toepassing beperkt in de staal- en ijzergieterij.
- **Resorcine** verhoogt de reactiviteit sterk: de uitharding gebeurt in enkele minuten.

Deze harsen harden uit door toevoeging van katalysatoren, mengsels van verscheidene zuren, waaronder:

- **minerale zuren:** fosforzuur en zwavelzuur;
- **organische zuren:** zwavelige zuren zoals paratolueen-sulfonzuur (PTSA), benzeen-sulfonzuur e.d.

Toepassing

Het toepassingsgebied van zelfhardende furaanharsen omvat de vormen en kernen van kleine en middelgrote reeksen van middelgrote en grote stukken in alle legeringen, met beperkingen voor staal omwille van het risico op pinholes en scheuren.

Voordelen

- een groot gebruiksgemak en een enorm gamma van samenstellingen, en zodoende eigenschappen.

Nadelen

- de toxiciteit van bepaalde componenten (formol, fenol);
- de agressiviteit van de katalysatoren (zuren);
- furfurylalcohol is een strategische grondstof en daarom soms onderhevig aan sterke prijschommelingen of leveringsonderbrekingen;
- naargelang de harsen van betere kwaliteit, d.w.z. een hoger furfurylalcoholgehalte, zijn ze ook duurder.

Fenolharsen

Deze zelfhardende harsen zijn van het resol-type. Er wordt steeds een silaan toegevoegd en ze kunnen gemodificeerd worden door ureum of furfurylalcohol.

De uitharding van deze harsen is moeilijker en minder regelmatig dan die van de furaanharsen. Zij vereisen ook een “stevige” katalysator: paratolueen-sulfonzuren, xyleen- of benzeensulfonzuren, gedopeerd met zwavelzuur of fenol-sulfonzuur (aanwezigheid van zwavel). Soms wordt fosforzuur toegevoegd, wat een snellere uitharding veroorzaakt, maar tegelijk de mechanische eindsterkte vermindert.

Toepassing

De basisreden voor het gebruik van fenolische harsen ligt in hun lagere kost. Ze kunnen dan ook slechts gebruikt worden voor weinig kritisch gietwerk, en dit voor kleine tot middelgrote reeksen van middelgrote tot grote stukken in alle legeringsfamilies.

Voordelen

- lagere kost: dit wordt echter enigszins teniet gedaan door een hoger harsgehalte in het zand;
- afwezigheid van stikstof.

Nadelen

- kortere stockagetijd: de kernen hebben de neiging water op te nemen;
- kans op aanwezigheid van vrije fenol;
- de uithardingssnelheid is gevoelig aan temperatuurschommelingen, vooral bij koudere temperaturen;
- moeilijker te vermengen met zand;

- vrijkomen van formoldamp bij de voorbereiding en fabricage;
- lagere mechanische eigenschappen, vooral in buiging en bijgevolg de noodzaak van een hoger harsgehalte;
- moeilijker uitbreken en ontkernen.

Polyurethaanharsen (Pentex)

Dit procédé maakt gebruik van een fenolhars (novolak of resol) gecombineerd met een harder, isocyaan (difenylmethaan-diisocyaan, MDI) en een katalysator afgeleid van pyridine (fenyl-propyl-pyridine). De combinatie van de eerste twee componenten, gekatalyseerd door de derde, resulteert - door polyadditie - in de in-situ vorming van een polyurethaanhars.

Het fenolhars mag geen water bevatten omdat isocyaan met water reageert. Bijgevolg dient het zand dus ook heel droog te zijn.

Het hars-harder mengsel reageert slechts traag. Het is mogelijk, indien gewenst, deze twee componenten op voorhand te mengen en ze slechts na 8 dagen te gebruiken. Niettemin kan de uithardingssnelheid geregeld worden door in te spelen op het gehalte katalysator. Dit maakt combinaties mogelijk met ontvormingstijden tussen 30 seconden en 1 uur.

Toepassing

Het zand, hetzij continu of discontinu bereid, wordt gebruikt voor stukken in alle legeringen, in kleine tot middelgrote reeksen, maar ook voor grote reeksen en voor kleine tot middelgrote stukken.

Voordelen

- het polyurethaanprocédé stelt voldoende glanskool vrij tijdens het gieten, wat het coaten van de kernen in vele gevallen overbodig maakt;
- goede mechanische weerstand;
- geschikt voor stockage en ontkerning.

Nadelen

Gietstukken kunnen vinnen vertonen (wat tegengegaan wordt met toevoeging van ijzeroxide), en soms pinholes. Deze laatste zijn dikwijls te wijten aan de solventen van het hars en kunnen vermeden worden, hetzij door de vormen en kernen eenvoudig aan de lucht te stockeren, zodat de solventen kunnen verdampen, hetzij door ze te drogen in een droogstoof bij een temperatuur tussen 100 en 260 °C, naargelang het type van het hars.

Alkydharsen

De alkydharsen zijn polyesterharsen gemodificeerd met vetzuren. In aanwezigheid van een poly-isocyaan (harder) vormen ze een polyurethaanhars. De uithardingssnelheid wordt geregeld met behulp van een katalysator (fenyl-propyl-pyridine) en een versneller (siccatief: organische zouten zoals stearaat).

Tijdens de uitharding - en dit geldt voor alle polyurethaanharsen - gaat het zand door een plastische fase die de ontvorming gemakkelijker maakt (de vetzuren zorgen voor de plasticiteit). Dit houdt echter ook een risico op vervormingen in.

Het is een traag systeem met een uithardingstijd van enkele tientallen minuten tot 10-12 uur.

Toepassing

De alkydharsen worden vooral voor gietstaal en soms voor dikwandig gietijzer gebruikt, in kleine reeksen of enige stukken.

Voordelen

- men kan relatief onzuiver zand gebruiken;
- gemakkelijk uitbreken van de kernen;
- weinig gevoelig aan vochtopname;
- een mooie giethuid dankzij een reducerende atmosfeer;
- geen vervorming.

Nadelen

- het zand moet heel droog zijn vanwege de affiniteit van isocyanaat voor water;
- lagere sterkte op hoge temperatuur waardoor weinig erosiebestendig;
- sterke gasontwikkeling door het relatief hoge bindmiddelgehalte, deze kan beperkt worden door drogen bij 150 °C;
- een hogere kostprijs dan die van furaanharsen.

Resol-Ester (Alfaset)

Dit is een basisch fenolhars in resol-toestand, gemodificeerd met kalium of natrium. De uitharding wordt gestart door toevoeging van een organisch ester (harder) zoals methylformiaat.

De uithardingsreactie is als volgt: het hars en de ester vormen een onstabiel complex, wat gepaard gaat met gelificatie. Het complex ontbindt vlug en veroorzaakt vernetting van het hars, waarbij een zout en een alcohol gevormd worden.

In tegenstelling tot de zanden die gebonden zijn met fenol- of furaanharsen, wordt de uitharding niet geregeld door het hardergehalte, maar door de gebruikte commerciële kwaliteit.

De mechanische eigenschappen die onmiddellijk volgen op de uitharding, zijn eerder zwak. Bij het ontvormen geven de vormen daardoor nog mee, wat soms als een voordeel (kleinere lossingschuintes, de modellen mogen kleine oppervlaktefoutjes vertonen) of soms als een nadeel (kleinere modelgetrouwheid) kan werken. Ze verbeteren gedurende de stockage om te komen tot waarden, die bereikt worden met fenolharsen en furaanharsen.

Het bereide zand kan een zeer variabele uithardingstijd hebben, afhankelijk van de producten en de verhoudingen waarin ze aangewend zijn, en varieert van enkele minuten tot één uur en meer.

Toepassing

Het fenol-ester-procédé wordt gebruikt voor de productie van kleine en middelgrote reeksen in alle legeringen. Het is een procédé dat van bijzonder belang is voor lichte legeringen omwille van zijn specifieke eigenschappen, vooral omwille van het gemak bij het uitbreken van de vormen en kernen. Evenzo is het van bijzonder belang voor gietstaal, omdat vanwege de afwezigheid van stikstof er geen pinholes worden veroorzaakt.

De afwezigheid van zwavel in de katalysator maakt het procédé ook interessant voor gietijzer.

Nadelen

Het voornaamste nadeel, tegenwoordig, is waarschijnlijk de moeilijke recuperatie. Door de residuele kalium of natrium na regeneratie wordt de uitharding van nieuw toegevoegd hars volledig verstoord.

3.3.3.4 Harsgebonden gashardende vormzanden

a Beschrijving

Dit type bindmiddelen zijn eveneens harsen en behoren tot dezelfde families van de zelfhardende harsen. De uitharding gebeurt door het doorblazen (begassen) van een tweede component of een katalysator doorheen de gemengde zand-harsmassa, net na het vormen.

Het uithardingsmiddel kan een gas zijn, een aërosol of een vloeistof, vergast door een warm draaggas. Bijna altijd is er een draaggas: CO₂, stikstof of lucht.

Hoofdkenmerk is dat de uitharding vrijwel onmiddellijk intreedt na het begassen. Gashardende zanden zijn daarom uitermate geschikt voor snelle kernproductie bij vormmachines met bentonietgebonden zand. Middelgrote en kleine reeksen komen eveneens in aanmerking omdat de installaties een snelle modelwissel toelaten.

Een tweede gevolg van de zeer snelle uitharding is, zoals bij alle procédés waarbij de volledige uitharding in contact met het model geschiedt, dat een heel grote dimensionale precisie bereikt wordt, die bepaald wordt door de afwerkingsgraad van de kerndoos of het model.

Alhoewel het perfect mogelijk is (kastenloze) vormen te produceren met gashardende zanden wordt dit minder toegepast aangezien de hogere grondstoffenprijs van de harsen tov bentoniet. Alleen daar waar een hoge dimensionale precisie in combinatie met een hoge productiesnelheid vereist is, worden zij toegepast.

Een zekere beperking van deze procédés is dat de kernen van beperkte omvang moeten zijn om een uniforme begassing te bewerkstelligen. Nochtans is door de lagere sterkte

bentonietgebonden zand ook beperkt tot de kleinere gietstukgewichten waardoor beide procédés perfect op elkaar aansluiten.

De enige nadelen schijnen de afgassen te zijn (opvangen /zuiveren van afvalgassen). Soms wordt het energieverbruik voor de verwarming van het draaggas vermeld. Tenslotte vormen de katalysator-lucht mengsels een zeker risico voor brand- of zelfs explosiegevaar.

De productiemethode is ook hier eigen aan het proces. Hierna wordt de methode voor kernvervaardiging geschetst, de vormproductie verloopt analoog.

Het vooraf gemengde zand - hars mengsel (kuipmenger, schroefmenger) wordt in een kerndoos geblazen door middel van perslucht. Men gebruikt hiertoe een zogenaamde "kernschietmachine". Vanuit een voorraadbunker wordt een vooraf ingestelde hoeveelheid kernzand in een drukrecipiënt gestort. De kerndoos staat geklemd op de machine-tafel, met de vulopening gepositioneerd onder de schietmond van het drukvat. Na het openen van een persluchtklep blaast de instromende lucht het zand uit het drukvat dat via de spuitmond in de kerndoos terecht komt. Doordat het voldoende vloeibaar is, kan het zand doordringen tot in alle details van de kerndoosholte. De perslucht drukt bovendien het zand zodat het uniform verdicht wordt. De perslucht stroomt door de poriën van het zand en kan ontwijken via strategisch geplaatste ontluchtingszeefjes op de bodem van de kerndoos. Hun plaatsing dient oordeelkundig te gebeuren omdat zij de hoofdstroomrichtingen van de perslucht bepalen en dus ook de verdichtingswegen.

Eens het zand op zijn plaats gebracht, sluit de persluchttoevoer, doorgaans na enkele seconden. Bovenop de vulopening van de kerndoos wordt vervolgens een begassingsplaat of -ventiel gedrukt. De gasvormige component wordt door middel van een draaggas onder druk doorheen de zandmassa gedreven. De actieve component veroorzaakt de uitharding van het bindmiddel, en verlaat met het draaggas de kerndoos langs de voorziene ontluchtingszeefjes.

Tijdens de derde fase wordt het resterende gas uit de zandporiën gedreven met spoel-lucht (perslucht). Dit is noodzakelijk omwille van arbeidshygiënische redenen. Residuele gasresten zouden nl. uit de kernen ontwijken gedurende hun stockage, en (geur)hinder of gezondheidsrisico's kunnen veroorzaken.

Tenslotte wordt de kerndoos geopend en de uitgeharde kern verwijderd. De kerndoos wordt zuiver gemaakt. Na sluiting ervan vat de cyclus opnieuw aan.

De kern wordt visueel geïnspecteerd op fouten. Eventuele bramen worden handmatig verwijderd. Na eventueel gecoat te zijn wordt de kern tijdelijk gestockeerd, tot hij aan de vormlijn wordt gebruikt.

De vrijkomende gassen en spoellucht worden onderaan de kerndoos opgevangen en afgeleid naar een zuiveringsinstallatie (gaswasser) waarna zij in de atmosfeer geloosd worden. De volledige kernschietmachine is volledig ingekapseld en wordt continu in onderduk gehouden om te voorkomen dat eventuele gaslekken naar de arbeidsplaats zouden ontsnappen.

b Vormzandkringloop

Kernen

Zoals reeds aangehaald bij het bentonietgebonden vormzand worden kernen in hoofdzaak met nieuw zand aangemaakt omwille van sterkte, kwaliteit en reproduceerbaarheid. Na afgieten komt het verbrande kernzand terecht in het vormzand. Dit is tevens een vereiste die aan het gashardende bindmiddel wordt gesteld, nl. dat het volledig desintegreert onder invloed van de gietwarmte, waardoor de reiniging van de kernholtes in het gietstuk aanzienlijk vergemakkelijkt wordt.

Verbrand kernzand en vormzand mengen zich dus onvermijdelijk. Zij moeten daarom ook compatibel zijn. Bevat het kernzand bijv. zure componenten terwijl het vormzand een basisch karakter heeft (bijv. bentoniet) dan zal het hergebruik van het vormzand bemoeilijkt worden. De toevloed van kernzand in de vormzandkringloop heeft ook een gunstig effect, het vormzand wordt erdoor ververst, waardoor op de toevoeging van nieuw zand in de menger kan worden bespaard. Bij kernintensief gietwerk kan deze input echter veel hoger zijn dan nodig voor de vormzandverversing. Steeds moet een hoeveelheid vormzand uit de kringloop worden verwijderd, gelijk aan de input van het kernzand.

Indien mogelijk zal men dus gietwerk met en zonder kernen zoveel mogelijk door elkaar heen produceren om de vormzandsamenstelling zo constant mogelijk te houden. Dit lost een reeks problemen in de vormzandbereiding op.

Doordat het kernzand in de vormzandkringloop wordt opgenomen kan het dus niet afzonderlijk worden gerecycleerd. Er bestaan nochtans recuperatietechnieken die het onder bepaalde voorwaarden toelaten om vormzand zodanig te zuiveren dat het ten dele in de kernproductie kan worden toegepast (zie verder).

Een kringloop kan soms wel worden gerealiseerd voor wat betreft de kernuitval. Uitgeharde kernen die gebreken vertonen, kunnen worden verkorreld en gemengd met nieuw zand, opnieuw voor de kernproductie worden gebruikt. Hetzelfde geldt voor poetszand dat vrijkomt bij het reinigen van de kernschietmachines (is nog reactief). Dit wordt vooraf uitgehard in een speciale unit. Maar zoals gezegd is dit slechts in bepaalde gevallen mogelijk en rendabel.

Vormen

Daar de gashardende bindmiddelen tot dezelfde families van harsen behoren als de zelfhardende gelden hier dezelfde bemerkingen. Het enige verschil is dat hier vormschietmachines gebruikt worden die een analoog werkingsprincipe hebben als voor de kernproductie.

c Voordelen

- snelle uitharding waardoor grote productievolumes kunnen gerealiseerd worden;
- hoge eindsterktes wat toelaat dunne en complexe geometrieën te produceren met relatief weinig bindmiddel, waardoor de kerngasontwikkeling bij het gieten minimaal is;

- hoge dimensionele precisie;
- kerndozen kunnen uit allerlei materialen worden gemaakt (kunststof, hout, metaal).

d Nadelen

- gebruik van schadelijke gassen vereist aangepaste milieumaatregelen;
- invloed van de ontluuchtingszeefjes bij de begassing;
- hoge kostprijs van de harsen;
- beperkte gebruiksduur van vormzand en harsen.

e Soorten

Tabel 3.6: Samenvatting van de courant gebruikte soorten gashardende zanden

Soorten gashardende zanden
Na silicaat - CO ₂
Furaan - SO ₂
Polyurethaan- amine (Coldbox)
Cold Box Plus
Epoxy - SO ₂
Free Radical Curing
Resol - ester (BetaSet)
Acryl - CO ₂

Natriumsilicaat-CO₂

Natriumsilicaat wordt geproduceerd door een reactie tussen NaOH en Si(OH)₄. Deze zouten zijn glasachtig en worden, voor gieterijtoepassingen, opgelost in water. Een waterglas wordt gekenmerkt door zijn:

- modulus: de gewichtsverhouding van silica/natriumoxide: SiO₂/Na₂O;
- concentratie: het gehalte aan droge stof : (SiO₂+Na₂O)/(SiO₂+Na₂O+H₂O).

De uitharding van het natriumsilicaat-zandmengsel volgt door de lichte zuurtegraad van het doorgeblazen CO₂-gas. De uitharding resulteert in een sterke stijging van de viscositeit, die veroorzaakt wordt door gelvorming volgens de reactie:



Naargelang de beoogde gieterijproductie, doet men beroep op natriumsilicaten met moduli tussen 2,0 en 2,8.

De lage moduli (2,0) worden in de basisvorm gebruikt met een concentratie van 51 %. Daarmee kunnen heel sterke kernen of vormen bekomen worden, die gestockeerd kunnen worden zonder vochtopname. Ze vereisen echter een eerder lange uithardings-tijd en een groter CO₂-verbruik, en zijn moeilijk te ontkernen.

Silicaten met hogere moduli (2,6 à 2,8) met respectievelijke concentraties van 41 en 38 % vertonen een hogere uithardingssnelheid en ontkernen beter. De kernen zijn nochtans zwakker die makkelijk afbrokkelen en niet lang kunnen gestockeerd worden.

Voordelen

- lage kostprijs;
- gebruiksgemak;
- niet toxisch;
- vermits het zand geen gevaarlijke stoffen bevat zou het storten van overloopzand geen problemen mogen opleveren;
- de katalysator is brandbaar noch oxidatief.

Nadelen

- moeilijk te ontkernen, deze eigenschap kan worden verbeterd in bepaalde gevallen door een silicaat met hoge modulus te gebruiken. Organische of minerale additieven kunnen een verbetering met zich meebrengen;
- gevoelig aan afbrokkelen;
- slechte houdbaarheid;
- moeilijk recuperatie van het silicaat-CO₂-zand.

Acrylharsen (Polidox - CO₂)

Dit procédé werd recent voorgesteld en maakt gebruik van een acrylhars in de vorm van een natriumpolyacrylaatoplossing, die waarschijnlijk waterig is. De uitharding wordt versneld d.m.v. een geatomiseerde katalysator op basis van calciumhydroxide of gebluste kalk. De vorm of kern verhardt door CO₂-gas in te blazen. Het exacte uithardingsmechanisme is niet gekend maar resulteert in een thermohardend hars.

De begassingstijd lijkt gelijk of zelfs kleiner te zijn dan die van het silicaat-CO₂-procédé. In tegenstelling tot dit procédé zou er echter geen gevaar voor overbegassing bestaan.

Voordelen

De voordelen houden een beter uitbreekgedrag en een betere cohesie dan bij het silicaat-CO₂-procédé in. Het scoort goed wat betreft werkplaatshygiëne omdat de acrylharsen het minste schadelijke gasen ontwikkelen van alle harsen. Zij zijn daarentegen wel duur.

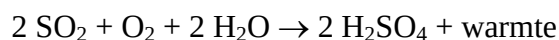
Furaanharsen (Hardox)

In principe zijn zowel furaan als fenolharsen, die uitharden m.b.v. zuren, bruikbaar in dit procédé. In de praktijk worden echter enkel furaanharsen gebruikt omwille van hun hogere reactiviteit. Dergelijk zand bevat:

- een **hars**, ofwel furaanhars met ongeveer 80 % furfurylalcohol, ofwel fenolhars;
- een **oxidans**: organisch of mineraal peroxide, of een mengsel van beide;

De begassing gebeurt met **zwaveldioxide** (SO₂), waarvan het theoretisch verbruik 0,3 tot 1 gewichtsprocent bedraagt van het zand, maar dit kan 3 % of meer worden voor kernen met een complexe geometrie. Het wordt vermengd met een draaggas zoals CO₂ of N₂, in een verhouding van 5 % SO₂.

De uitharding wordt bekomen door in situ vorming van zwavelzuur, door toevoeging van oxidantia (peroxides) en het inblazen van SO₂-gas volgens de reactie:



Het gevormde zuur veroorzaakt de polymerisatie van het hars. Het merendeel van de vormen en kernen harden uit in enkele tienden van seconden, die met grote massiviteit in minder dan enkele seconden en dit zelfs bij lichte vriestemperaturen (-5 °C).

Het begassen wordt uitgevoerd met een druk tussen benaderd 0,2 en 5 bar. Om een gelijkmatige aanvoer van SO₂ te verkrijgen gebruikt men gasgeneratoren, waarin door verwarmingselementen de dampdruk constant wordt gehouden. Het SO₂ zelf is opgeslagen in gasflessen die in de generator debiteren.

Het begassen wordt opgevolgd door spoelen met lucht, met als enig doel het residuele SO₂ te verwijderen. De afgassen worden gewassen met een 10 % NaOH-oplossing vooraleer zij in de atmosfeer geloosd kunnen worden. Het in het water gevormde sulfiet wordt met waterstofperoxide verder geoxideerd tot natriumsulfaat.

De kerndozen kunnen uit hout, kunststof of metaal zijn, met uitzondering van koperlegeringen. De houten modellen moeten vernist worden om SO₂-impregnatie te beletten, wat voortijdige oppervlakkige uitharding kan veroorzaken.

Toepassing

Het gebruiksdomein van dit procédé is enorm uitgestrekt: kleine en middelgrote vormen en kernen: van 2 tot 300 kg, in alle reeksen en voor alle legeringen. Nochtans schrikt het gebruik van SO₂ menig potentieel gebruiker af. Men vindt dit procédé veeleer terug in de motorblok gieterijen, waar zij door hun hoge sterkte voor bepaalde kerndelen zeer geschikt zijn.

Voordelen

- lange levensduur van het bereide zand;
- de vormen en kernen beschikken over voldoende sterkte, vooral gedurende enkele minuten na de reactie, en zijn lang houdbaar;
- de kernen kunnen gemakkelijk uitgebroken worden, zelfs voor aluminiumlegeringen;
- in staal hoeft men normaal gezien geen warmscheuren te vrezen;
- alle waterige, alcoholische of zelfdrogende deklagen mogen aangebracht worden;
- het gasmengsel is niet ontvlambaar.

Nadelen

- corrosiegevaar voor de gereedschappen;
- de neiging tot aankleven is de oorzaak van veel moeilijkheden en ook het verwijderen van aanklevende brokjes is een ongemak.
- SO₂-gebruik voor milieu

Epoxy-SO₂

Het furaanhars dat gewoonlijk gebruikt wordt in het vorige (basis)procédé (Hardox) wordt in dit geval vervangen door een gemodificeerd epoxyhars. Het uithardingsmechanisme verloopt door polyadditie, i.p.v. polycondensatie, er wordt dus geen water gevormd.

Toepassing

Dit procédé wordt vooral voor ferrolegeringen gebruikt.

Voordelen

- het bereide zand heeft een heel lange levensduur (enkele maanden);
- het hars is reactiever dan het klassieke furaanhars, wat een kortere uithardingstijd toelaat;
- de toe te voegen hoeveelheid is laag waardoor deze variëte economisch voordelig wordt (want epoxyharsen zijn inderdaad duur).

Nadelen

- zie Hardox

Free Radical Curing (Isoset)

Het procédé wordt ook genoemd “met onverzadigd hars” of “met vrije radicalen”. Het betreft harsen met vrije dubbele bindingen: polyester-acrylhars, polyester-urethaan, polyester-epoxy, e.d. Ze worden gebruikt met een initiator, een organisch peroxide en een activator (katalysator): SO₂.

Het uithardingsmechanisme verloopt als volgt:

- het SO₂ verbreekt de O-O-verbindingen van het peroxide: dit is de initiatiefase: hierdoor bekomt men vrije radicalen met heel korte levensduur, die elk een dubbele binding van het hars openen;
- dit veroorzaakt een radicaal-reactie (een soort kettingreactie) die dichter en dichter de vernetting van het hars met zich mee brengen.

De activator (SO₂) wordt gedragen door een neutraal gas: CO₂ of N₂, a rato van 5 % SO₂ in het mengsel. Binder en initiator (peroxide) worden vooraf gemengd bij de bereiding van het zand, vóór ze toe te voegen aan het zand in de menger. Na het schieten of blazen van de kern, wordt de activator ingeblazen en geschiedt de uitharding in enkele seconden.

De kern ondergaat vervolgens een spoeling met CO₂-gas of stikstof, wat twee tot tienmaal langer duurt dan de begassingstijd. Lucht wordt hiervoor niet gebruikt omdat, indien de uitharding niet volledig afgelopen is na de begassing, deze zou onderbroken worden door luchtzuurstof.

Toepassing

Het procédé kan gebruikt worden voor de productie van kernen en vormen in alle hoeveelheden, in alle legeringen in die mate dat men de gepaste variante kiest.

Voordelen

- het zand kan heel goed verdicht worden, door de heel lage viscositeit van de binder;
- heel lange levensduur van het bereide zand;
- goede mechanische eigenschappen;
- goede houdbaarheid;
- afwezigheid van stikstof, en het daarmee gepaard gaande risico op pinholes;
- geen vrije fenol of formol;
- weinig of geen barsten;
- goede tot zeer goede ontkerning.

Nadelen

- hoge grondstofprijs;
- fragiele kernen bij de verwijdering uit de kerndozen, wat een korte stockage noodzakelijk maakt om de uitharding te laten voleindigen.

Polyurethaanharsen

Dit procédé leunt dicht aan bij de zelfhardende variant (Pepset) en maakt gebruik van dezelfde of vergelijkbare producten:

- een fenolhars in resolvorm;
- een MDI polyisocyaanaat.

De begassing gebeurt met een vloeibaar amine: dimethylethylamine (DMEA) of triethylamine (TEA), gebruikt in de vorm van een aërosol met als draaggas perslucht, stikstof of CO₂.

De combinatie van het hars en het polyisocyaanaat, gekatalyseerd door het amine, resulteert na enkele seconden in de vorming van een polyurethaanhars. De verhouding van de hoofdcomponenten (hars en MDI) zijn in principe dezelfde als bij de zelfhardende: 1/1. Ook de vereisten gesteld aan het zand, zijn dezelfde, in het bijzonder de absolute droogte.

De vorming van DMEA-lucht, CO₂ of N₂-aerosolen wordt in “generatoren” uitgevoerd. N₂ geniet als draaggas de voorkeur: in aanwezigheid van water en CO₂, wordt een amine-carbonaat in de vorm van witte kristallen gevormd. In dit geval moet geregeld de gasinstallatie gereinigd worden.

Het amine wordt uit de vorm of kern gespoeld met - bij voorkeur droge - perslucht. Tegelijk wordt ook een gedeelte van de solventen van het hars en het MDI meespoeld, wat hun verspreiding in de werkplaatsatmosfeer vermindert, evenals het risico

op pinholes bij het gieten. De totale hoeveelheid amine die geïnjecteerd wordt, wordt meegespoeld.

De katalysator, verdund in het spoelgas, kan behandeld worden in verschillende types van zuiveringsinstallaties.

- vernietiging door affakkelen;
- neutralisatie door absorptie op actieve kool of langs chemische weg: wassen in een waterige oplossing van zwavelzuur;

Doorgaans wordt het afgas gewassen en het residu afgehaald door een erkend verwerker.

Toepassing

Vormen en kernen in alle reeksen en voor alle legeringen, met een gewicht dat tot 100 kg en meer kan gaan.

Als kernprocédé is het veruit het meest gebruikte proces.

Voordelen

- hoge mechanische eigenschappen, wat toelaat ingewikkelde kernen te maken;
- een mooie giethuid, zelfs zonder deklaag, dankzij de uitstekende verdichting en het vermogen vrij grote hoeveelheden “glanskool” te vormen;
- de houdbaarheid van de vormen en kernen is ook zeer goed, vooral na drogen bij 150 tot 200 °C;
- het uitbreken van de kernen gaat goed, vooral bij ijzer- en koperlegeringen.

Eén van de belangrijkste voordelen kan in bepaalde gevallen in een nadeel omslaan: de lage viscositeit van de binder. Bij het schieten of blazen onder relatief hoge druk (4 tot 5 bar) kan de laag rond de zandkorrels worden wegblazen.

Nadelen

Gietfouten kunnen optreden zoals:

- vinnen: die kunnen vermeden worden door de persdruk te verlagen of door middel van diverse toeslagen;
- gasinsluitingen: welke men kan verminderen door meer MDI te gebruiken, de kernen te drogen of minder hars te gebruiken;
- pinholes: worden verminderd of uitgesloten door het bindergehalte te verlagen, door te drogen in de droogstoof of door MDI-hars toe te voegen;
- er kan zoveel glanskool op het oppervlak van de kernen gevormd worden, dat ze het uitzicht van de stukken aantast. Ook hier brengt een verlaging van het bindergehalte een verbetering.

Cold Box Plus

Dit is een variante op het voorgaande procédé. Het bereide zand wordt geschoten of geblazen in een kernbox die 40 à 80 °C wordt verwarmd d.m.v. warmwatercirculatie. Na een opwarmtijd van 20 tot 30 seconden wordt de katalysator in de kern ingeblazen, waarna een spoeling volgt.

Voordelen

- men bekomt een schaaldikte van enkele millimeter met betere mechanische eigenschappen dan men met het normale procédé kan bereiken;
- om dezelfde reden worden sterkere dunne kernen of kerngedeeltes bekomen;
- een verbetering van de mogelijkheden om waterige deklagen aan te brengen;
- betere houdbaarheid;
- gemakkelijkere ontkerning;
- vermindering van het bindergehalte;
- een kortere begassingstijd en bijgevolg een lager amineverbruik.

Nadelen

- complexere gereedschappen: metalen kerndozen met verwarmingselementen;
- langere taktijden.

Resol-ester (Betaset)

Hetzelfde hars als voor het zelfhardende homoloog (Alfaset) wordt ook hier gebruikt: een gemodificeerd en meer reactief fenolhars.

In plaats van in vloeibare toestand wordt het ester hier gasvormig toegevoerd. Hiertoe wordt het verdampt met lucht op 80 °C, die tegelijk als draaggas fungeert. De toe te voeren hoeveelheid ester bedraagt 15 % van het harsgewicht.

De uitharding volgt na enkele seconden, het ester is een co-reactant en reageert dus met het hars. Na de begassing volgt een luchtspoeling, met de bedoeling het resterende formiaat te verdrijven uit de zandmassa.

Toepassing

Vormen en kernen in alle reeksen en in alle legeringen, in het bijzonder lichte en zeer lichte legeringen (gemakkelijke ontkerning) en staal (weinig neiging tot scheurvorming).

Voordelen

- gemakkelijke ontkerning;
- goed gedrag wat betreft barsten, scheuren (en pinholes) door een plastisch gedrag van het bindmiddel bij opwarming;
- redelijk lange levensduur van het bereide zand;
- afwezigheid van stikstof en zwavel.

Nadelen

- het zand kan slechts gedeeltelijk mechanisch gerecupereerd worden omdat de binder soepel blijft na uitharding;
- de kooktemperatuur van methylformiaat is 32 °C, wat het risico op condensatie op de koude zandvorm niet verwaarloosbaar maakt. De temperatuur van het draaggas (80°C) is normaal gezien voldoende hoog maar het risico blijft bestaan wanneer het zand te koud is (minder dan 20 °C);
- de mechanische eigenschappen zijn eerder matig onmiddellijk na de uitharding, een korte stockage van de kernen brengt verbetering, zonder echter heel hoge waarden te bereiken;
- het procédé is relatief weinig vervuilend, maar het methylformiaat-lucht mengsel is ontvlambaar.

3.3.3.5 Harsgebonden thermohardende vormzanden

a Beschrijving

Thermohardende harsen polymeriseren, na menging met zand, door verwarming via contact met een verwarmde metalen modelplaat of kerndoos, of soms door drogen. Zij worden hoofdzakelijk in de kernproductie toegepast. Het zijn dus verloren vorm-procédés met duurzaam model.

Hun voornaamste kenmerken zijn de grote dimensionele nauwkeurigheid en de hoge sterkte die de geproduceerde kernen vertonen. De nauwkeurigheid wordt echter slechts bereikt wanneer de productie-installatie goed afgesteld is. Hierbij moet men voornamelijk rekening houden met de thermische uitzetting van zowel de gereedschappen als van het zand.

Een ander belangrijk aspect is dat het relatief dure procédés zijn omdat de modelplaten en kerndozen vervaardigd worden uit metaal. Bovendien is een geautomatiseerde verwarmingsinstallatie nodig om de gereedschappen op bedrijfstemperatuur te houden. Deze technieken zijn dus voorbehouden voor de productie van grote reeksen zoals men die in de automobielsector terugvindt, waar zij vanwege hun dimensionele precisie noodzakelijk zijn.

b Vormzandkringloop

Hier gelden dezelfde opmerkingen als voor de gashardende zanden.

c Voordelen

- de hoge sterkte en dimensionele nauwkeurigheid.

d Nadelen

- de hoge gereedschaps- en productiekosten.

e Soorten

Tabel 3.7: Samenvatting van de voornaamste thermohardende procédés

Thermohardende procédés
Oliezand
Croning
Hot Box
Warm Box

Oliezand

Dit zand is gebonden met sneldrogende lijnzaadolie die onverzadigde vetzuren bevat, of met minder snel drogende oliën, zoals visolie. Een toeslag van dextrine of refractaire klei is nodig om een voldoende groene sterkte (dit is de sterkte bij het ontvormen, dus vóór het uitharden) te ontwikkelen. De kernen worden na ontvormen gebakken in een droogstoof bij 185-240 °C gedurende anderhalf uur. Typisch varieert de harsdosering tussen 0.8 à 4 % van de zandmassa afhankelijk van de kerncomplexiteit of de gewenste eindsterkte.

Tijdens de uitharding ontstaat een vernetting van de onverzadigde vetzuren onder invloed van de luchtzuurstof. Deze polymerisatie kan versneld worden door temperatuursverhoging of door toevoeging van zuurstofdragers, siccatieven genaamd. In het laatste geval verloopt de uitharding dan bij omgevingstemperatuur. Dit zand wordt “autosiccatief” genoemd.

Toepassing

Kernen, in de droogstoof vervaardigd, hebben het voordeel barsten noch scheuren te vertonen. Dit verklaart waarom ze tot op heden nog gebruikt worden, vooral in de staalgieterij. Nochtans zijn ze stilaan in onbruik geraakt door de opkomst van nieuwe gashardende harstypes.

Croning

Croningzand wordt in kant en klare toestand ingekocht; de kwartskorrels zijn reeds omhuld met een harslaag, die bij opwarming zal uitharden.

Dit omhulde zand wordt door de leverancier bereid door kwartskorrels te mengen met een fenolhars (fenol-formaldehyde). Dit hars is van het thermoplastische Novolak type B, waardoor het vormzand, bij temperatuursverhoging, goed de vormdetails van modellen en kerndozen aanneemt.

Het harsgehalte varieert volgens de specificaties van de klant, en kan 1,4 à 6 % van de zandmassa bedragen. Tijdens de bereiding van het omhulde zand wordt in een tweede fase ook nog hexamethyleentetramine toegevoegd als uithardingscomponent - a rato van 12 tot 15 % van de harsmassa. Verschillende additieven worden in het algemeen toegevoegd:

- calciumstearaat (smeermiddel en ontvormingsmiddel);
- natuurlijke harsen: vinsol (plasticiser, verbetert de warme vormvastheid);
- ijzeroxide (tegen uitbranden en pinholes).

In contact met een verwarmde metalen modelplaat (200 en 300 °C), ontbindt het "hexa" in de harslaag rond de zandkorrels en vormt hierbij formaldehyde (of formol) en ammoniak. Hierdoor wordt het oorspronkelijk tekort aan formol in het hars teniet gedaan en gaat het hars over tot een thermohardende toestand (Novolak type C). De vrijgestelde ammoniak versnelt deze uitharding.

Door de grote sterkte die het gepolymeriseerde zand vertoont, worden bij het Croning procédé waar mogelijk holle kernen of gietvormen (schaalvorm) gebruikt in plaats van massieve kernen en vormen. De baktijd bepaalt daarbij de schaaldikte en duurt 1 à 2 minuten. Naarmate de zandmassa immers langer met de hete modelplaat in contact blijft zal de warmte dieper in het zand indringen en zal het hars over een grotere diepte uitharden. Het niet-gepolymeriseerde zand wordt opgevangen door de kern of vorm leeg te gieten en wordt opnieuw gebruikt.

Toepassing

Het Croningprocédé is voorbehouden voor de fabricage van grote reeksen van kleine tot middelgrote stukken. Alle legeringsfamilies zijn compatibel met dit procédé. Croning-zand wordt gebruikt voor de fabricage van vormschalen en holle kernen.

Voordelen

- mooi uitzicht van de gietstukken;
- heel goede dimensionele nauwkeurigheid;
- heel goede bewaarbaarheid;
- gemakkelijke ontvorming en ontbraming.

Nadelen

- hoge kostprijs van het hars (vandaar noodzaak van vormschalen en holle kernen);
- het gebruik van bewerkte metalen (en dus dure) modellen;
- de geometrische beperkingen van de modellen die kunnen gemaakt worden met bewerkingsmachines van normale afmetingen;
- het ongemak op de werkposten vanwege de hoge temperaturen.

Hot Box

Zoals bij het Croningprocédé vindt de uitharding ook hier plaats in contact met een verwarmd metalen gereedschap (modelplaat). Dit is echter de enige overeenkomst tussen de twee technieken.

Het zand voor het Hot Box - procédé wordt ter plaatse bereid. Het bestaat uit een kwartszand, een vloeibaar hars in waterige oplossing en een uithardingsmiddel of katalysator. Het hars bestaat uit één van de volgende combinaties:

- ureum-formol;
- ureum-fenol-formol;
- ureum-fenol-formol-furfurylalcohol;
- fenol-formol.

Naargelang het harstype zijn de katalysatoren ofwel:

- van latent zure aard: ammonium-zouten (stikstofhoudend) of boorzuur (stikstof-vrij);
- van expliciet zure aard: sulfonzuren en zwavelzuur (zwavelhoudend).

Daarenboven worden verscheidene additieven toegevoegd, al dan niet op systematische wijze:

- silanen (altijd aanwezig om de cohesie aan de kwartskorrels te verbeteren);
- ijzeroxides;
- conserveermiddelen (om de bewaartijd van bereid zand te verlengen);
- siliconenolie (verbetert de verwijdering van kernen uit de kerndoos).

De kernen worden gedurende enkele tientallen seconden gebakken in contact met het verwarmde model, bij 200 tot 280 °C. Eventueel kan men, om een doorharding tot in de massa te verzekeren, het bakken verderzetten in een droogstoof. Maar dikwijls worden de kernen gebruikt zoals ze uit de kerndoos komen, met enkel een uitgeharde schaal van enkele millimeter dik, en blijft het hart van de kern niet gepolymeriseerd.

Toepassing

Dit procédé wordt slechts gebruikt voor de vervaardiging van kleine kernen (vormschalen zouden niet de nodige mechanische eigenschappen bezitten) in grote reeksen omwille van dezelfde redenen die gelden voor het Croningprocédé.

Warm box

Het Warm Box - procédé werd ontwikkeld om aan bepaalde beperkingen van het Hot Box - procédé tegemoet te komen: energieverbruik, ongemak van de werkposten, vervuiling, etc...

Oorspronkelijk werd beroep gedaan op een zuiver hars, maar tegenwoordig bedraagt het furfurylalcohol-aandeel slechts ongeveer 70 % meer. De rest bestaat uit ureum-formol, plasticizers, etc... De katalysatoren zijn mengsels van ureum-sulfon, sulfonzuur, polyvinylalcohol, kopertosylaat (zout van toluen-sulfonzuur).

Het zand wordt bereid met 0,7 tot 2 % hars, 0,15 tot 0,5 % katalysator. De baktemperatuur van de kernen kan gaan van 150 tot 180 °C; soms wordt de temperatuur opgevoerd tot 190-200 °C om het productieritme te verhogen. Men bereikt zo de baktemperatuur van bepaalde Hot Box - harsen.

Toepassing

Aangezien het Warm Box - procédé metalen modellen gebruikt, richt het zich op de vervaardiging van grote reeksen. Tegenwoordig wordt het enkel in de automobiël-industrie toegepast.

Voordelen

- de verlaagde baktemperatuur brengt energiebesparing en minder ongemak op de werkpost met zich mee;
- het lager bindergehalte heeft een kleinere gasontwikkeling tot gevolg;
- een mooi uitzicht van de gietstukken;
- de thermische belasting van de vormapparaten is kleiner, en daaruit volgt een betere dimensionale precisie en een verlengde levensduur.

Nadelen

Warmbox harsen zijn in de laatste jaren verdrongen door kwalitatief betere en goedkopere koudhardende kernharsen.

3.3.3.6 Cement- en plaastergebonden vormzanden

a Cement

Cementzand wordt nog slechts in bepaalde gevallen gebruikt, maar wordt hier ter volledigheid nog vermeld. Het is in de afgelopen decennia verdrongen geworden door de organische bindmiddelen (harsen).

Kwartzand wordt droog gemengd met cement (Portland) en eventuele additieven (versnellers, glanskoolvormer,...). Na enkele minuten wordt het water toegevoegd. Het vormzand wordt dan in de vormkast gestort waar het door zijn vloeibaarheid makkelijk alle details opvult.

De harding vangt na een drietal uur aan, maar deze tijd kan belangrijk verkort worden door de toevoeging van versnellers.

De uitgeharde vorm wordt vervolgens gedroogd, met warme lucht, infrarood e.d. om de residuele vochtigheid in de poriën te verwijderen.

Na afgieten is het uitbreken vrij makkelijk omdat de cement onder invloed van de hitte uiteenvalt. Het zand kan worden herbruikt maar vergt de inzet van breekinstallaties om de zandbrokken te verkorrelen. Bovendien moet 30 % nieuw zand worden toegevoegd om een goede sterkte opbouw te verkrijgen.

b Plaaster

Plaaster, vulstoffen (kwartzand, glasvezel,...) en additieven worden droog gemengd en vervolgens in een vat met water gestort. Na voldoende mengtijd wordt de massa gevormd.

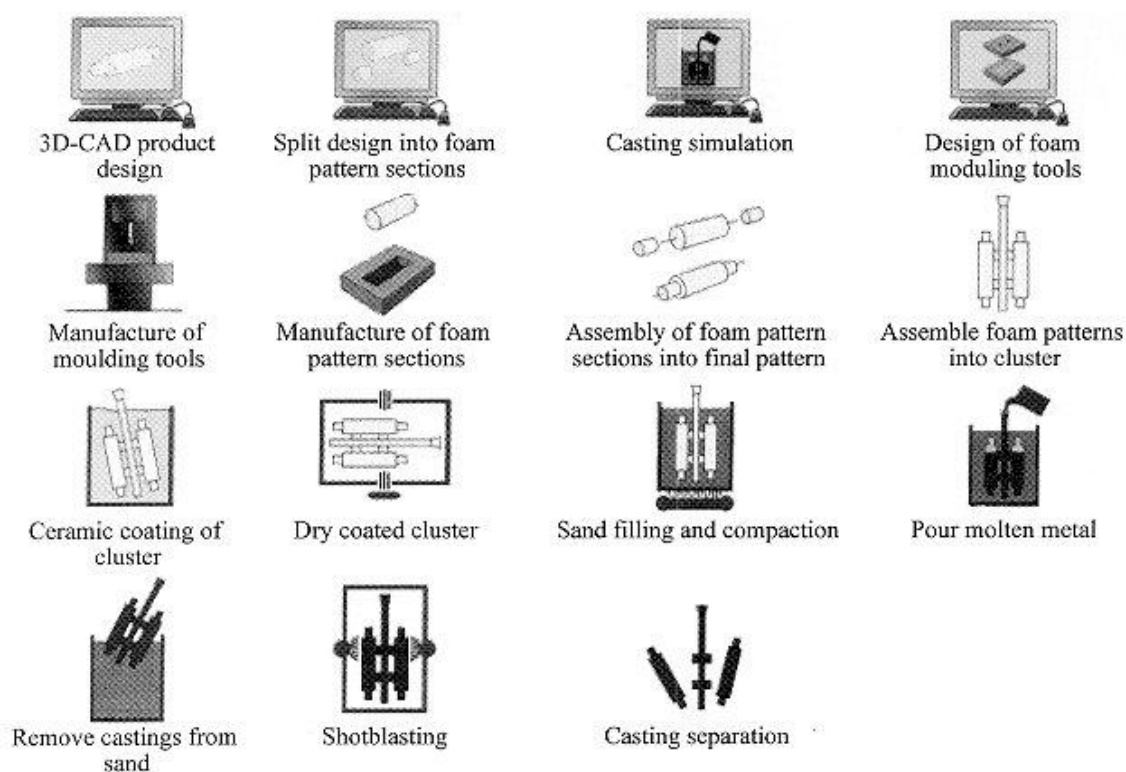
Na uitharding wordt de vorm in een oven geplaatst en langzaam opgewarmd tot 800 °C om alle vocht te verwijderen. Na langzame koeling wordt de vorm tenslotte afgegoten.

3.3.3.7 Bindmiddelvrije vormzanden

Bij deze procédés verkrijgt het vormzand zijn cohesie door bevriezing, magnetisme of enkel trilling, eventueel aangevuld met een onderdruk. Slechts één van deze heeft een industriële toepassing gevonden met name “lost foam”. Zoals verder verduidelijkt zal worden is dit een systeem met verloren vormen en verloren modellen.

a *Lost Foam procédé*

Dit procédé maakt gebruik van geëxpandeerde polystyreenmodellen, die samengesteld (gelijmd) zijn uit bewerkte blokken en platen of deelmodellen. Deze laatste worden in verwarmde metalen vormen geëxpandeerd.



Figuur 2.20: Het Lost Foam proces (Lovink Terborg)

Het model of de tros modellen (d.i. een samenstelling van verschillende modellen) worden vooreerst bedekt met een deklaag. Het model wordt omgeven door een zand waaraan eventueel een laagviskeus hars toegevoegd is opdat het verdichten geen vervormingen zou veroorzaken. De deklaag is heel belangrijk omdat ze de steunlaag van de vormholte vormt. Zij verhindert dat de gassen die bij het gieten ontstaan, de zandvorm vervormt of zelfs plaatselijk fluïdiseert.

Het omgeven van de modellen door zand d.m.v. trillen is een kritieke stap in het procédé. Het trillen heeft tot doel het zand de holtes binnen te dringen (nl. om er als kernen te fungeren) en het zand te verdichten om de vorm stijver te maken.

Het vloeibaar metaal veroorzaakt bij het gieten een pyrolyse van het polystyreen en neemt de aldus vrijgestelde plaats in. Tussen het vloeibaar metaalfront en het poly-

styreen bevindt zich een gasvormige zone, die misschien ook gedeeltelijk vloeibaar is. De gasdruk helpt het zand op zijn plaats houden in deze zone.

Het zand, gewoonlijk kwarts, moet zeer permeabel zijn, zodat een gemakkelijke evacuatie van de verbrandingsgassen verzekerd is. Zijn fijnheidsindex is dan ook redelijk laag: 35 à 50 AFS.

Een onderbreking tijdens het gieten heeft mogelijkwijze een lokaal instorten van de zandvorm tot gevolg. Hetzelfde geldt voor een onzorgvuldig vullen van de gietkom. Men heeft er dus alle belang bij een automatisch gietsysteem te gebruiken.

Het risico op lokaal instorten kan verkleind worden door een onderdruk toe te passen in de zandvorm, die aangehouden wordt tot na de stolling. Dit systeem is in principe voorbehouden voor ijzerlegeringen en biedt, als bijkomend voordeel, een gemakkelijke captatie van de emissiegassen. Deze variëteit heet Replicast terwijl een andere variëteit van de techniek, waarbij geen beroep gedaan wordt op onderdruk, de naam Polycast draagt (zie verder).

Door de tegendruk die ontstaat door de verbrandingsgassen van het polystyreen moet men grotere aansnijdingen gebruiken. De opkomers worden sterk verkleind en kunnen soms zelfs volledig weggelaten worden dankzij de stijfheid van de vorm en de endothermiciteit van de polystyreenpyrolyse.

Na het afkoelen is het uitbreken uiterst eenvoudig: de vormkist wordt omgekeerd of de tros wordt er direct uitgehaald, door fluïdisatie van het zand. Dit is herbruikbaar na ontstopping en afkoelen.

De vervaardiging van polystyreenmodellen

De fabricage van modellen - of van blokken - wordt als volgt uitgevoerd: vooraf geëxpandeerd polystyreen wordt in een vorm, gewoonlijk uit een aluminiumlegering, geïnjecteerd. Vervolgens wordt stoom van 110-120 °C toegevoegd. De vooraf geëxpandeerde vormen verweken en expanderen nog, tot aan de grenzen van de vormholte en in de poriën tussen de bolletjes. Door hun thermoplasticiteit verbinden deze zich met elkaar en men bekomt een model dat een polygonale cellulaire structuur heeft, zonder porositeiten, dat men afkoelt door koud water in te spuiten.

Na de expansie en het ontvormen gaan de modellen doorheen een fase van zwellen en krimpen, die gewoonlijk enkele weken duurt, en gedurende deze tijd vervluchtigen het residuele water en pentaan. De uiteindelijke krimp bedraagt 0,4 tot 0,6 %. Dit fenomeen kan versneld worden in een droogstoof bij 40 tot 50 °C, gedurende een variabele tijd die tot enkele uren kan gaan.

De assemblage van de onderdelen van het model en het samenstellen van de trossen gebeurt met lijmverbindingen (koude lijmen of "hot-melt" lijmen), lassen of nog met mechanische technieken.

Toepassing

Aangezien het vormen gebeurt in contact met het model, beschikken de gietvormen over een goede dimensionale precisie. De technieken kunnen toegepast worden met vrijwel alle gietlegeringen. Het betreft vooral de middelgrote en grote reeksen.

Dit procédé is ook heel interessant voor prototype gietstukken waarvan er slechts één of enkele gegoten worden, waarbij de vervaardiging van een houten model de winst zou hypothekeren en de vervaardigingstermijn te lang zou zijn.

Zeer complexe gietstukken kunnen eveneens met deze techniek vervaardigd worden, waardoor assemblage van verschillende gietstukken kan vermeden worden. Nochtans zijn er beperkingen in verband met de mogelijkheid tot het indringen en verdichten van het zand in alle details van het model.

De gietstukken zijn dikwijls groot: zoals onderstellen voor bewerkingsmachines, persen e.d. in gietijzer, staal of non-ferrolegeringen. De wanddikten gaan van 5 mm tot bijna 1000 mm. Stukken van 50 ton en meer werden reeds met dit procédé gegoten. Voor de productie van grotere gietstukken is het gebruik van een bindmiddel in het zand zoals furaaanhars echter wel noodzakelijk om de vorm voldoende sterk te maken.

Voordelen

- hoge maatnauwkeurigheid;
- vervaardiging van complexe geometrieën, vnl inwendige holtes;
- integratie van verschillende onderdelen in één gietstuk;
- vermindering of uitsluiting van lossingsschuintes (nodig bij andere vormprocédés om te kunnen ontvormen);
- hergebruik van het vormzand, mits thermische behandeling om de organische vervuiling te verwijderen.

Nadelen

Ondanks het feit dat het principe van het Lost Foam gieten reeds lange tijd bekend is, wordt het tot op heden in Europa slechts weinig toegepast. Het fundamentele probleem is dat er veel onderzoek en ontwikkeling nodig is om het proces op punt te stellen. Knelpunten zijn:

- de definitie van het productenpakket: welke gietstuk-geometrieën kunnen met goed gevolg met Lost Foam worden geproduceerd tov. de traditionele methodes;
- de verdichtingstechniek: hoe moet het zand rond de schuimvorm worden getrild opdat alle details (holtes) perfect worden gevuld;
- de keuze van coating en vormzand: deze moeten voldoende gasdoorlaatbaar zijn om de plots ontstane gassen door verbranding van het schuim voldoende snel te laten ontwijken.

Onlangs werd in Nederland door enkele vooraanstaande gieterijen een proefproject gestart rond Lost Foam, waarbij een pilootgieterij werd geïnstalleerd.

b Replicast CS (Ceramic Shell)

Bij de hierboven beschreven technieken met verbruikte modellen laat de pyrolyse van polystyreen een koolstofafzetting na. Laag koolstofstaal wordt aldus oppervlakkig opgekoold, ongelijkmatig en willekeurig verdeeld, wat ontoelaatbaar is. Het Replicast-procédé, als variant van het Lost Foam procédé, ondervangt dit probleem.

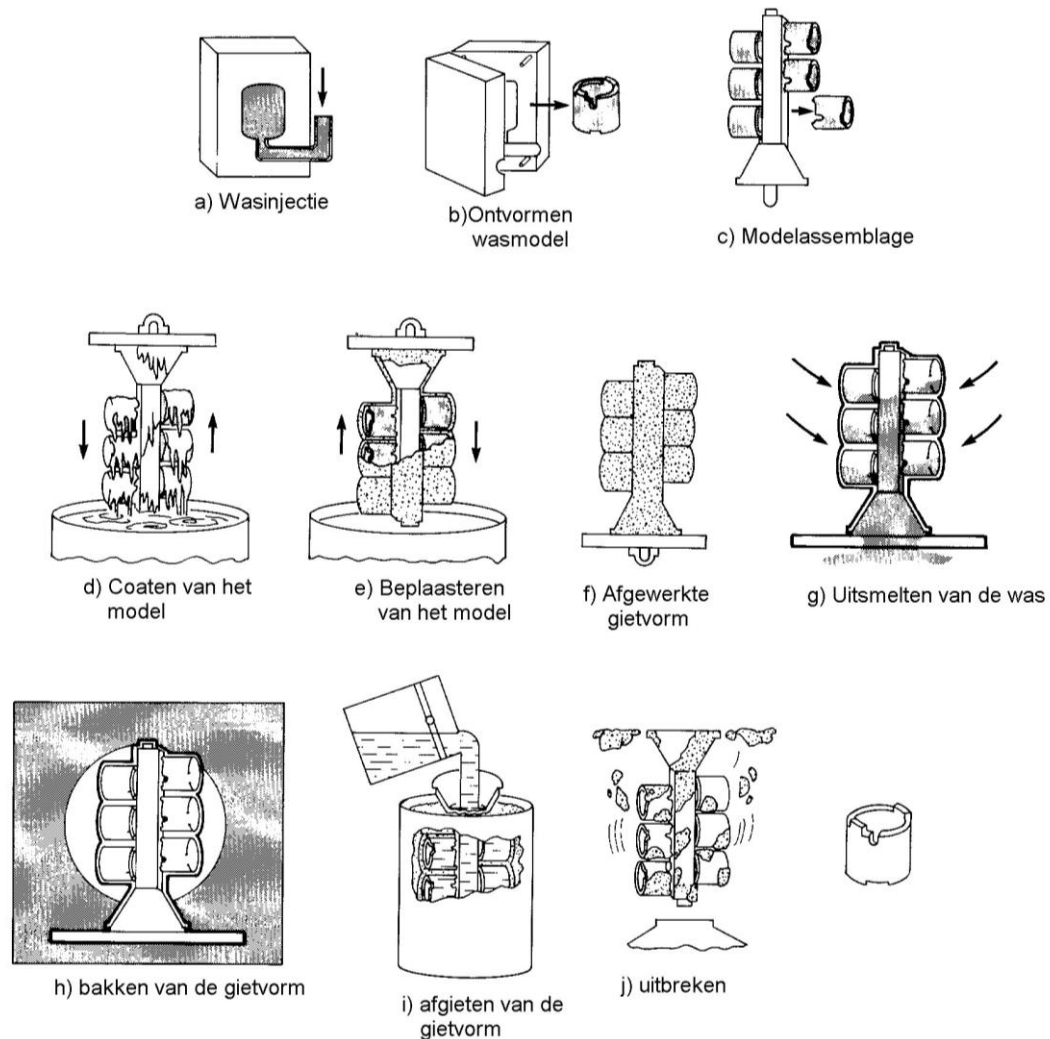
Het polystyreenmodel wordt niet bekleed met een gewone deklaag, maar met ethylsilicaat dat gebruikt wordt in het verloren-was-procédé. Een refractair zand (chamotte, zirkoon, corundum, alumina, ...) wordt gestrooid op de bekleding, die dan wordt uitgehard met ammoniak. Enkele lagen volstaan om een vormschaal van 2 tot 3 mm dikte te bekomen. Deze vormschaal wordt vervolgens gesinterd op 900 °C, om het model te vernietigen en de korrels aan elkaar te doen hechten. Al dan niet afgekoeld, wordt de schaal met ongebonden zand bedekt, getrild, en kan ze onmiddellijk afgegoten worden, in principe onder een onderdruk, die tot na de stolling aangehouden wordt.

Dankzij de cellulaire structuur van het polystyreen gaat de vernietiging niet gepaard met de sterke uitzetting die men bij de verloren wasmethode ondervindt en loopt men dus geen gevaar de dunne schaal te breken.

Het procédé werd ontwikkeld voor het gieten van staal. Er staat echter niets in de weg om het toe te passen op de andere gietlegeringen. Het toepassingsgebied zou dan de grote reeksen van kleine en zelfs middelgrote stukken beslaan, waarvoor een grote maatnauwkeurigheid en een goede oppervlaktekwaliteit gewenst zijn.

3.3.3.8 Lost Wax procédé

Ook aangeduid met precisiegieten, neemt dit procédé een aparte plaats in de gietprocessen. Voornaamste eigenschap is dat een bijna exacte kopie van het wassen model in metaal kan worden vervaardigd met een zeer hoge mate van oppervlakedetail. Daarom is het zeer geliefd voor kunstgietwerk, de vervaardiging van prototypes en hoogwaardige technische gietstukken zeker in harde metaallegeringen die moeilijk na te bewerken zijn zoals bijvoorbeeld turbineschoepen.



Figuur 3.21: Lost Wax gietmethode

Wassen modellen van het te vervaardigen gietstuk worden geassembleerd in een tros (gietboom) samen met het gietsysteem. Deze worden ondergedompeld in een slurry van een vuurvast fijnkorrelig materiaal (kwarts, zirkoon, alumine,...) en ethylsilicaat (colloïdale suspensie van silicium in ethylalcohol). Daaropvolgend wordt de laag gedroogd, waarna een tweede laag wordt aangebracht. Op deze wijze kan men, na het aanbrengen van meerdere lagen (met steeds toenemende korrelgrootte), een schaalvorm omheen het wassen model realiseren.

Vervolgens wordt de was uit de vorm gesmolten in een autoclaaf. Kritiek hierbij is dat de was bij opwarming uitzet en de nog plastische vorm kan doen scheuren of vervormen. Om de schaalvorm zijn volledige sterkte te laten ontwikkelen wordt deze verder verhit bij 800 à 1000 °C waardoor de korrels sinteren. Tevens ontstaan er microscheurtjes in de schaal die een zekere gasdoorlaatbaarheid aan de gietvorm geven en de uitzetting van het vuurvaste materiaal onder invloed van de gietwarmte kunnen opvangen.

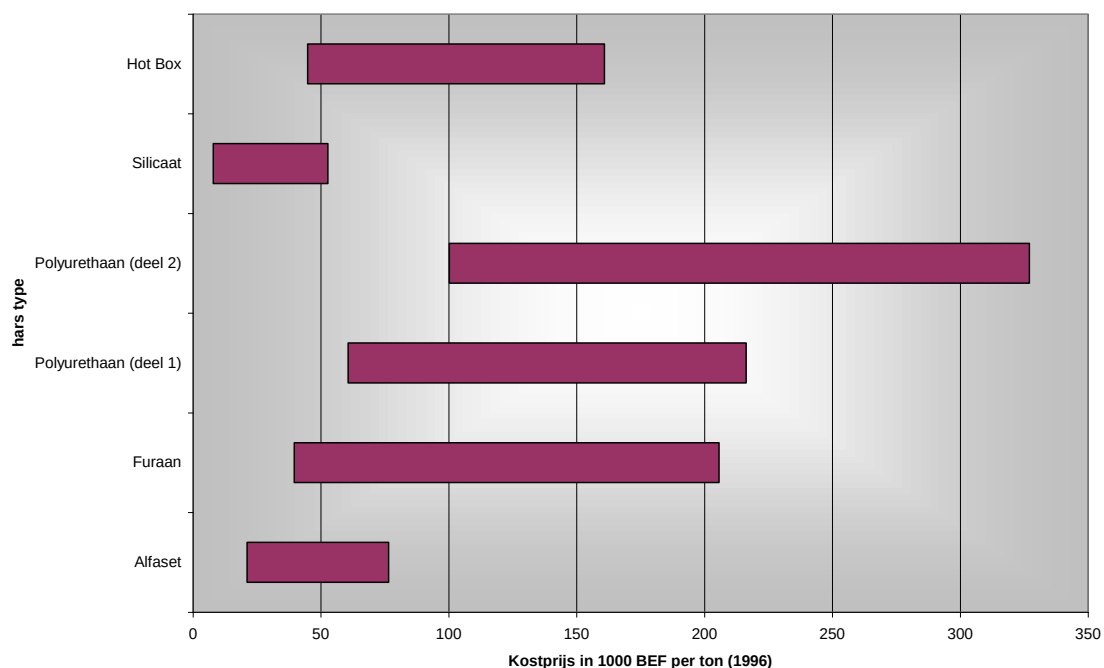
Meestal wordt de verhitte vorm in een bak geplaatst, gestut met los zand en onmiddellijk afgegoten. Na afkoeling van het metaal wordt de keramische vorm gebroken en worden de gietstukken verder bewerkt.

3.3.3.9 Kostenvergelijking van de voornaamste bindmiddelen

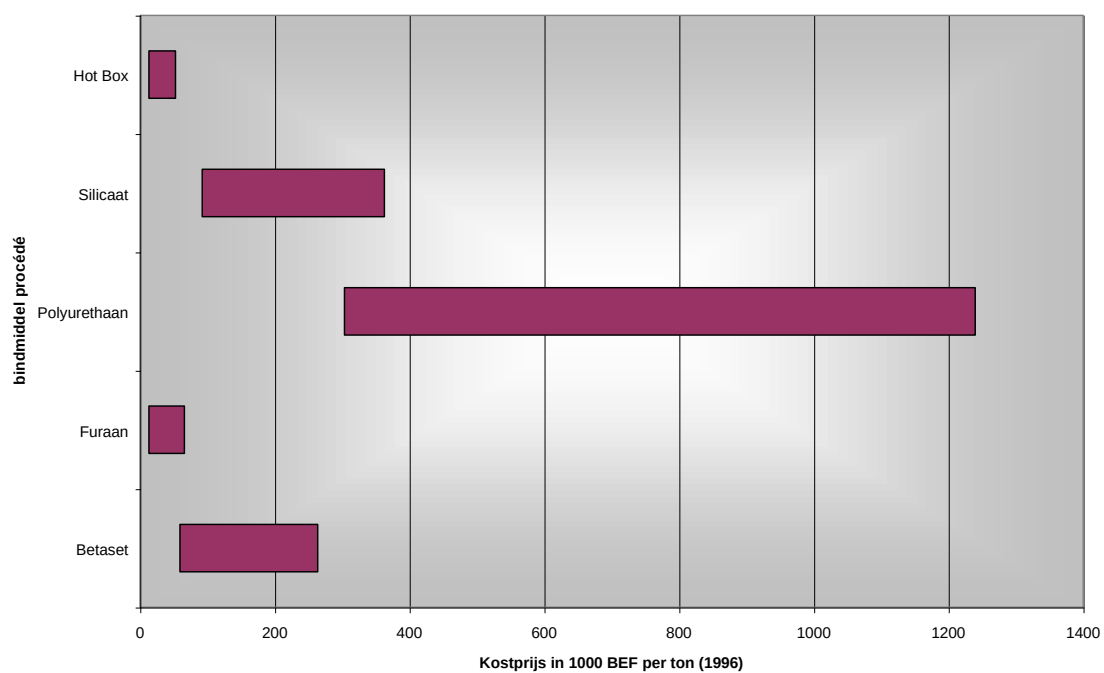
De kosten voor bindmiddelen zijn nogal wijd gespreid. Zo is gekend dat de furaanharsen sterk afhankelijk zijn van de marktprijzen van furfurylalcohol die door speculaties nogal scherpe prijsschommelingen vertoont.

Hoe sneller een bindmiddel uithardt des te groter zijn kostprijs. Hetzelfde geldt voor bijvoorbeeld stikstofvrije bindmiddelen (furaan), die in de staalgieterijen gebruikt worden. Uiteraard is de prijs eveneens afhankelijk van de bestelde hoeveelheid en de transportafstanden (*bron 168*).

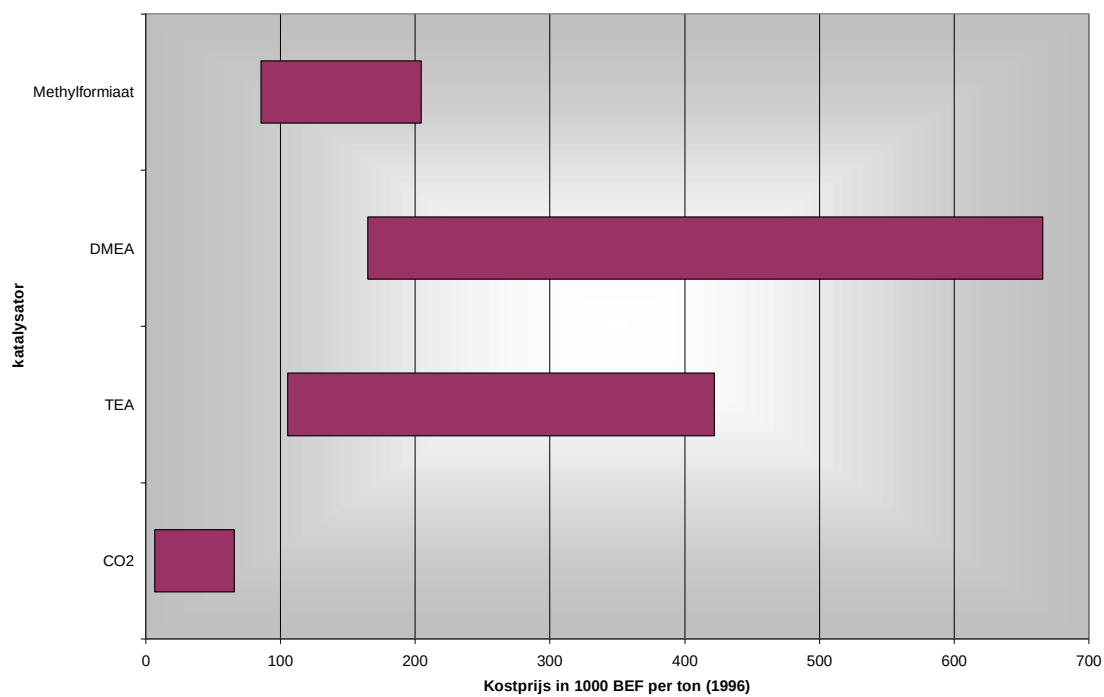
Volgende grafieken geven de prijsmarge weer van enkele courante bindmiddel-systemen, harsen en katalysatoren (cijfers 1996).



Figuur 3.22: Kostprijs van enkele courante harsen (bron 168)



Figuur 3.23: Kostprijs van enkele courante bindmiddelsystemen (bron 168)



Figuur 3.24: Kostprijs van enkele courante katalysatoren (bron 168)

3.3.4 Gieten, koelen en uitbreken

3.3.4.1 Verloren vormen

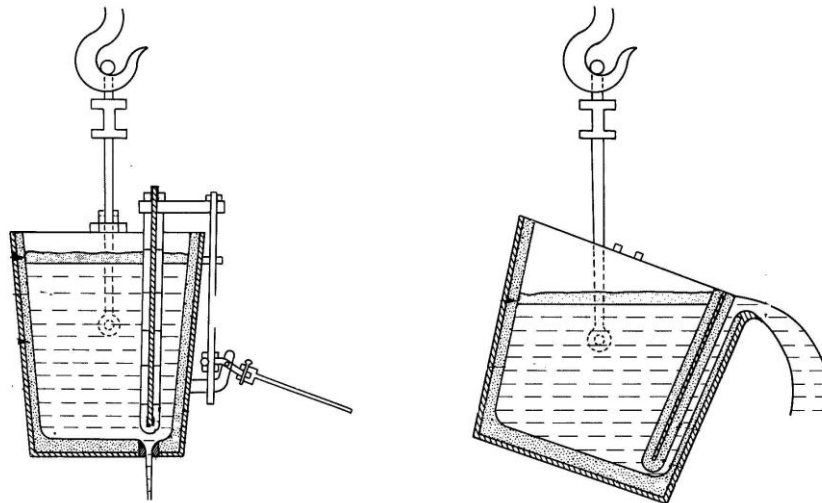
a Gieten

Naargelang de lay-out van de gieterij en de graad van mechanisatie gebeurt het gieten met gietpannen, met een gietautomaat of met een gietoven.

Gietpannen

Het gesmolten metaal, dat de nodige behandelingen heeft ondergaan in de smeltoven of in een (speciale) pan, wordt van het smeltbedrijf overgebracht naar de gieterij. Dit gebeurt veelal door middel van gietpannen die met heftrucks worden verplaatst. In kleinere gieterijen en in de handvormerij treft men hiervoor vaak rolbruggen en monorailsystemen aan.

Het metaal wordt direct vanuit deze pannen in de vormen gegoten. Voor kleine gietstukken gebeurt dit met gietpannen met een tuit, eventueel gebouwd volgens een theepotmodel om slakinsluitingen (bijv. bij nodulair gietijzer) te vermijden. Grote gietpannen zijn voorzien van een gietopening in de bodem, die met een stop wordt geopend of gesloten.



Figuur 3.25: Gietpan met stop (links) en volgens theepotmodel (rechts)

Voor het gieten van kleinere hoeveelheden aluminium schept men de nodige hoeveelheid direct uit de warmhoudoven met een speciale lepel en giet deze direct in de vorm. Dit wordt soms door een robot uitgevoerd.

Gietautomaten

Soms worden speciale gietpannen gebruikt die in een gietautomaat worden geplaatst. Deze werkt dan samen met een volautomatische vormlijn. De bedoeling is om de vormen te vullen terwijl ze zich op de lijn verplaatsen. Hierdoor is een continue beweging van de vormlijn mogelijk. De gietautomaat beweegt dan synchroon mee met de vormen, en gaat terug naar zijn uitgangspositie wanneer de gietpan leeg is. Na verwisseling of bijvullen van de gietpan kan de cyclus herbeginnen. Belangrijk is wel dat het gieten altijd gestuurd wordt door een operator die de gietpan bedient.

In semi-automatische vormlijnen worden de vormen op een gietbaan geplaatst waar zij, in rust, worden gevuld vanuit een gietpan die aan een rolbrug of monorail is bevestigd. Door middel van een kantelmechanisme wordt door de operator de gietpan gekipt en wordt het metaal in de gietvormen overgegoten. Hierna worden de afgegoten vormen samen doorgeschoven naar de koelbaan, terwijl de pan terug naar de oven gaat om gevuld te worden.

Het overschot smelt (restsmelt) uit de pan wordt in de vorm van broodjes afgegoten. Deze worden dan bij een volgende smelting ingezet.

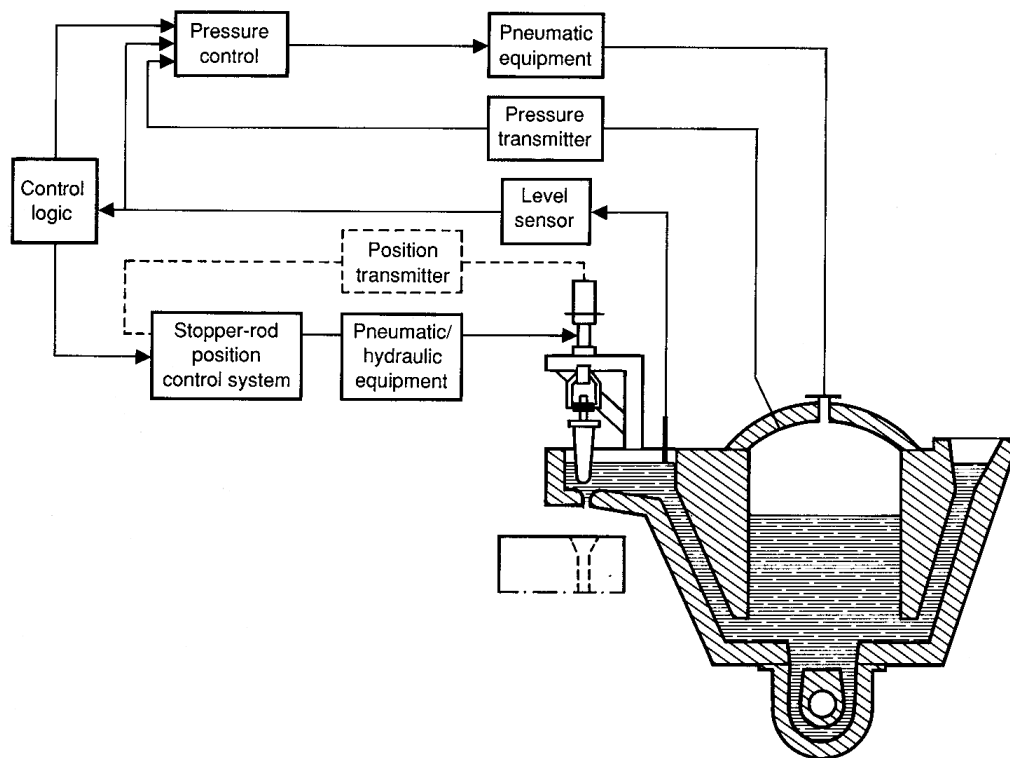
Gietovens

Een volautomatische vormlijn kan ook met een gietoven worden uitgerust. Wanneer een gietvorm net onder de gietopening van de gietbak gepositioneerd staat, houdt de vormlijn stil. Gedurende een ingestelde tijd opent de gietopening door een stop die omhoog wordt bewogen. Doordat het smeltniveau in de gietbak constant wordt gehouden komt telkens precies dezelfde hoeveelheid metaal in de gietvormen terecht. De controle van de vloeistofhoogte gebeurt d.m.v. een vlotter die de gasdruk in de ovenruimte regelt. Op gezette tijden wordt de gietoven aangevuld met gesmolten metaal uit de smeltoven.

Een gietoven kan volledig automatisch functioneren maar kan ook handbediend worden. Meer en meer worden gietovens bewaakt door een (optisch) waarnemingssysteem dat de vormvulling stuurt. Hierdoor kan men de zogenaamde spatverliezen, dit is het teveel aan metaal dat in de gietvorm wordt gegoten, sterk reduceren.

Het gebruik van een gietoven biedt enkele belangrijke voordelen op het vlak van de procesbeheersing. Hij laat toe om:

- het gietproces flexibel te maken t.o.v. het smeltproces, door de buffer aan vloeibaar metaal die aan de vormlijn aanwezig is;
- de giettemperatuur en de gietsnelheid constant te houden, waardoor het gietsysteem optimaal kan worden ontworpen;
- de smelthoeveelheid juist te doseren;
- de hoeveelheid restsmelt (overschot die in de gietpan nablijft en als broodjes wordt afgegoten) te vermijden;
- te gieten zonder slak van het smeltoppervlak mee te sleuren;
- een hoge mate van reproduceerbaarheid te bewerkstelligen.



Figuur 3.26: De gietoven

b Koelen

De afgegoten gietvormen worden verder langs de vormlijn getransporteerd en komen op koelbanen terecht. De lengte van een koelbaan is maatgevend voor de eindtemperatuur die het gietstuk in de vorm zal bereiken vooraleer uitgebroken te worden. Deze temperatuur moet voldoende laag zijn opdat het stuk voldoende sterkte zou hebben om niet te vervormen tijdens het uitbreken en de verdere manipulaties.

Grote gietvormen blijven ter plaatse koelen. De koeltijd kan hier tot meerdere dagen bedragen.

c Uitbreken

Het uitbreken van gietvormen gebeurt volgens twee technieken:

- **uitbreekrooster:** dit is een grootmazig rooster, waarop de gehele gietvorm wordt geplaatst. Een mechanisch trilsysteem bestaande uit een elektrische aandrijfmotor en excentergewichten, brengen het geheel aan het trillen (10 à 20 Hz). De zandvorm wordt door deze mechanische krachten gebroken, het zand valt door de mazen in een opvangbak vanwaar het naar de zandbereiding gaat. Het gietstuk blijft op het rooster achter, vanwaar het manueel of met de rolbrug ontnomen wordt. Om de werking te versnellen wordt de vorm soms vooraf uit de vormkast gedrukt met een hydraulische stempel. Hierdoor kunnen ook de vormkasten sneller circuleren.
- **uitbreektrommel:** dit is een cilindrische zeef die om haar horizontale as draait, het zand wordt door zijn eigen gewicht verkruid en valt door de mazen naar een

tweede uitwendige cilinder voorzien van een transportspiraal. Aan het uiteinde komen gietstukken en zand gescheiden uit de trommel. Dit systeem kan ook trillend uitgevoerd worden om de efficiëntie te verbeteren. Het wordt gebruikt voor kleinere gietstukken uit lamellair gietijzer in bentonietgebonden vormen, die altijd vooraf door een stempel uit de vormkast zijn geduwd.

Zeer grote gietstukken worden ter plaatse uitgebroken met pneumatische hamers.

3.3.4.2 Duurzame vormen

Zoals de term duurvormen aangeeft worden hier gietvormen bedoeld die meermaals kunnen worden afgegoten. Het zijn doorgaans metalen vormen die door geavanceerde metaalbewerkingstechnieken en gepaste warmtebehandelingen worden vervaardigd. De verschillende vormdelen worden samengedrukt in een klem- of perssysteem zodat zij tijdens het gieten niet kunnen bewegen t.o.v. elkaar. Veelal worden zij uitgerust met een temperatuursregeling bestaande uit een verwarming- en een koelsysteem. Verwarming is nodig om te voorkomen dat het gietmetaal tijdens de gietfase voortijdig zou stollen, koeling is nodig om de warmte van het gietmetaal af te voeren en de vormtemperatuur in regime te houden. Een openings- en sluitingsmechanisme laat toe het gietstuk uit de vorm te halen, doorgaans met behulp van een uitstootsysteem.

Gezien de relatief hoge kostprijs van deze gereedschappen worden zij enkel aangewend voor de productie van kleiner gietwerk in grote tot zeer grote series. Kenmerkend voor duurzame vormen is hun standtijd. Dit is het aantal gietstukken dat ermee kan worden geproduceerd vooraleer ontoelaatbare maatafwijkingen of structurele defecten optreden. De standtijd is in hoofdzaak functie van de gietlegering, de geometrie en de gebruikte gietparameters.

Tabel 3.8: Te verwachten standtijd van duurzame vormen in functie van de gietlegering

Standtijd	Gietlegering
5 000	gietijzer
25 000	koper
50 000 à 150 000	aluminium
100 000 à 200 000	magnesium
250 000	zink

De voordelen van het gebruik van een metalen gietvorm zijn velerlei:

- de gietstukken vertonen een hoge maatnauwkeurigheid en gladde oppervlakken;
- de hoge afkoelsnelheid van het gietmetaal geeft aanleiding tot fijnere en meer uniforme kristalstructuren (verhoogde mechanische eigenschappen), minder porositeiten;
- door de metalen vorm kan een gerichte stolling bewerkstelligd worden waardoor minder slinkproblemen optreden;
- de gietkanalen zijn heel kort waardoor het gietrendement veel gunstiger is;
- de meeste gietprocessen met duurvorm zijn quasi volledig te automatiseren en vragen veel minder investeringen dan gieten met verloren vormen.
- geen verbruik van zand en bindmiddelen, minder vervuiling van de arbeidsplaats door de afwezigheid ervan.

Vergeleken bij het gieten in verloren vormen zijn de voornaamste nadelen:

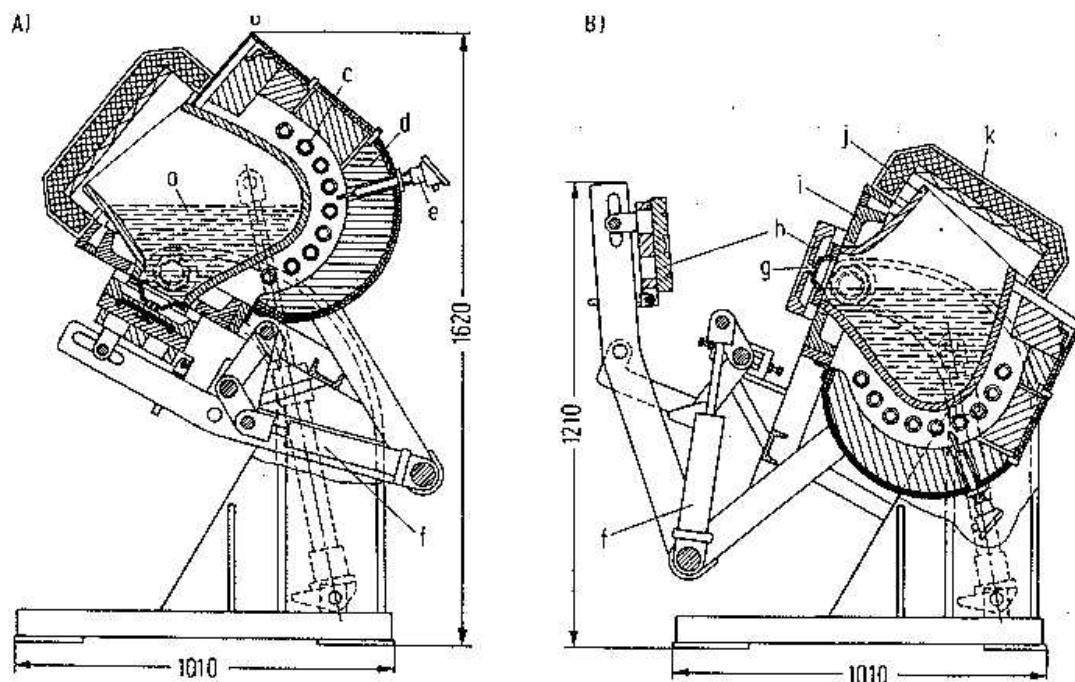
- de gereedschappen (metallische vorm) zijn duur, deze technieken zijn daarom enkel geschikt voor de productie van zeer grote series;
- deze procédés lenen zich enkel voor het vervaardigen van kleine tot middelgrote gietstukken met een relatief eenvoudige geometrie;
- de aanpassing van de gietvorm (gietsysteem) is complex of soms onmogelijk;
- bij hokedrukieten is het produceren van dunwandige gietstukken beperkt;

De gietprocessen worden hier ingedeeld in functie van de drijvende kracht die het metaal in de gietholte duwt. De benamingen spreken voor zichzelf: (graviteits)-coquillegieten, lagedrukieten, hokedrukieten, centrifugaalgieten

a Coquillegieten

Het vloeibare metaal wordt onder invloed van de zwaartekracht in de gietholte geleid. In zijn eenvoudigste vorm wordt het gietmetaal met een gietlepel in de voorverwarmede (elektrische weerstanden, gasbranders) gietvorm gegoten. De vorm bezit, net zoals bij het gieten in verloren vormen, een gietsysteem bestaande uit een giettrechter, gietstam, gietloop en aansnedes langs waar het metaal in de eigenlijke vormholte wordt geleid. Na een zekere wachttijd is het metaal voldoende afgekoeld en worden de vormdelen geopend om het stuk eruit te halen. Na reinigen en opnieuw sluiten van de vorm vangt een nieuwe gietcyclus aan.

Meer complexe gietstukken vervaardigt men via het kantelgieten. De gietvorm wordt hier, voorzien van een metaalreservoir, in een kantelraam geplaatst. Door de kantelbeweging stroomt het metaal in de gietholte. De sturing van de kantelbeweging laat in zekere mate toe de gietsnelheid van het metaal te regelen.



A)gietstand B) ruststand

Figuur 3.27: Graviteitsgieten

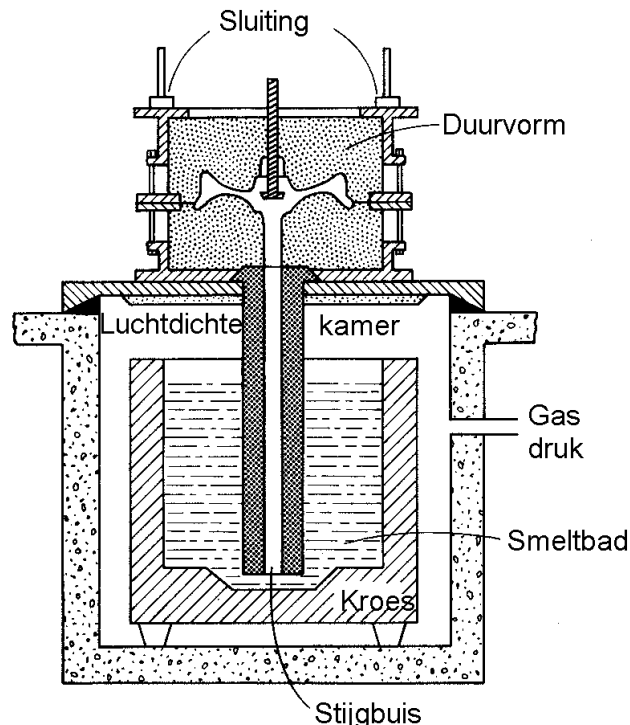
Bij deze processen is het mogelijk dat zandkernen in de gietvorm worden geplaatst.

De inwendige oppervlakte van de metalen gietvorm wordt op geregelde tijdstippen bekleed met een deklaag. Deze beïnvloedt de thermische eigenschappen van de gietvormoppervlakte. Men gebruikt isolerende deklagen (zoals alumine, vermiculiet of kleisoorten met waterglas als bindmiddel) en of warmtegeleidende deklagen (grafiet, oliën). Zij worden meestal met een spuitpistool aangebracht, en gedurende de productie regelmatig bijgewerkt met de borstel.

Een lossingsmiddel, meestal op basis van siliconen, kan eveneens op de metalen vormoppervlakte worden aangebracht, waardoor het gietstuk minder aan de oppervlakte kleeft en gemakkelijker uit de vorm te nemen is.

b Lagedrukgieten

Gieten onder lage druk gebeurt door de gietvorm direct op een aangepaste (warmhoud)-oven te plaatsen waarin het metaal op temperatuur wordt gehouden. De onderzijde van de gietvorm staat via een keramische stijgbuis, die door het gasdichte ovendeksel steekt, met het smeltbad in verbinding. De oven is voorzien van een gasdicht deksel zodat door toepassing van een gasdruk (inert gas of lucht), druk op het smeltbad kan worden uitgeoefend, van 0,1 à 0,5 mbar. Hierdoor stijgt het metaal door de stijgbuis in de voorverwarmde vorm en vult de gietholte. Ontluchtingskanalen laten de ingesloten lucht naar buiten ontsnappen.



Figuur 3.28: Lagedrukgieten

Eens de vorm gevuld is, wordt de druk opgevoerd tot 1 à 2 bar, zodat het koelende en stollende metaal nagevoed wordt (opkomerfunctie). Belangrijk is hierbij wel dat de

stolling gericht verloopt van het bovenste gedeelte van de vorm naar de aansnede toe, anders zou de navoeding gebrekkig of onvolledig verlopen. Van zodra de stolling in de aansnede is beëindigd wordt de overdruk weggenomen en het resterende metaal uit de stijgbuis zakt terug in de oven. Wanneer de gewenste eindtemperatuur van het gietstuk is bereikt, wordt de vorm geopend en het gietstuk uitgenomen.

Ook hier worden deklagen op de vormoppervlakte aangebracht zoals hierboven reeds beschreven. Men gebruikt metalen of zandkernen met hoge sterkte (Croning, Cold Box) om holtes in het gietstuk te realiseren.

De voornaamste specifieke kenmerken van het lagedrukgieten zijn dat door:

- de gecontroleerde gietsnelheid er nagenoeg foutvrije gietstukken kunnen worden geproduceerd;
- de belangrijkste navoedingsfunctie in de stijgbuis te lokaliseren en door de afwezigheid van een gietstam en -trechter, het gietrendement verbetert;
- de relatief trage gietsnelheid en de nood aan een gerichte stolling de techniek eerder geschikt is voor min of meer axisymmetrische gietstukken zoals velgen.

c Hogedrukgieten

Door middel van een hydraulische zuiger wordt het vloeibare metaal vanuit een drukkamer in de gietvorm geduwd. De hiertoe aangewende druk ligt, afhankelijk van de legering en de geometrie, rond de 200 à 700 bar en meer.

Door deze druk ontstaat een hoge (turbulente) stroomsnelheid waardoor men erin slaagt gietstukken met een grotere oppervlakte en dunnere wanden te produceren dan wat bij graviteits- of lagedrukgieten mogelijk is.

Het stollen onder deze hoge drukken geeft aan het gietstuk een zeer hoge maatnauwkeurigheid en heeft eveneens voor gevolg dat ingesloten gasbellen slechts een klein volume innemen, waardoor zij zich als microporositeiten manifesteren.

Daartegenover staat dat door de hoge stroomsnelheden enkel metallische kernen kunnen worden gebruikt wat een beperking legt op de gietstuk complexiteit die men kan nastreven. Daarenboven is vanwege de hoge drukken die men op het gietmetaal uitoefent de grootte van de gietstukken beperkt door de sluitkracht van de gietvorm die de vormdelen op hun plaats moet houden.

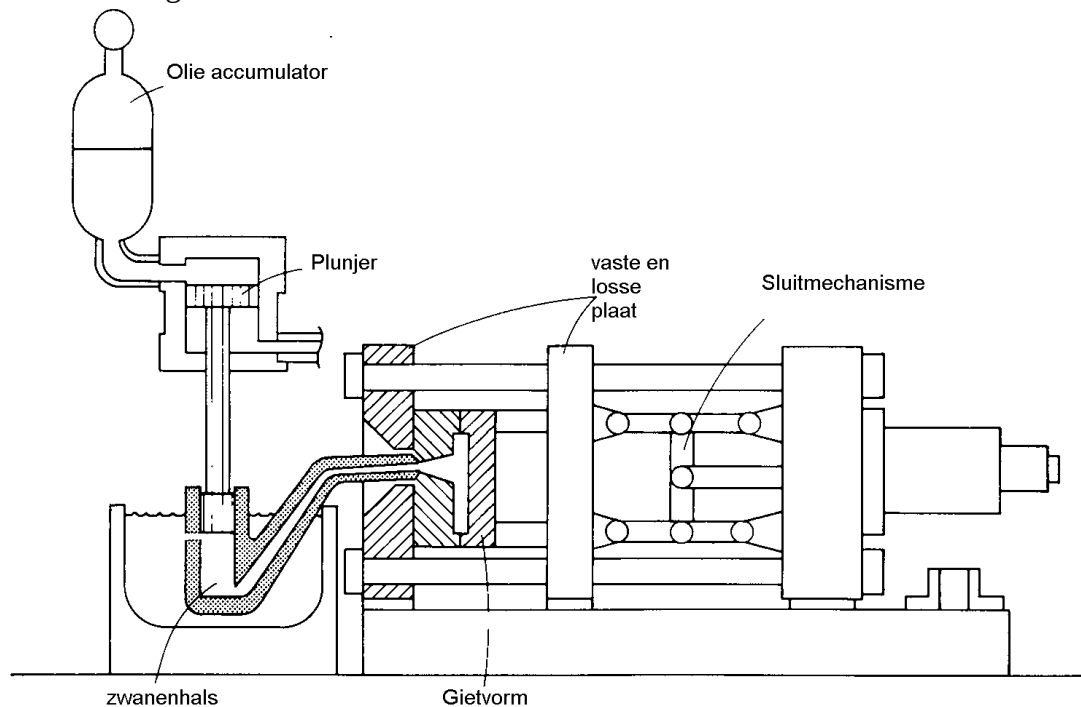
Naargelang de opstelling onderscheidt men twee technieken bij het hogedrukgieten.

- het warme kamer proces
- het koude kamer proces

Warme kamer

Warme kamer machines bestaan uit een smelt- of warmhoudoven waarin een drukkamer in ondergedompeld zit. Deze staat met de gietvorm in verbinding via een kanaal in de vorm van een zwanenhals. Via een opening in het hogergelegen deel van de drukkamer kan het metaal binnenstromen. Tijdens de neerwaartse beweging van een hydraulische

plunjer in de drukkamer wordt in eerste instantie deze opening afgesloten en vervolgens stroomt het metaal onder druk vanuit de drukkamer via de zwanenhals naar de voorverwarmde gietvorm.



Figuur 3.29: Hogedrukgieten met warme kamer

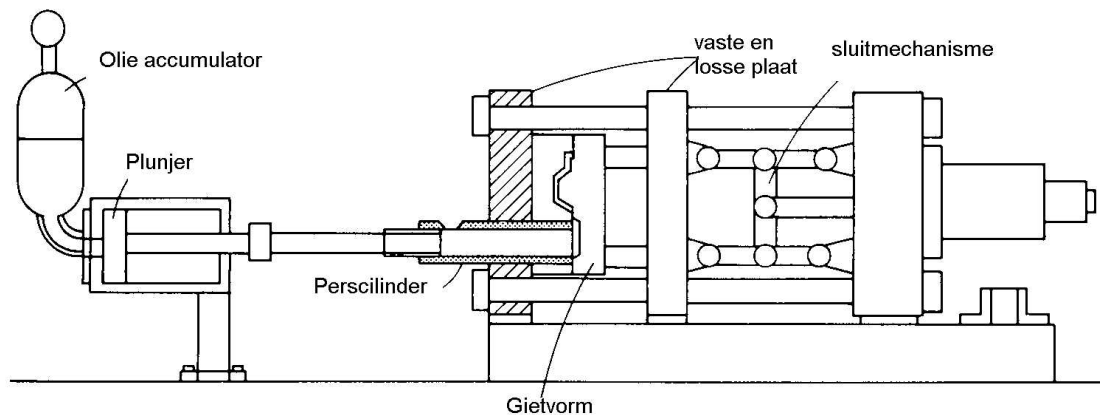
Wanneer het metaal in de gietvorm is gestold, valt de druk weg en neemt de plunjer opnieuw zijn hoogste stand in, waardoor nieuw metaal in de drukkamer kan stromen. De gietvorm wordt geopend en het gietstuk uitgenomen. Na inspectie, koelen en sluiten van de vorm kan de cyclus hervatten.

Op geregelde tijdstippen wordt de oven bijgevuld hetzij met smelt hetzij met koud materiaal. Het is hierbij belangrijk om zo weinig mogelijk temperatuursvariatie in de ovenruimte te veroorzaken, om de giettemperatuur zo constant mogelijk te houden.

Door zijn compacte vorm is deze methode zeer rendabel. Nochtans wordt zij enkel toegepast voor metaallegeringen met een laag smeltpunt (Zn, Pb, Sn en Mg) die bovendien ongevoelig zijn voor de opname van Fe, vanwege het continue contact op hoge temperatuur tussen smelt en het druksysteem.

Koude kamer

Met een gietlepel brengt men in een reservoir de benodigde hoeveelheid gesmolten metaal aan, waarna een hydraulische plunjer het materiaal in de gietvorm stuwt. De plunjer beweegt bij aanvang traag om zo weinig mogelijk lucht in te sluiten. Eenmaal de aansnede van de gietvorm is gevuld stijgt zijn snelheid naar een maximum dat behouden blijft gedurende de volledige vulfase. Hierna wordt de druk opgevoerd en aangehouden tijdens de afkoeling en de stolling, om de porositeit door krimp en de ingesloten lucht minimaal te houden.



Figuur 3.30: Hogedrukgieten met koude kamer

De volledige operatie verloopt binnen enkele seconden waardoor er weinig risico is op verontreiniging van de smelt door het contact met het druksysteem (opname van Fe). Omdat dit laatste slechts korte tijd met het metaal in contact staat kunnen met koude kamer gietmachines ook legeringen met hoger smeltpunt zoals Al en Cu worden toegepast.

Voor beide processen is het koelen en smeren van de gietvorm zeer belangrijk. Ondanks interne koelwatercircuits is het extra koelen van de vormoppervlakte noodzakelijk. Tussen twee gietingen in wordt daarom een koelsmeermiddel, zijnde een emulsie van siliconen of was op waterbasis (97 à 99 %) op de vormoppervlakte gespoten. De verdamping van het water zorgt voor een intense koeling van het oppervlak, waardoor de gietwarmte in belangrijke mate wordt afgevoerd. De nablijvende constituenten zorgen voor een bescherming van het vormoppervlak en smeren de bewegende delen van de gietvorm.

d Centrifugaalgieten

De techniek van het centrifugaalgieten bestaat erin om het gesmolten metaal in een roterende gietvorm te gieten. Door de centrifugaalkracht (75 à 200 g) beweegt het metaal weg van de rotatie-as en wordt het tegen of in de vormholtes geduwd. Deze techniek wordt o.a. angewend om holle gietstukken te produceren zoals buizen.

De rotatie-as kan licht geheld zijn (horizontaal gieten), bijv. voor buizen of walscilinders, of verticaal zijn, bijv. voor ringvormige gietstukken.

De mogelijkheid bestaat om kernen uit zand in de gietvorm te plaatsen. Belangrijk is dat de techniek werkt met een zeer goed gietrendement, door de afwezigheid van een gietsysteem.

De oppervlaktebehandeling met deklagen is hier analoog als bij het gieten in coquille.

3.3.5 Afwerking van de gietstukken

De afwerking van brute gietstukken omhelst alle bewerkingen die nodig zijn om tot een finaal gietstuk te komen. Naargelang het geval zijn verschillende bewerkingen nodig met tot doel:

- verwijderen van het gietsysteem;
- het verwijderen van vormzand dat nog aan de gietstukoppervlakte gehecht is, en van kernresten in de gietstukholtes;
- ontbramen van het gietstuk;
- herstelling van gietfouten;
- voorbereiding van de gietstukken voor mechanische nabewerking, montage, thermische nabehandeling, verven.

Men gebruikt hiervoor een groot aantal technieken die naargelang het geval worden ingezet.

3.3.5.1 Verwijderen van het gietsysteem

Bij de afwerking van brute gietstukken vindt men o.a. volgende bewerkingen terug:

- breken: bij brosse legeringen zoals lamellair gietijzer kan men het gietsysteem met een hamerslag, met een hydraulische wig of met een pers van het gietstuk afbreken;
- doorslijpen met slijpschijven, handmatig of semi-automatisch;
- snijbranden: voor het verwijderen van massieve stukken in gietstaal gebruikt men doorgaans zuurstofgasbranders;
- zagen.

Door de aansnijdingen goed te dimensioneren kan men er voor zorgen dat het gietsysteem reeds bij het uitbreken van het gietstuk afbreekt. Dit is vnl. bij lamellair gietijzer mogelijk.

3.3.5.2 Ontzanden van het gietstuk

De verwijdering van zand van het gietstukoppervlak gebeurt in straalcabines, waarbij het straalmedium afhankelijk is van het te behandelen materiaal. Dit varieert van staalkorrels (grit) tot glasparels. Voor het reinigen van modelplaten of duurvormen gebruikt men eveneens glasparels, aluminiumkorrels of CO₂-ijskorrels.

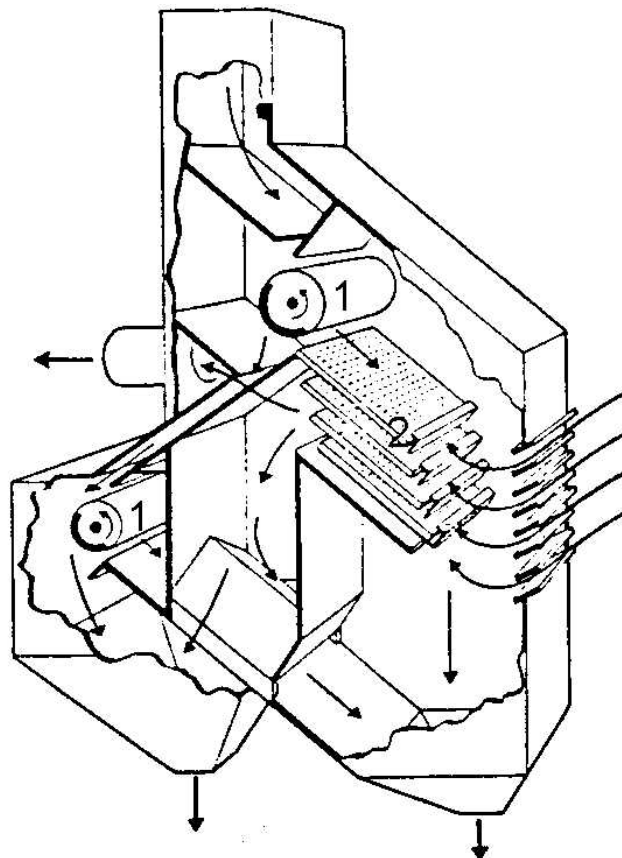
Het gritstralen van gietstukken gebeurt op verschillende manieren. De aandrijving van het grit kan gebeuren met perslucht of met werpwielen (turbines). De behandeling gebeurt steeds in een gesloten ruimte waarvan de deuren met rubber zijn afgedicht.

De gietstukken worden opgehangen aan een monorail en gaan dan batchgewijze door de straalcabine heen. Kleinere stukken gaan via een speciale transportband door de machine.

Het grove stof (zand en metaalschilfers) dat van het gietstuk wordt losgeslagen wordt samen met het grit onderaan opgevangen, ontstof, magnetisch gescheiden en gezeefd. De fijne fractie wordt via een doekfilter uit de afgezogen luchtstroom verwijderd samen

met het stof uit de grove fractie. De zuivering van het grit, voor hergebruik is zeer belangrijk. De aanwezigheid van zandkorrels tussen het straalmiddel zorgt immers voor een snel uitslijten van de schoepen van de turbines.

Grote gietstukken worden met een lans gestraald in een afgesloten ruimte. De persoonlijke bescherming is hier zeer belangrijk. Een helm met stofmasker en geïncorporeerde ademhalingsapparatuur zijn onmisbaar. Het stof en het grit worden na de bewerking verzameld en gezuiverd.



1)magneettrommels 2)windzeving

Figuur 3.31: Recuperatie van het straalgrit

3.3.5.3 Ontbramen van het gietstuk

Voor het verwijderen van bramen, die ontstaan op plaatsen waar de vormdelen en kern- delen samenkomen, vinnen en andere uitstulpingen aan het oppervlak (breukvlakken van gietsysteemelementen in aansneden of opkomers) worden slijpschijven en slijp- stenen gebruikt. Bij de eerste is het gereedschap handbediend, bij de tweede wordt het gietstuk tegen de draaiende steen geduwd.

De automatisering van deze bewerkingen is in veel gevallen moeilijk uitvoerbaar door een aantal redenen:

- de plaats, de grootte en de geometrie van de te verwijderen delen is variabel;
- het gietstuk moet eenvoudig en snel opgespannen kunnen worden;
- de automatiseringskosten zijn enkel draagbaar bij grote series.

Nochtans biedt het volautomatische bewerken van gietstukken het voordeel dat zij in een afgesloten ruimte kan gebeuren.

Andere, meer specifieke ontbramingsbewerkingen zijn:

- glijdend slijpen: kleinere gietstukken worden met “stenen” uit gebonden slijpmiddel in draaiende of trillende trommels of goten omgewalst. Door het schuren tegen elkaar en tegen de slijpstenen worden de bramen en aangietingen verwijderd. Deze bewerking kan nat of droog gebeuren. Er bestaat een ruime keuze aan slijpsteengeometrieën en materialen;
- trommelen: kleinere gietstukken worden tegen elkaar gewreven in sneldraaiende trommels waardoor de oppervlakte zuiver wordt en scherpe hoeken afgerond worden.

3.3.6 Vormzandrecyclage

Onder invloed van het groeiende milieubewustzijn en niet te vergeten de sterk toegenomen kosten voor nieuwe materialen en afvalverwijderingskosten, is in de laatste decennia een grote belangstelling ontstaan voor technieken die een verder doorgedreven hergebruik van vormzand mogelijk maken.

Daarbij bestaan twee opties:

- intern hergebruik: het vormzand wordt "gezuiverd" en opnieuw in de gieterij ingezet.
- extern hergebruik: vormzand wordt als secundaire grondstof in andere industriële sectoren gebruikt ter vervanging van primaire grondstoffen.

3.3.6.1 Interne recyclage

Om dit onderwerp te kunnen behandelen moet men een onderscheid maken tussen bentonietgebonden en harsgebonden vormzanden.

Zoals reeds besproken wordt bentonietgebonden zand in een kringloop gebruikt, waarin zandverversing wordt toegepast opdat de kwaliteit van het vormmateriaal gehandhaafd blijft. De hoeveelheid zand die ververst wordt, is in hoofdzaak functie van de input van kernzanden en de verliezen uit de kringloop (bijv. door ontstopping of zand dat aan de gietstukken blijft kleven). De mogelijkheid tot recyclage is rechtstreeks gekoppeld aan de zandverseringsgraad.

Bij kernloos gietwerk bedraagt de zandverseringsgraad gemiddeld 1 à 3 % d.w.z. dat in de menger 10 à 30 kg nieuw zand per ton vormzand wordt toegevoegd. Vlak na het uitschudrooster, of uit de opslagbunkers wordt een gelijke hoeveelheid uit de kringloop verwijderd, hoewel deze restfractie nog als vormzand bruikbaar is. Na een zuiverings-

behandeling kan het materiaal ter vervanging van nieuw zand opnieuw aan de kringloop worden toegevoegd.

Bij matig kernhoudend gietwerk gebeurt een deel van de zandverversing automatisch door de inbreng van kernzand. Nieuw zandtoevoegen aan de menger wordt derhalve meestal overbodig. Ook hier verwijdert men een (rest)fractie om de totale zandmassa in evenwicht te houden. De enige mogelijkheid tot hergebruik is het dermate te reinigen dat het ter vervanging van nieuw zand in de kernmakerij kan worden gebruikt.

Bij zeer kernintensief gietwerk wordt er in principe veel meer zand aan de kringloop toegevoegd dan strikt noodzakelijk voor de zandverversing. Er bestaat een evenwicht tussen het verbruikte nieuw zand in de kernmakerij en de restfractie uit de kringloop. Hergebruik zal dus ook hier via de kernmakerij moeten geschieden.

Samengevat kan men stellen dat het grootste potentieel voor recyclage ligt bij de kernmakerij. De technische basisvoorwaarde is echter dat het dermate gereinigd wordt dat het als alternatief voor nieuw zand kan dienen in de kernmakerij. Men kan hier een bedrijfseconomische basisvoorwaarde aan koppelen met name dat de kostprijs van 1 ton gereinigd vormzand maximaal gelijk mag zijn aan de kostprijs van 1 ton nieuw zand (ong. 1000 BEF) vermeerderd met de verwijderingskosten van 1 ton afvalzand (0 tot 5000 BEF) - (cijfers anno '99 Vlaanderen).

Men ziet dus snel dat enkel al op het financiële vlak er enorme verschillen kunnen ontstaan per individuele bedrijfssituatie. Zo heeft de mogelijkheid om het zand als secundaire grondstof van de hand te kunnen doen (waarvoor de gieterij bijv. de transportkosten voor haar rekening neemt) een maximale kostprijs van gerecycleerd zand van 1500 à 2000 BEF per ton. Is een bedrijf verplicht om in storklasse I de restfractie te verwijderen dan bedraagt deze ca. 6000 BEF.

Kernen worden, zoals reeds besproken, geproduceerd met nieuw zand en hoogwaardige harsen. De reden hiertoe is dat tijdens het gieten de kern, behalve aan zijn uiteinde(n), volledig ingesloten wordt door vloeibaar metaal. Hierdoor moet hij kunnen weerstaan aan de spanningen die ontstaan door de uitgeoefende metallostatische druk en de thermische uitzetting van het (kwarts)zand, zonder veel te vervormen. Bovendien ontstaan onder invloed van de thermische degradatie van het bindmiddel gassen die een goede vormvulling kunnen belemmeren door het opbouwen van een tegendruk in de gietholte of die gasblazen kunnen vormen. Om de hoeveelheid gevormde gassen tot een minimum te herleiden kiest men voor een zo laag mogelijk bindmiddelgehalte. Een tweede reden is dat de kern later uit het gietstuk verwijderd moet worden. Wanneer men teveel bindmiddel gebruikt, is de eindsterkte van de kern vrij hoog zodat veel ontkernwerk nodig is.

Een kern moet dus zo sterk mogelijk zijn (tijdens het gieten), doch met een minimaal bindmiddelgehalte. Men bereikt dit resultaat met een combinatie van nieuw zand en harsen uit de polyurethaan- of novolak-groepen. De hechting van het bindmiddel is veel beter aan een zuiver kwartsoppervlak dan aan een verontreinigd.

Zoals verder besproken wordt, leveren de recyclagebehandelingen voor bentoniet-gebonden zand doorgaans een vrij matig tot slechte kernzandkwaliteit op, hetgeen tot zekere hoogte kan verbeterd worden door er nieuw zand aan toe te voegen. Afhankelijk

van het type kernen dat ermee moet geproduceerd worden is het product bruikbaar of helemaal niet. Grote, massieve kernen zijn veel toleranter dan slanke, complexe kernen.

Een belangrijk punt is ook de zandopbrengst van deze behandeling. Hoeveel zand men na behandeling van de initiële hoeveelheid overhoudt, is immers sterk afhankelijk van het uitgangsmateriaal.

Voor bentonietgebonden zand ligt het theoretisch maximum bij 65 à 75 %. Dit stemt overeen met de kwartskorrelinhoud van het materiaal. Immers naast kwarts treft men volgende elementen aan:

- 4-10 % bentoniet;
- 5%-10 % inerte stof;
- ± 3 % water;
- ± 4 % organisch materiaal;
- ± 2 % ijzer;
- additieven (ijzeroxide, mineralen,...).

Voor harsgebonden zand zijn de recyclage-aspecten nog complexer. Daar furaanzand het meest gebruikt wordt, zullen we hier dit materiaal verder voor ogen houden.

Ook met dit type vormzand werkt men in kringloop, zoals eerder beschreven. De zandverversingsgraad is echter veel hoger en bedraagt 5 à 30 %. De zandverversing is onder andere noodzakelijk om het gehalte aan organisch materiaal, zwavel (en stikstof) op peil te houden. Los van de gebruikte hoeveelheid kernen, bestaat hier dus duidelijk een grotere mogelijkheid tot recyclage, indien de kwaliteit die van nieuw zand benadert. Belangrijk onderscheid is dat het materiaal grotendeels als vormzand en niet zozeer als kernzand kan worden gebruikt, waardoor de eisen qua zuiverheid minder stringent zijn. Bovendien kan men in bepaalde gevallen werken met het zogeheten contactzand. Hierbij wordt op de modelplaat een eerste laag vormzand van hoge kwaliteit aangebracht en nadien bijgevuld met "vulzand" van mindere kwaliteit.

Een bijkomend voordeel is dat de bovenvermelde contaminanten zich makkelijk laten verwijderen door een behandeling van het zand bij 700 à 800 °C. Vandaar dat (thermische) recyclage in dergelijke gieterijen veel verder is doorgedrongen dan in bentonietgebonden gieterijen, waarin zij (wereldwijd) slechts sporadisch wordt toegepast.

Voor een chemisch gebonden zand is door het gehalte organisch materiaal en de stoffractie de hoeveelheid terugwinbaar kwartszand gelegen rond 90 à 95 %.

3.3.6.2 Koude recyclage met mechanische systemen

Het doel van deze behandeling is het verwijderen van de residuele bindmiddellaag van de zandkorrels door wrijving en of door impact. Deze kan intergranulair of tegen vaste of bewegende hindernissen gerealiseerd worden.

Verschillende systemen zijn hiertoe in de handel verkrijgbaar:

- mengers;
- vibrerende systemen;

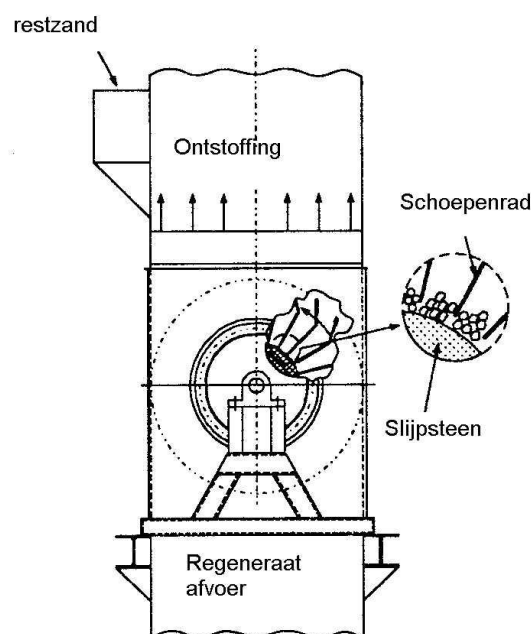
- impactsystemen: hierbij worden de zandkorrels versneld door een schoepenwiel en tegen een wapening geprojecteerd;
- slijpmolens: de zandkorrels worden zacht geslepen door contact met een roterende slijpsteen.

De praktijk wijst uit dat deze koude behandeling voornamelijk voor bentonietgebonden zand met goed gevolg kan worden ingezet, zeker voor wat het slijpen betreft. Het succes is echter sterk afhankelijk van de aanwending van het behandelde zand (welke kernen en met welke bindmiddelen men ze aanmaakt).

Vibratie- en impactsystemen worden ook voor chemisch gebonden zand gebruikt maar de kwaliteit van het behandelde zand is doorgaans matig. Deze behandelingstechnieken horen meer thuis in de conventionele vormzandkringloop.

Belangrijke aandachtspunten bij deze behandelingstechnieken zijn dat:

- het zand voldoende droog moet aangeleverd worden: bentonietgebonden zand zal daarom eerst moeten gedroogd worden;
- het zand voldoende zuiver moet aangeleverd worden om een goed behandelingsresultaat te realiseren (bijv: ijzerklompen kunnen het toestel beschadigen);
- een eventuele voorverwarming tot 200 à 300 °C de bindmiddelfilm (silicaatzand) bros maakt, waardoor hij makkelijker te verwijderen is;
- het zand bij elke behandeling fijner wordt;
- de ontstopping tijdens of na de behandeling goed moet functioneren om het zand voldoende te kunnen ontdoen van alle stof dat gedurende de behandeling wordt gecreëerd, en dit zonder al teveel zandkorrels te verwijderen;
- het vrijgestelde stof rijk is aan kwarts en organisch materiaal. Er bestaat geen aanwending voor en moet daarom ,verpakt, worden gestort;
- de investerings- en exploitatiekosten beduidend kleiner zijn dan voor thermische systemen;



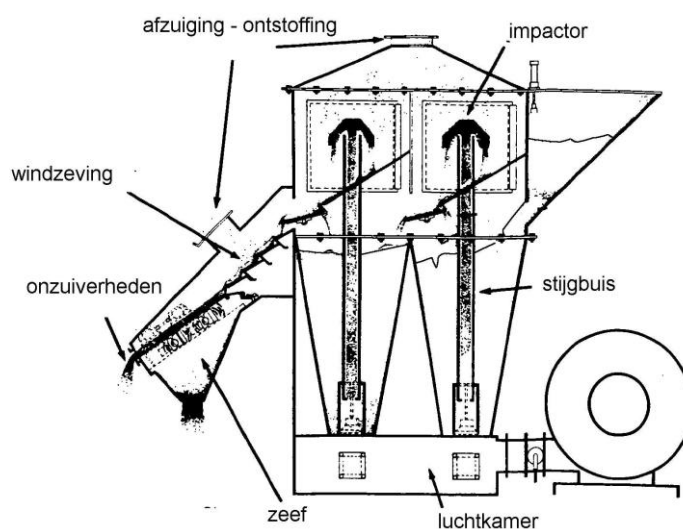
Figuur 3.32: SandCleaner (Gemco)

3.3.6.3 Koude recyclage met pneumatische systemen

Het betreft hier een aparte klasse van mechanische behandelingssystemen. De reinigende actie gebeurt eveneens door wrijving of impact van de zandkorrels, doch hun kinetische energie wordt verkregen door middel van een luchtstroom.

Dit biedt als voornaamste voordeel dat de korrels beter gericht kunnen worden. Hun snelheid is zeer gemakkelijk regelbaar. Bovendien voert de aandrijfvlucht reeds een belangrijke hoeveelheid stof mee, zodat er gelijktijdig een ontstopping gebeurt.

Op energetisch vlak is door het lage perslucht-opwekkingsrendement (een blower volstaat meestal) het elektriciteitsverbruik van de behandeling hoger dan bij een mechanische behandeling.



Figuur 3.33: Pneumatische zandrecyclage (Simpson)

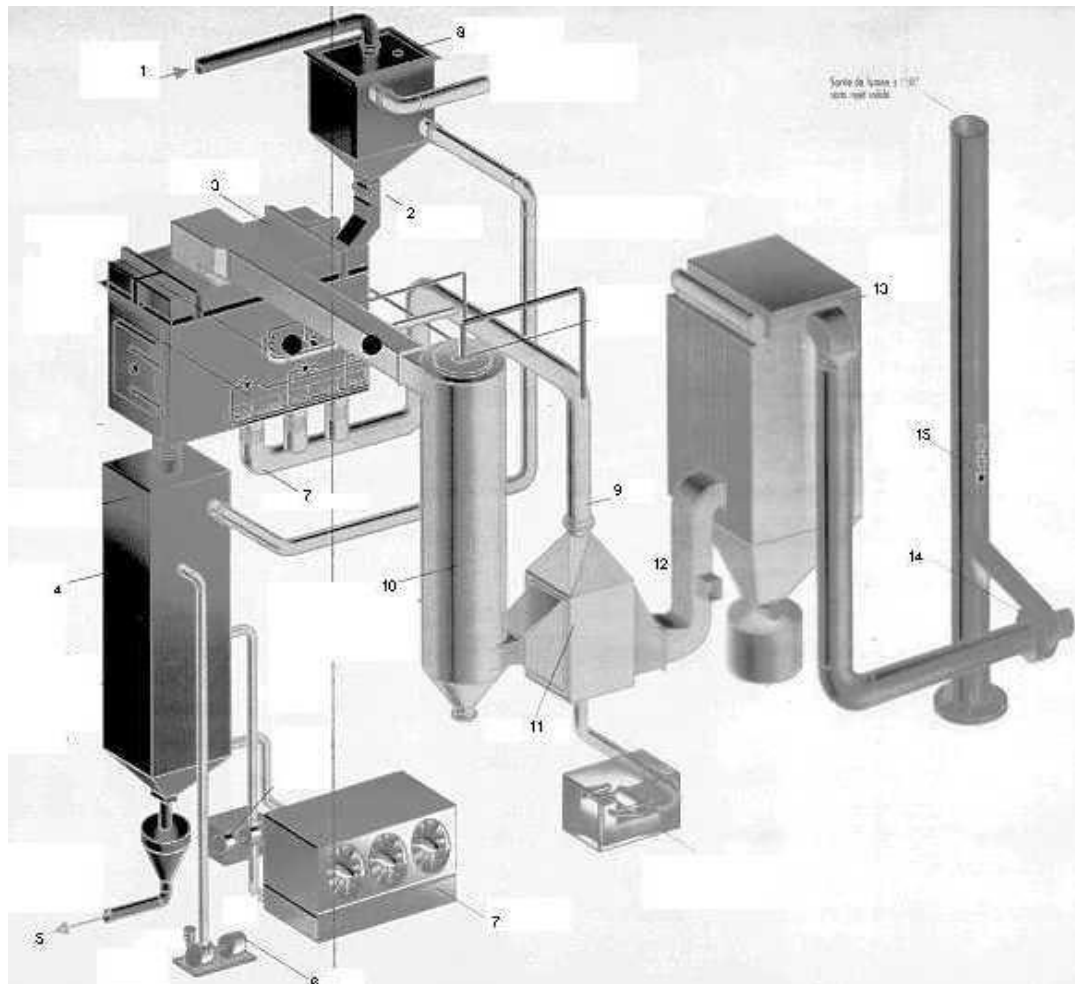
De behandeling vertrekt bijna altijd van een fluïdisatie van het zand door inblazen van lucht in de bodem van de behandelingskamer. Een geconcentreerde persluchtstroom blaast de zandkorrels dan door een verticale buis tegen een impactor aan, waarna zij terug naar de bodem vallen en de cyclus opnieuw kunnen beginnen. Het vrijgestelde stof wordt met de luchtstroom over een doekfilter afgezogen. De vorm van de impactor verschilt. Men streeft ofwel impact ofwel wrijving na en dit zowel intergranulair als tegen de impactor zelf. Hij is klokvormig (impact) maar kan ook conisch (wrijving) uitgevoerd zijn.

De behandeling is opgevat als een batchsysteem, met een kamer waarin een hoeveelheid zand een zekere tijd behandeld wordt, of als doorloopp proces waarbij men meerdere kamers in serie staan heeft die achtereenvolgens doorlopen worden.

Men vindt ze tevens terug bij thermische of mechanische behandelingen waar zij voornamelijk het reststof van de korrels verwijderen en daarbij een koeling veroorzaken.

Voor het overige zijn zij gelijkaardig aan mechanische systemen zodat de daar gemaakte opmerkingen ook hier op hun plaats zijn.

3.3.6.4 Thermische recyclage



- | | | |
|----------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1) zandtoevoer | 6) waterpomp | 11) rookgas/lucht warmtewisselaar |
| 2) voorverwarmd zand | 7) waterkoeler | 12) regelklepaanzuiging koellucht |
| 3) wervelbedoven | 8) voorverwarmde wervellucht | 13) doekfilter |
| 4) zandkoeler | 9) voorverwarmde wervellucht | 14) ventilator |
| 5) zandafvoer | 10) naverbrander | 15) rookgasmonitoring |

Figuur 3.34: Thermische zandrecyclage (Neu)

Deze behandeling is de meest complete maar ook de duurste. Hier tracht men door verbranding het residuele bindmiddel van de korreloppervlakte te verwijderen.

Doorgaans verhit men het materiaal in een wervelbedoven tot temperaturen van 700 à 850 °C. Per ton zand is hiervoor theoretisch ongeveer 200 kWh/ton nodig. In de praktijk vindt men energieverbruiken van 150 à 350 kWh afhankelijk van de energierecuperatievoorzieningen en de calorische inhoud van het zand zelf.

De verwarming gebeurt met gasbranders, doch er bestaan ook elektrische systemen.

De rookgasstromen moeten ontstoft worden vooraleer zij in de atmosfeer komen. Daarom moeten zij vooraf worden gekoeld d.m.v. warmtewisselaars, door waterinjectie of door aanzuigen van valse lucht.

Tegenover het hoge energieverbruik en de complexiteit van de installatie staat dat de korrels weinig of niet beschadigd worden en dat het stof dat in deze trap of in nageschakelde (pneumatische) behandelingstrappen vrijkomt, thermisch geïnertiseerd is. Momenteel is voor dit materiaal echter nog geen nuttige aanwending gevonden.

Deze systemen worden gebruikt voor zowel harsgebonden als bentonietgebonden zand. Men moet nochtans een onderscheid maken:

- het verhitten van bentonietgebonden zand vergloeit alle organische materie in het zand en doet de bentoniet aan de korrels vastbakken. Het is pas in de nabehandelingstrappen dat deze bentonietlaag van de zandkorrels wordt verwijderd;
- bepaalde harsen laten, ondanks de hoge temperaturen, residu's na op de korreloppervlakte onder de vorm van anorganische zouten. Wanneer hun smeltpunt overschreden wordt, vloeien deze over de volledige korreloppervlakte uit en kunnen bij afkoelen in stilstand het aaneensinteren van de korrels veroorzaken. Toevoeging van nieuw hars aan een dergelijk zand leidt vaak tot een onmiddellijke reactie, waardoor het materiaal onbruikbaar is. Bekende voorbeelden zijn de resolhars- en silicaatharsgebonden zanden. Wanneer deze materialen in een reactor (eventueel als kernzand) terechtkomen bestaat het gevaar voor sinteren in de koudere delen van de installatie;
- thermische recyclage van furaanharsen geven een uitstoot van SO₂ indien sulfonzuren als harder worden gebruikt. De afgasinstallatie moet dus op voldoende hoge temperatuur gehouden worden opdat er geen condensatie van zwavelzuur kan optreden. Is de uitstoot groot dan kan een ontzwaveling (natte wasser met kalkmelk) noodzakelijk zijn. Fosfor (afkomstig van fosforzuur als harder) verdampt niet maar blijft eveneens als zout op de korreloppervlakte na. Dit betekent dat fosfor in het zand accumuleert wanneer het gerecycleerd wordt. Stijgt de P-concentratie boven 0,5 à 0,7 % dan bestaat de kans op metallurgische reacties. Het gietstuk kan hierdoor afgekeurd worden.

3.3.6.5 Externe recyclage

Gieterijzand is gecatalogeerd als industriële afvalstof. Dit betekent dat zij moeten gestort worden. Nochtans bestaat momenteel een procedure (zie Vlarea) waarbij men bij de OVAM een gebruikscertificaat kan verkrijgen om het materiaal toe te passen als secundaire grondstof.

Door zijn hoog kwartsgehalte en zijn granulometrie komt gieterijzand in aanmerking voor niet-vormgegeven toepassingen in de wegenbouw. Vormgegeven toepassingen (beton, baksteen, tegel, glaswol...) zijn eveneens technisch mogelijk doch vragen een hogere garantie voor wat betreft samenstelling en logistiek.

Experimenten op industriële schaal hebben bewezen dat het materiaal met goed gevolg in volgende toepassingen kan worden aangewend:

- wegfundering;
- sleufaanvulling;
- drainage materiaal;
- zandcement (“stabilisé”);
- betonelementen (bijv. Stelcon platen);
- cementproductie;
- rotswolproductie;
- asfaltproductie;
- slakvormer in smeltovens;
- afdeklagen op stortplaatsen;
- verglazing van gevaarlijk afval;
- ...

Om deze alternatieve aanwending te kunnen doorvoeren is onderzoek nodig naar de milieuhygiënische en bouwtechnische eigenschappen van het materiaal. Op basis hiervan kan door de overheid een gebruikscertificaat worden verleend waarin de gebruiksmodaliteiten van het zand worden vastgelegd.

Het aanvraagdossier moet o.a. volgende elementen bevatten:

- een beschrijving van de afvalstof en zijn wijze van ontstaan;
- een opsomming van de gebruiksmogelijkheden van de afvalstof als secundaire grondstof;
- een milieutechnische analyse omtrent de samenstelling en het uitlooggedrag van het materiaal;
- een technische kwalificatie omtrent de mogelijke toepassingen.

Deze analyses moeten gebeuren door erkende laboratoria.

Indien het dossier door de OVAM wordt aanvaard, kan men een gebruikscertificaat bekomen voor de periode van maximaal 5 jaar. Ten minste één keer per jaar moet echter wel een controle-analyse worden uitgevoerd.

In geval van afwijzing kan men door verbeteringen aan het proces (analyse) of het zoeken naar alternatieve toepassingen een nieuw dossier indienen. Deze procedure is echter aan veranderingen onderhevig, zodat men zich op het ogenblik van het opstarten van dit dossier zich terdege moet informeren omtrent de te volgen werkwijze.

3.4 Milieu-aspecten: emissies en verbruiken

3.4.1 Smelten

Tabel 3.9: Overzicht van het effect per milieucompartiment bij het smelten

Activiteit	effect per milieucompartiment						
	Afval	Lucht	Geur	Water	Bodem	Geluid & trillingen	Energie
koude wind koepeloven	3	3	3	(3)		3	3
warme wind koepeloven	3	3		(3)		3	3
cokesloze koepeloven	3	3		(3)		3	3
elektrische inductie-oven		3				3	3
kanaalinductie-oven						3	3
draaitrommeloven	3	3		(3)		3	3
schachtoven		3				3	3
kroesoven		3				3	3

3.4.1.1 Afval

De belangrijkste afvalstoffen bij het smelten zijn ovenslakken, vuurvast materiaal en ovenstof.

Slakken bestaan uit inerte materialen die boven op het gesmolten ijzer komen drijven door verontreinigingen in het schroot, slijtage van de vuurvaste bekleding van de oven en het niet verbrande deel van de cokes. Slakken worden gebonden door toevoeging van slakkenbinders zoals vermiculiet. Afhankelijk van de samenstelling kunnen slakken als bedrijfsafval dan wel als gevaarlijk afval worden beschouwd (*bron 163*).

De karakteristieken van het koepelovenslak zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 3.10: Samenstelling koepelovenslak (*bron 39*)

hoeveelheid	40 - 80 kg/ ton Fe
SiO ₂	45 - 55 %
CaO	25 - 40 %
Al ₂ O ₃	8 - 20 %
MgO	1 - 3 %
MnO	1 - 4 %
FeO	1 - 6 %
sulfiden	< 1 %
TiO ₂	< 1 %
ZnO	< 1 %

Koepelovenslak bestaat uit ongeveer 30 % vuurvast materiaal, 10 % zand (afkomstig uit retourijzer), 40 % CaO (flux), 10 % cokesas, 10 % afbrand.

Een belangrijk aspect van de koepelovenslak is haar SiO₂-gehalte. Hierdoor zal de slak, indien zij snel en onder korrelvorm wordt gekoeld, een verglaasde structuur bezitten. Het uitlooggedrag is hierdoor quasi onbestaande.

De (zure) vuurvaste bekledingen die in de meeste koepelovens worden aangewend zijn: silica-klei (iedere smeltcampagne te vervangen), vuurvast beton, silica-alumine (SiO_2 - Al_2O_3). Zelfs indien deze laatste grafiet bevat (langere standtijd) hebben zij, vanuit milieustandpunt, een inert karakter. De hoeveelheid die als afvalstof moet worden afgevoerd is veel kleiner dan de aangebrachte hoeveelheid; een groot deel ervan wordt immers omgezet in slak. Vuurvast materiaal kan als bedrijfsafval worden beschouwd.

De karakteristieken van de ovenslak bij elektrische inductieovens zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 3.11: Samenstelling ovenslak bij inductiekroesovens (bron 39)

hoeveelheid slak	10(*) - 20 kg/ ton Fe
SiO_2	40 - 70 %
FeO	10 - 30 %
Al_2O_3	2 - 15 %
MnO	2 - 10 %
CaO	0 - 3 %
MgO	0 - 3 %

(*): bij gestraald retourmateriaal

De slak afkomstig van de draaitrommeloven bestaat uit vuurvast materiaal (91 % SiO_2 + 5-7 % Al_2O_3), zand en kalksteen. Verontreinigingen uit de lading worden door de (zure) slak gebonden als silicaten en verglazen bij het stollen.

Tabel 3.12: Karakteristieken ovenslak van draaitrommelovens (bron 39):

hoeveelheid	20 - 60 kg/ ton Fe
SiO_2	55 - 65 %
FeO	15 - 30 %
CaO	10 - 20 %
Al_2O_3	3 - 8 %
MgO	5 - 10 %
MnO	1 - 4 %
TiO_2	< 1 %

Schachtovens en kroesovens hebben gelijkaardige afval als de draaitrommelovens.

3.4.1.2 Lucht

In *Tabel 3.13* zijn typische schouwemissiegegevens van koepelovens en een draaitrommeloven opgenomen. In deze paragraaf worden de belangrijkste parameters besproken o.a. op basis van de gegevens uit deze tabel.

Tabel 3.13: Overzicht van typische emissiegegevens bij een koude wind (KW) koepeloven, warme wind (WW) koepelovens en een draaitrommeloven (bron 169; gedetailleerde gegevens zie bijlage 6). Getallen zijn gemiddelden van 3 metingen, indien standaardafwijking > 30 % is deze vermeld. Emissies bij de gegeven koepelovens zijn mét toepassing van doekfilter en naverbrander, emissies bij draaitrommeloven zijn zonder enige rookgasreiniging

	KW koepeloven	WW koepeloven	WW koepeloven	Draaitrommeloven
gasdebiet (Nm ³ /u)	30.000	35.000	33.000	9.000
capaciteit (ton/u)	6	15	18-24	1,4
SO ₂ (mg/Nm ³)	143±34	73±27	20±16	74±56
NO _x (mg/Nm ³)	20±28	46±17	38±9,8	159±189
CO(mg/Nm ³)	3000±2600	<5	890±3400	17±11
KWS(mg/Nm ³)	22±34	7±12	11±16	<1
HCl(mg/Nm ³)	6±5	7±11	15±9,5	1,64
HF(mg/Nm ³)	7±5	2,4±0,5	1,4±0,7	0,91
stof(mg/Nm ³)	1,5	2,7±0,9	1	220
Kwik(mg/Nm ³)	0,002	0,0005	0,00025	0,35
Cadmium(mg/Nm ³)	0,001	0,0005	0,0005	0,001
Thallium(mg/Nm ³)	0,007	0,004	0,0042	<0,0015
Arseen(mg/Nm ³)	0,01	0,0046	0,005	0,0002
Nikkel(mg/Nm ³)	0,003	0,0004	0,0004	0,015
Cobalt(mg/Nm ³)	0,0008	0,0004	0,004	<0,0001
Lood(mg/Nm ³)	0,008	0,02	0,0072	0,38
Chroom(mg/Nm ³)	0,001	0,0006	0,0007	0,022
Koper(mg/Nm ³)	0,002	0,0023	0,0004	0,196
Mangaan(mg/Nm ³)	0,006	0,018	0,0008	0,38
Antimoon(mg/Nm ³)	0,01	0,0046	0,005	<0,0001
Vanadium(mg/Nm ³)	0,004	0,0004	0,002	0,011
Tin(mg/Nm ³)	0,007	0,004	0,004	0,0187
Seleen(mg/Nm ³)	0,007	0,0046	0,006	<0,0001
Platina(mg/Nm ³)	0,007	0,004	0,004	<0,0006
Palladium(mg/Nm ³)	0,008	0,004	0,004	<0,0029
Rhodium(mg/Nm ³)	0,01	0,004	0,004	<0,0016
Zink(mg/Nm ³)	0,2	0,037	0,004	1,768
Ijzer(mg/Nm ³)	0,2	0,4	0,04	64,63
chloor(mg/Nm ³)	0,7	0,5	0,4	0,01
Dioxines (ngTEQ/Nm ³)	3±2,6	0,05	2,3±1,3	0,018
PAK's (µg/Nm ³)				PAK's (ng/Nm ³)
Naftaleen	28	2,8	10,5	548
Fenanthreen	22	0,89	4,4	269
Anthraceen	2,5	0,028	0,03	9
Fluorantheen	5	0,152	0,725	102
Pyreen	4	0,047	0,08	55
Benzo(a)anthraceen	1,3	0,028	0,03	10
Chryseen	2	0,25	0,65	73
Benzo(a)fluorantheen	4,6	0,028	0,024	3
Benzo(b)+(k)fluorantheen	0,3	0,028	0,024	39
Benzo(a)pyreen	0,3	0,028	0,024	12
Benzo(e)pyreen	0,3	0,028	0,024	20
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	0,3	0,028	0,024	10
Dibenzo(a,h)+(a,c)anthraceen	0,3	0,028	0,024	3
Benzo(g,h,i)peryleen	1	0,028	0,024	11

Peryleen	0,3	0,028	0,024	4
Anthanthreen	0,3	0,028	0,024	3

Stof

De verbrandingslucht, die door de met te smelten materiaal, brandstof en afvalproducten (slak) gevulde koepelovens wordt geblazen, voert fijne en grove deeltjes mee die via de schoorsteen als stof ontwijken. Deze deeltjes kunnen zowel met de aangevoerde lading zijn meegevoerd als tijdens het smeltproces ontstaan.

Door het aantal stoffen die zich in de oven bevindt, de hoeveelheid, samenstelling en verontreiniging ervan, de opbouw van de lading en de wijze van het smeltproces, is de samenstelling van het uitgeworpen stof zeer wisselend, gevarieerd en o.a. afhankelijk van het type oven.

a) Koepeloven

De belangrijkste stofbronnen bij koepelovens zijn:

- cokes:
 - bij het laden van de oven (dat 6 à 10 maal per uur plaatsvindt) ontwijkt cokesstof;
 - bij verbranding van cokes ontstaat as, die gedeeltelijk met de rookgassen ontwijkt.
- Kalksteen:
 - bij het laden van de oven met kalksteen ontwijkt kalksteenstof;
 - tijdens het smeltproces ontstaat kalk uit kalksteen. Een klein deel van de kalk ontwijkt als stof.
- Metallische inzetmaterialen:
 - met schroot meegevoerde verontreinigingen, zoals zand, olie, vet asphalt, hennep, kunststof en dergelijke en op het schrootmateriaal aanwezige deklagen, zoals verf, teer, cadmium, zink, chroom, email, enzovoort, kunnen leiden tot uitworp van deeltjes (stof) en pyrolyseproducten (*bron 160*).

De uitworp van verontreinigde stoffen neemt toe naarmate het inzet materiaal meer verontreinigingen bevat. *Tabel 3.14* geeft een indicatie van de samenstelling van koepelovenstof (*bron169*):

Tabel 3.14: Samenstelling koepelovenstof (gemiddelde van gegevens van 3 koepelovens, indien standaardafwijking >30 % is deze aangegeven, meer gedetailleerde gegevens zie bijlage 6)

Metalen (mg/kg)		PAK's (µg/kg)	
Kwik	0,26±0,22	Naftaleen	25±8
Cadmium	1545±1633	Fenanthreen	46±16
Thallium	17±12	Anthraceen	10
Arseen	63±20	Fluorantheen	37±24
Nikkel	131±58	Pyreen	12±3
Cobalt	28±4	Benzo(a)anthraceen	17±9
Lood	12213±9192	Chryseen	97±122
Chroom	283±6	Benzo(a)fluorantheen	10
Koper	773±238	Benzo(b)+(k)fluorantheen	23±18
Mangaan	19100±16948	Benzo(a)pyreen	10
Antimoon	94±58	Benzo(e)pyreen	30±28
Vanadium	48±35	Indeno(1,2,3-cd)pyreen	10

Tin	1257±911	Dibenzo(a,h)+(a,c)anthraceen	10
Seleen	10	Benzo(g,h,i)peryleen	10
Platina	10	Peryleen	10
Palladium	10	Anthanthreen	10
Rhodium	10		
Zink	15933±10508	Dioxines (ngTEQ/kg)	
Ijzer	119667±37647	Totaal	925±757

Omwille van een goede kwaliteitsbeheersing van het eindproduct is het voor de metaalsmelterij noodzakelijk een goede selectie op het schroot toe te passen. Metalen zoals zink, chroom, lood en dergelijke worden zoveel mogelijk verwijderd, waardoor emissies van deze metaaloxiden worden geminimaliseerd of voorkomen.

De grootte van de deeltjes van koepelovenstof varieert sterk met de herkomst en de samenstelling van het inzetmateriaal en met de smeltwijze. De deeltjesgrootte varieert tussen circa 1 en 20 micrometer.

De meeste koepelovens werpen zonder dat voorzieningen zijn getroffen 45 à 50 kg stof per uur uit, dit betekent gemiddeld 6 à 9 kg stof per ton smelt.

Bij toepassing van hoogwaardige stofafscidders is mechanische afzuiging noodzakelijk.

b) Draaitrommeloven

Bij draaitrommelovens zijn twee momenten van belang voor wat betreft de uitworp van stof. Gedurende het insmelten worden aanhangend zand, roest, deeltjes van laklagen en dergelijke in de gasstroom meegevoerd en tijdens het opkolen (extra cokes of koolstof toevoegen) in overhitte toestand wordt een deel van het opkolingsmiddel meegevoerd.

Tabel 3.15: indicatie van emissie bij draaitrommelovens (bron 160)

componenten	Emissie in kg per ton smelt
Stof	0,6 à 1,0
CO	1,0 à 1,5
SO ₂	2,5 à 3,0
NO _x	0,3 à 0,4

c) Andere oventypes

Zowel de cokesloze koepeloven als de elektrische inductieoven zijn in vergelijking met de koepeloven bijzonder schoon te noemen. De meest verontreinigingen komen vrij bij het laden van de oven. Wanneer schoon inzetmateriaal wordt toegepast zal niet meer dan wat stof en enkele gasvormige verbindingen, voornamelijk CO₂ afkomstig van petroleumcokes als toeslagstof, ontwijken.

Een voorbeeld van de optredende emissies bij het inductief insmelten van gietijzer staat hieronder weergegeven.

Tabel 3.16: Samenstelling inductieovenstof bij het inductief insmelten van gietijzer (bron 39)

stofsamenstelling	gewichts-%
ijzeroxide	30 - 50 %
SiO ₂	25 %
koolstof	3 - 10 %
MnO	<5 %
Al ₂ O ₃	3 - 10 %
MgO	3 - 10 %
CaO	< 1 %
S	< 2 %
ZnO, afh. van de lading	< 5 %
PbO	< 1 %
korrelgrootte <10µm	35 - 55 %
korrelgrootte <20µm	50 - 70 %

Daar in de schachtoven enkel eigen schroot en ingekochte moederlegeringen worden verwerkt, is de stofuitstoot van een dergelijke oven zeer klein (<20 mg/Nm³). Hierdoor is er geen gevaar voor stofaanhechting aan een eventuele warmtewisselaar in de oven-schacht.

Afgasdebiet

Indien afzuiging plaatsvindt boven de laadopening van de koepeloven worden afzuigdebieten toegepast die zijn gelegen tussen circa 3.000 en 10.000 m³ lucht per ton smelt; bij een gemiddelde oven betekent dat een afzuigdebiet van circa 25.000 à 35.000 m³ per uur.

Indien afzuiging plaatsvindt onder de laadopening van de koepeloven (ringafzuiging) worden afzuigdebieten toegepast die zijn gelegen tussen circa 800 en 2.000 m³ lucht per ton smelt. Bij een gemiddelde oven betekent dat een afzuigdebiet van circa 6.000 à 8.000 m³ per uur.

De luchtvermaat ten opzichte van de benodigde verbrandingslucht bij afzuiging boven de laadopening is twee- tot tienvoudig. Een deel van deze lucht wordt onder andere benut voor de naverbranding van de tijdens het smeltproces gevormde koolmonoxide (CO).

Bij inductiekroesovens ligt het gemiddelde afzuigdebiet rond 10.000 Nm³/u.

SO₂, CO en CO₂

Bij verbranding van cokes (bevat 0,7-1% zwavel) ontstaat zwaveldioxide (SO₂) dat gedeeltelijk met de rookgassen zal ontsnappen (0,3-0,9 kg per ton smelt). Afhankelijk van het type koepeloven kan het CO₂-gehalte in de rookgassen variëren van 5 tot 21 vol-%, als richtwaarde kan men voor een koude wind koepeloven 450 kg CO₂ per ton smelt aangeven en voor warme wind koepelovens 350 kg CO₂ per ton smelt.

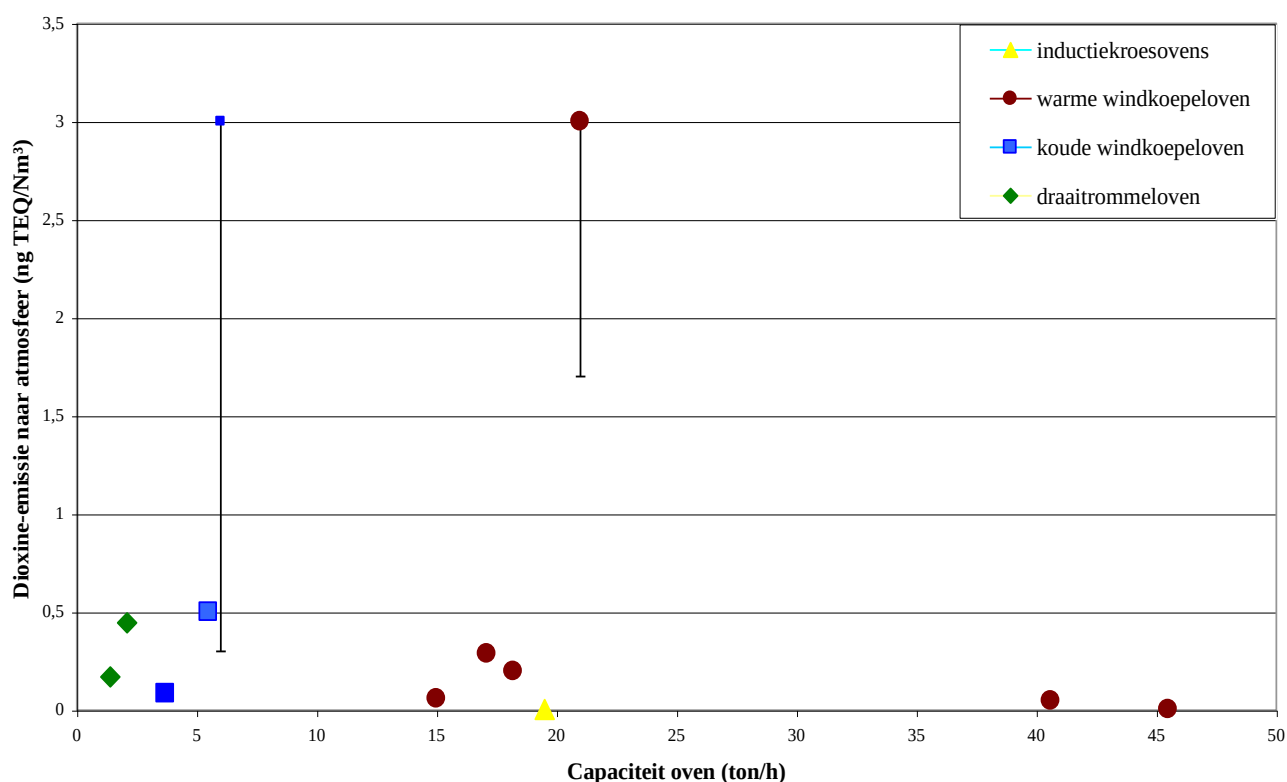
Omdat het proces met een geringe ondermaat aan verbrandingslucht werkt, zal er een lichte roetvorming optreden en een geringe hoeveelheid CO worden gevormd. Daarnaast zal een geringe hoeveelheid stikstofoxiden ontsnappen en een hoeveelheid SO₂ als gevolg van het oliestoken (bron 160).

Zowel schachtoven als kroesoven hebben praktisch enkel emissie van CO₂.

Dioxine en furaanemissies

Er zijn nog maar enkele dioxine-metingen bij gieterijen uitgevoerd. De onderstaande resultaten gerapporteerd door de Duitse Umweltbundesamt (*bron 162*) en de Vlaamse Milieu-Inspectie (*bron 169*) laten zich als volgt samenvatten:

- Bij de meeste ovens (10/12) liggen de emissies van dioxines en furanen lager dan 1 ng TEQ/Nm³ en bij 5/12 is dat zelfs lager dan 0.1 ng TEQ/Nm³.
- In 2 van de 12 ovens die werden opgemeten, werden echter dioxine- en furaanemissiewaarden boven 1 ng TEQ/Nm³ opgemeten.
- Er is geen verband tussen de hoeveelheid geëmitteerde dioxines en de capaciteit van de ovens of het type oven.



Figuur 3.35 : Overzicht van dioxine-metingen bij de verschillende oventypes, met aanduiding van de standaardafwijking indien deze meer dan 30 % bedroeg (meer details zie bijlage 6)

De reden van de hogere dioxine-emissies in bepaalde gevallen is niet bekend. De mechanismen die leiden tot de vorming van dioxines en gelijkaardige substanties zijn niet echt duidelijk. Het lijkt dat het gehalte aan contaminaties van schroot met organische componenten zoals olie een rol kunnen spelen, maar hoeveel is niet duidelijk. Een PARCOM-rapport (*bron 161*) wijst erop dat de grootste bijdrage van dioxines van gieterijen van non-ferro-gieterijen komt. Koper zou een rol kunnen spelen

in de vorming van dioxines, omdat dit metaal vermoedelijk de vorming van dioxines in andere processen katalyseert.

Ondanks de onzekerheden over de vorming van dioxines, is het wel duidelijk dat naar schoon schroot moet getracht worden. Dit vraagt maatregelen zoals een efficiënte scheiding tussen metalen en organische componenten bij slopen van allerlei producten zoals wagens of koelkasten.

Gegevens van Milieu-inspectie geven ook een beeld van de dioxines en furanen die in de vliegassen zijn terug te vinden. Waarden tussen 390 en 1450 ng TEQ/kg vliegassen (met 3.000-160.000 kg as/jaar) werden hierin gemeten.

3.4.1.3 Water

In gieterijen kan thermisch verontreinigd water vrijkomen door het koelen van de ovens. In het algemeen vindt koeling plaats in een gesloten systeem. Daarnaast kan afvalwater ontstaan door besproeiing van slakken (granuleren), het blussen van restanten cokes en dergelijke (*bron 163*).

Natte ontstoffingssystemen zijn voordelig qua investering maar veroorzaken een werverontreiniging. Indien aan dit waswater ook nog een andere nuttige functie kan worden toebedeeld, bijvoorbeeld als koelmedium, dan is het totale te zuiveren debiet beduidend kleiner omdat er een belangrijk deel uitdampst in de koeltoren.

3.4.1.4 Bodem

Handelingen met en opslag van grond- en hulpstoffen (zoals cokes) en afvalstoffen (zoals slakken) op het open terrein kunnen aanleiding geven tot bodem- en grondwaterverontreiniging (*bron 163*).

3.4.1.5 Geluid en trillingen

Qua geluidshinder kunnen twee potentiële bronnen aangeduid worden. Enerzijds het chargeerbedrijf, waar de lading wordt samengesteld en in de oven gestort. Anderzijds de ventilatoren voor de aanvoer van verbrandingslucht en de afzuiging van de rookgassen. Het reinigingssysteem van een doekfilter ("klopmechanisme") kan daarbij ook soms een bron van hinder zijn. Deze problemen zijn echter inherent aan de installaties en niet aan de gieterij-activiteit als dusdanig. Veel is afhankelijk van hoe de opstelling is uitgevoerd en of er inkapselingen voorzien zijn.

3.4.1.6 Energie

De koepeloven verbruikt primaire energie en heeft daarom een hoge primaire efficiëntie.

Wanneer men ter vergelijking met andere smeltsystemen de primaire energieverbruiken beschouwd wordt de inductie-oven veel minder efficiënt door het relatief lage rendement van de electriciteitsopwekking.

De draaitrommeloven verbruikt aardgas. Daarnaast is energie nodig voor de zuurstofproductie ($0,9 \text{ kW/m}^3 \text{ O}_2$).

3.4.2 Smeltbehandelingen

Tabel 3.17: Overzicht van het effect per milieucompartiment bij de smeltbehandelingen

Activiteit	effect per milieucompartiment						
	Afval	Lucht	Geur	Water	Bodem	Geluid & trillingen	Energie
gietijzer		3					
gietstaal		3					
aluminium	3	3	3				
zink	3	3					
koper(legeringen)		3					

3.4.2.1 Afval

3.4.2.1.1 Aluminium

De slakken worden verkocht aan de smelterijen waar het rest Al wordt gerecycleerd.

3.4.2.1.2 Zink

Wanneer geen speciale smeltbehandelingen worden uitgevoerd, bestaat de slak hoofdzakelijk uit zink en zinkoxide, dat wordt gestort of herwonnen. De hoeveelheid is echter onbelangrijk daar de slaklaag op het smeltbad verder schrijdende oxidatie verhindert.

3.4.2.2 Lucht en geur

3.4.2.2.1 Gietijzer en gietstaal

a Ontzwavelen

De bij het ontzwavelen ontstane slak bevat CaS en resten CaC_2 . Beide zijn wateroplosbaar en moeten dus droog gestockeerd worden. Daarenboven komt uit het CaC_2 , in contact met water, acetyleen vrij wat een brandbaar gas is.

b Nodularisatie

Bij de Mg-behandeling komen naargelang het gebruikte procédé belangrijke hoeveelheden MgO vrij die zich als witte rook in de omgeving verspreiden. Hoe hoger het opnamerendement, hoe minder Mg aan de lucht verbrandt waardoor de emissie kleiner is. Methodes waarbij een goede afdichting met een deksel voorzien is, beperken deze emissie in belangrijke mate.

Het opvangen van deze rookemissie is vrij problematisch aangezien de gassen heet zijn en Mg(spatten) erg reactief is bij deze temperaturen. Vanwege de grote opwaartse stijgsnelheid van het stof enerzijds en vanwege de temperaturen anderzijds moeten dus belangrijke hoeveelheden omgevingslucht afgezogen worden. De installatie moet hierdoor veel groter gedimensioneerd worden.

Wanneer de rookgassen door een aparte installatie afgezogen en ontstoft worden, kan men het stof eventueel als secundaire grondstof gebruiken bijvoorbeeld als pigment of voor de aanmaak van vuurvaste materialen. Dit is een waardevol alternatief voor het storten.

3.4.2.2.2 Aluminium

a Ontgassen

Voornamelijk bij het ontgassen via chemische weg, kunnen zich milieuproblemen voordoen.

Hexachloorethaan tabletten geven aanleiding tot emissies van Cl_2 , HCl en gechloreerde koolwaterstoffen. Zij dragen bij tot de verzuring van het milieu en tasten de ozonlaag aan. Chloorgassen kunnen ook een zekere geurhinder geven. Daarenboven wordt vermoed dat componenten in de emissie kankerverwekkend zijn.

Zwavelhexafluoride geeft aanleiding tot de emissie van SO_2 , en fluorides, welke giftig en gevaarlijk zijn voor het milieu.

Fysisch ontgassen houdt vanzelfsprekend geen schadelijke milieueffecten in, en wordt dan ook in bijna alle gieterijen gebruikt. Door de langere behandelingsduur en de benodigde installatie is deze techniek echter duurder.

b Desoxidatie

Bij een desoxidatiebehandeling is de dosering van eventuele flux (F houdend) van belang.

3.4.2.2.3 Koperlegeringen

Tijdens de smeltbehandelingen komen stofemissies voor, voornamelijk bestaande uit oxides (ZnO bij messing, PbO bij loodhoudende legeringen, ...).

3.4.3 Zandbereiding en vorm- en kernmakerij

Tabel 3.18: Overzicht van het effect per milieucompartiment bij de zandbereiding

Activiteit	effect per milieucompartiment						
	Afval	Lucht	Geur	Water	Bodem	Geluid & trillingen	Energie
bentonietgebonden zand	3	3				3	3
zelfhardend zand	3	3			3	3	
gashardend zand	3	3	3		3		
thermohardend zand	3	3	3		3		3
Lost Foam		3	3				
Lost Wax	3		3				3

3.4.3.1 Afval

Bij het vervaardigen van vormen en kernen komt morszand vrij. Afhankelijk van de vervuiling kan dit zand weer in de kringloop worden opgenomen dan wel als afval worden afgevoerd.

3.4.3.1.1 Bentonietgebonden vormzanden

Ondanks zijn hoge hergebruiksgraad ontstaat er een vrij belangrijke hoeveelheid afvalzand, nl. 150 à 400 kg/ton smelt (*bron 173*). Dit is echter te wijten aan het feit dat bentonietgebonden zand gebruikt wordt in hoge productievolumes, waardoor de volledige zandmassa dagelijks meerdere malen door de zandkringloop roteert.

Zoals gezegd ontstaat afvalzand door de nood aan zandverversing en het gebruik van kernen. Andere bronnen zijn morszand, verbrande kernresten welke op de polygoonzeef verzameld worden, poetszand dat van de gietstukken wordt verwijderd in de straalcabine en het zand dat opgeveegd wordt van de werkvloer.

Een speciaal onderdeel van de zandafvalstroom is het zandstof dat bij de ontstopping verzameld wordt in filters. Vanwege zijn fijnkorreligheid en zijn relatief hoog gehalte aan organisch materiaal (afkomstig van de glanskoolvormer) is zijn verwijdering naar de stortplaats een dure aangelegenheid. Maar omdat het een belangrijke fractie aan nuttige elementen bevat zoals bentoniet en glanskoolvormer wordt het gedoseerd teruggevoerd naar de menger, zodat een controle van de zandsamenstelling mogelijk blijft.

3.4.3.1.2 Harsgebonden zelfhardende vormzanden

Slabzand kan ontstaan door het feit dat de levensduur van het zand-harsmengsel beperkt is. Dit houdt in dat overtollige bereide hoeveelheden vormzandmengsel die niet in het proces kunnen worden gebruikt als afval moeten worden geëlimineerd. Het gaat hier over ongeveer 0,75 kg vormzand/ton smelt (*bron 160*). Nochtans worden voor de bereiding meestal doorlopmengers gebruikt waarbij geen afval ontstaat, tenzij bij het reinigen. Kuipmengers en andere batchgewijze mixers kunnen echter wel een zeker afvalpercentage veroorzaken.

De beheersing van het stofgehalte in het zand is algemeen bij harsgebonden zanden niet zo kritisch. Men beperkt zich meestal tot het opvangen van het vrijkomende stof op het uitschudrooster en de triltrommel met een degelijke afzuiging.

Men kan nog opmerken dat in de jobbing gieterij de werkvloer intentioneel bedekt is met een laag afvalzand. Dit is een noodzakelijke veiligheidsmaatregel omdat tijdens het gieten metaal kan gemorst worden of door de deellijn van de vorm kan ontsnappen. Wanneer dit metaal op de, doorgaans, betonnen werkvloer terecht komt zou dit voor rondvliegende betonschilfers en metaaldruppels zorgen, waardoor het personeel zou kunnen gekwetst worden.

Speciale aandacht dient uit te gaan naar de silicaatharsen en cementzanden. Door hun volstrekt anorganische natuur geven zij nagenoeg geen enkele milieuhinder (noch gasvormig, noch als afvalstof). Nochtans blijft hun gebruik beperkt omdat zij door de gietwarmte zeer hard worden waardoor het gietstuk moeilijk van het zand te scheiden is. Ook qua hergebruik zijn de mogelijkheden beperkt door de reactie tussen nieuw hars en bindmiddelresten.

De bewaarcondities van de producten hebben een grote invloed op hun gebruiksduur. In veel gevallen kan een hars ongeveer 6 maand bewaard blijven, doch bij langdurige blootstelling aan hogere temperaturen (bijv. in de zon) zal deze periode sterk ingekort worden. Een uitgewerkt hars moet als afvalproduct door speciale verwerkers worden vernietigd.

Alle bindmiddelleveranciers bieden inmiddels de mogelijkheid tot het gebruik van retourverpakkingen, zodat deze potentiële afvalstroom vermeden wordt.

3.4.3.1.3 Harsgebonden gashardende vormzanden

Omwillen van hun hoge productieritmes worden gashardende zanden gebruikt in combinatie met zogenaamde schietmachines. Hierbij wordt het hars-zandmengsel onder persluchtdruk in een vormkast of kerndoos gedreven. Deze techniek vergt echter wel een minimale hoeveelheid vormmateriaal omdat anders de kans op "doorblazen" bestaat. Bij het einde van een productiedag blijft vaak in de schietkop een hoeveelheid restzand achterwege die manueel moet worden verwijderd. Dit ongeharde restzand wordt als stortzand verwijderd. Bij sommige procédés (Cold Box) is het nochtans mogelijk dit schietkoprestzand in een speciale unit uit te harden nadien, samen met afgekeurde kernen, te breken en te verkorrelen. Dit zand kan dan vervolgens opnieuw in de cyclus worden opgenomen.

3.4.3.1.4 Harsgebonden thermohardende vormzanden

Behalve voor Croningzand worden ook thermohardende zanden gebruikt in combinatie met zogenaamde schietmachines (zie harsgebonden gashardende vormzanden).

3.4.3.1.5 Lost Wax procédé

Daar de keramische schalen niet kunnen worden gerecycleerd worden zij steeds met nieuw zand aangemaakt. Er komt dus een even grote hoeveelheid als afval vrij, dat reglementair gestort wordt. De in autoclaven uitgesmolten was wordt geleverd aan een erkend verwerker die de was zuivert en opnieuw in de handel brengt.

3.4.3.2 Lucht en geur

Bij vormbereiding uit kleigebonden zand komt met name stof vrij, nl. zo'n 0,76 kg/ton smelt (*bron 160*).

Afhankelijk van de samenstelling kan bij de chemisch gebonden vormzanden een emissie van vluchtige organische stoffen, waaronder formaldehyde en soms fenol, vrijkomen.

Het belangrijkste aspect bij gashardende vormmaterialen is de emissie van de gas- of dampvormige katalysator bij het begassen van vormen of kernen. Bij thermohardende vormmaterialen is dit de emissie van de gassen bij het verhitten van het zand. Tijdens het begassen zelf kunnen emissies zich voordoen doorheen slecht afgedichte vormkasten of kerndozen. De afgasstroom van de ingekapselde schietmachines wordt in nageschakelde gaswassers gezuiverd vooraleer in de atmosfeer geloosd te worden. Het gecontamineerde waswater wordt door erkende verwerkers opgehaald.

Wanneer de spoelfase onvoldoende lang was of niet de volledige zandmassa bereikte, kunnen tijdens de opslag van de vormen of kernen nog residuele diffuse emissies plaatsvinden. Ter bescherming van het arbeidsmilieu moet voldoende ventilatie worden voorzien.

Het milieuprobleem bij het gieten in vormen met polystyreenmodellen is de emissie van styreen en aanverwante organische producten. Deze gebeuren tijdens het gieten en het uitbreken. Het naverbranden van de gassen is dus noodzakelijk en gebeurt het effectiefst indien men zo weinig mogelijk omgevingslucht met de rookgassen mee aanzuigt. Pas dan kan het rookgasmengsel spontaan tot ontbranding komen en daardoor het energieverbruik van de naverbrander zo klein mogelijk maken. Dit is bij de Replicast techniek mogelijk vanwege het aangelegde vacuüm dat de geconcentreerde rookgassen direct capteert en naar de naverbrander leidt.

De volgende overzichten geven een indicatie van de emissiefactoren per proces.

Tabel 3.19: Vormbereiding (bron 160)

	Furaanharszand gem.kg/ton smelt	Fenolharszand gem.kg/ton smelt	Deklaag gem.kg/ton smelt
-organische oplosmiddelen	1,4	1,25	
-fenol	0,02	0,18	
-isopropylalcohol			7
-formaldehyde	0,08	0,15	

*Tabel 3.20: Indicatie van gemiddelde emissiefactoren (kg/ton smelt)
bij de kernbereiding (bron 160)*

	Proces		
	Croning	Hot-box	Cold-box
Stof	0,003	0,003	
Furfurylalcohol		0,1	
Formaldehyde	0,003	0,01	
Organische oplosmiddelen		0,03	
Aromatische oplosmiddelen			0,12
Aminen			0,13

Een overzicht van de te verwachten emissies in de verschillende gebruiksfases vindt men ook terug in bijlage 4.

3.4.3.3 Bodem

Op enkele uitzonderingen na zijn harsen en hun co-reactanten of katalysatoren vrij reactieve producten. Bij een accidentele lekkage of bij verkeerd gebruik bestaat voornamelijk de kans een heftige reactie tussen de componenten. De nodige voorzorgen inzake inkuipingen moeten dus worden getroffen opdat er geen risico bestaat op doorsijpeling naar de bodem.

3.4.3.4 Geluid en trillingen

Het gebruik van triltrommels bij de zandbereiding kan trillingen veroorzaken. Nochtans is de frequentie vrij hoog zodat er weinig elementen in de structuur van het gebouw in resonantie kunnen treden. Doorgaans staat deze installatie in de kelderverdieping opgesteld daar zij onder het uitschudrooster wordt geplaatst.

Doordat het vormzand zijn sterkte verkrijgt door verdichting moet op de vormmachine vrij veel energie worden toegevoegd aan het zand. Oude systemen die werken volgens het tril- en perssysteem "Rüttel-press", zijn vandaag grotendeels vervangen door moderne en meer efficiënte vormmachines. Bij deze laatste is door de constructeurs voldoende rekening gehouden om de geluidsoverlast (perslucht ontladingen, mechanische geluiden) minimaal te houden. In kritische gevallen, waar bijvoorbeeld een woonzone grenst aan het gieterijgebouw kunnen geluidsisolerende wanden of inkapselingen voorzien worden. Een analoge redenering geldt voor de hulpaggregaten zoals compressoren of hydraulische drukgroepen die in een apart compartiment zijn opgesteld.

3.4.3.5 Energie

Vergeleken met de harsgebonden vormerij is de bentonietgebonden vormerij een vrij energie-intensief proces. De belangrijkste verbruiksposten zijn de zandmenger en de vormmachine. In de menger moet de bentoniet uitgesmeerd worden over de zandkorrels, een bewerking die meer op kneden lijkt. De vormmachine moet het zand zo goed mogelijk verdichten omdat zij de sterkte-opbouw van de gietvorm bepaalt.

Een van de redenen waarom harsgebonden thermohardende vormzandprocédés in onbruik raken is het vrij hoge energieverbruik voor het verwarmen van het kernzand voor het opgang brengen van de hardingsreactie. Waar technisch mogelijk zijn zij vervangen door gashardende procédés.

Doordat de Lost Wax-vormen moeten gesinterd worden om hun eindsterkte te ontwikkelen is dit een vrij energie-intensief proces.

3.4.4 Gieten, koelen en uitbreken

Tabel 3.21: Overzicht van het effect per milieucompartiment bij het gieten, koelen en uitbreken

Activiteit	effect per milieucompartiment						
	Afval	Lucht	Geur	Water	Bodem	Geluid & trillingen	Energie
verloren vormen: gieten							
verloren vormen: koelen		3	3				
verloren vormen: uitbreken	3	3	3			3	
duurzame vormen		3					

3.4.4.1 Lucht en geur

3.4.4.1.1 Verloren vormen

Gieten

De tijd nodig voor het vullen van een vorm is steeds begrepen tussen enkele seconden tot maximaal twee minuten voor de hele grote gietstukken. Deze tijd is zo kort omdat men voortijdig stollen van het metaal en uitslijten van de gietkanalen wil voorkomen wat aanleiding tot gietfouten geeft. Door de gietkanalen voldoende groot te dimensioneren kan men zelfs voor hele grote gietstukken voldoende korte giettijden realiseren. De milieu-impact tijdens deze korte fase is dus vrijwel onbestaande, zeker indien men dit vergelijkt met de veel langere koeltijden (enkele tientallen minuten tot meerdere dagen).

Koelen

Door de hitte van het instromende metaal en het gebrek aan zuurstoftoevoer in de vorm, zullen de organische componenten aanwezig in het vormzand chemisch kraken. Deze kraakproducten zijn heel verscheiden van aard en hoeveelheid. Belangrijke invloedsfactoren zijn o.a.:

- de aard en hoeveelheid van het bindmiddel;
- de giettemperatuur;
- de zand/ijzerverhouding.

Gasvormige constituenten zoals CO en CO₂ en diverse organische producten ontsnappen uit de vorm en komen in de atmosfeer terecht. Minder vluchtige producten condenseren hoofdzakelijk in de koudere delen van de vormwand. Naargelang de samenstelling van het bindmiddel kunnen bepaalde uitgestoten componenten zorgen voor geurhinder bijv. formaldehyde en bepaalde stikstofverbindingen (amines). Andere emissies zijn irriterend zoals SO₂ en ammoniak.

Metingen op laboratoriumschaal hebben aangewezen dat de voornaamste emissie plaats vindt gedurende de eerste 10 min. na het gieten, dat de voornaamste component CO is en dat de hoeveelheid CO maatgevend is voor de mate waarin andere componenten worden gevormd.

Op de werkvloer, ter hoogte van de giet- en koelbaan bedraagt het CO-gehalte zelden meer dan 50 ppm, wanneer voldoende afzuiging boven de vormen voorzien is. In dit geval liggen de concentraties van de andere producten beneden de toelaatbare waarden. Een CO-meting is dus een belangrijke richtgevende parameter. De SO₂-emissie tijdens het gieten in vormen, gemaakt met bindmiddelen die met sulfonzuren uitharden, vormt hierop echter een uitzondering. De toegelaten grenswaarde van 2 ppm wordt snel overschreden wanneer geen geforceerde afzuiging voorzien is.

Dezelfde studies hebben de aanwezigheid van meer dan 50 stoffen in de rookgassen vastgesteld. De meerderheid is echter in minimale concentraties aanwezig.

Volgende producten waren wel in grotere mate in de rookgassen aanwezig: SO₂, formaldehyde, isocyanaatverbindingen, amineverbindingen, fenolen en aromatische koolwaterstoffen zoals benzeen, toluen en xyleen. Verschillende van deze producten zijn toxisch of kankerverwekkend en houden dus een risico in voor de gezondheid bij langdurige of intense blootstelling.

Tabel 3.22: Emissies bij het ijzergieten in zelfhardend vormzand (bron160)

	Gemiddeld kg/ton smelt
-koolmonoxide	1,1
-alifatische heterocyclische koolwaterstoffen	0,22
-aromatische koolwaterstoffen	0,05
-waterstofcyanide	0,03
-formaldehyde	0,02
-zwavelverbindingen (bij gebruik paratolueen-sulfonzuur)	0,40
-vluchtige organofosforverbindingen (bij gebruik fosforzuur)	0,11

Tabel 3.23: indicatie van emissiefactoren (g/ton smelt) voor gieten van brons, messing en zamac (bron160)

	CuO	SnO	PbO	ZnO	Al ₂ O ₃	MnO
Brons	0,06	0,04	2-20	625-6250		
Messing	0,01		0,007-1	125-12500		

Zamac	0,004	0,2	0,01
-------	-------	-----	------

Bijlage 4 toont eveneens de belangrijkste componenten die tijdens het gieten en koelen worden teruggevonden in de rookgassen, onderverdeeld naar de belangrijkste bindmiddelprocédés.

3.4.4.1.2 *Duurzame vormen*

Coquillegieten, lagedrukieten, centrifugaalgieten

Het gebruik van deklagen of lossingmiddelen geeft aanleiding tot een solventemissie. Er dient opgemerkt te worden dat het aanbrengen van een deklaag slechts één maal per dag gebeurt, zodat de emissie van VOS van marginaal belang is.

Wanneer in de gietvorm zandkernen worden gebruikt zullen de verbrandingsgassen van het bindmiddel eveneens in de atmosfeer terechtkomen. Deze problematiek is echter gelijkaardig aan wat gebeurt bij het gieten in zandvormen. Vooral bij non-ferro metalen moet het harsgehalte echter zo laag mogelijk worden gehouden omdat anders het uitbreken van de kernen te moeilijk is vanwege hun hoge eindsterkte. Door de lagere temperatuur van deze legeringen is de afbrand van het hars immers vrij laag vergeleken bij ferrolegeringen. Hierdoor is de emissie tijdens het gieten vrij klein.

Hogedrukieten

Het enige milieuprobleem bij deze techniek, ontstaat bij het aanbrengen van het koelsmeermiddel op het hete gietvormoppervlak. Hierbij wordt door het verstuiwen van het koelsmeermiddel en de intense verdamping van het water een olienevel gecreëerd die moet opgevangen worden om vervuiling van de arbeidsplaats te voorkomen. Vandaag worden enkel nog siliconenolie of wasachtige olie op basis van water gebruikt. Koelsmeermiddelen op basis van solventen houden teveel brandgevaar in.

De emissies bestaan hoofdzakelijk uit stoom en (siliconen)olie. Het is van belang dat het koelsmeermiddel niet verbrandt in contact met de gietvorm omdat anders afzettingen het gietstukoppervlak vervormen of chemisch aantasten en het uitstoten belemmeren. De juiste keuze van het koelsmeermiddel is dus van primordiaal belang, evenals de manier van aanbrengen.

3.4.4.1.3 *Uitbreken*

Het voornaamste probleem bij de vermelde uitbreeksystemen is de hoeveelheid stof die tijdens de handeling vrijkomt. Dit stof bevat naast kwarts, producten die tijdens het koelen van het gietstuk in de vorm zijn gecondenseerd. Door de wrijving op de zandkorrels komen ook bindmiddelfilmen los die eveneens als stof ontwijken.

Tabel 3.24: indicatie emissiefactoren (kg/ton smelt) voor uitbreken (bron160)

Bewerking	component	zonder filter	met filter
-----------	-----------	---------------	------------

Scheiden van gietstuk/vormzand	stof	4-7	0,15-0,7
--------------------------------	------	-----	----------

Daarnaast ontstaan door het contact tussen het nog hete metaal en de onverbrande vormdelen opnieuw gasvormige emissies. Dit is voornamelijk bij uitbreektrommels het geval, waar men door een intense vermenging van vormzand en gietstukken een koeling van deze laatste tracht te bewerkstelligen. In de meeste gevallen versnelt men dit door in de trommel extra water te verstuiven. Een nadeel is dat de ontstopping van de trommel bemoeilijkt wordt door de grote hoeveelheid waterdamp die met de afgezogen lucht in de filter terechtkomt en daar condenseert. Dit kan verstopping van het filterdoek veroorzaken.

3.4.4.2 Geluid en trillingen

Een uitschudrooster of trillende zeeftrommel brengt trillingen voort (10 à 20 Hz) die zich ver voortplanten via de bodem. Wanden en vloeren van gebouwen in de omgeving van het uitschudrooster trillen bij deze frequentie gemakkelijk mee (resonantie). Naast deze bodemtrillingen, brengt het schudrooster eveneens laagfrequente trillingen voort van de lucht. Bouwelementen zoals ramen en dakbekledingen treden bij deze frequentie eveneens gemakkelijk in resonantie. Ook de mens ondervindt lichamelijke hinder van deze trillingen.

3.4.5 Afwerking van de gietstukken

Tabel 3.25: Overzicht van het effect per milieucompartiment bij het afwerken van de gietstukken

Activiteit	effect per milieucompartiment						
	Afval	Lucht	Geur	Water	Bodem	Geluid & trillingen	Energie
stralen	3	3				3	3
slijpen	3	3		(3)		3	3

3.4.5.1 Afval

Indien isolatiemateriaal wordt toegepast om de opkomers te isoleren, komt dit materiaal na afloop als afvalstof vrij.

Het verwijderen van het aan gietstukken aangehechte zand komt zogenaamd straalzand vrij. Het residu wordt, afhankelijk van de vervuiling, in de kringloop teruggebracht dan wel als afval afgevoerd.

Er ontstaat slechts met mate metallisch afval, omdat het omloopmateriaal (tappen, opkomers en gietlopen) weer in de materiaalcyclus wordt opgenomen (*bron 163*).

3.4.5.2 Lucht

Bij het stralen ontstaan belangrijke hoeveelheden kwarts en metaalstof. Straalcabines werken altijd in onderdruk zodat er geen stof in de werkatmosfeer terecht kan komen. Nochtans is het onderhoud van de dichtingen zeer belangrijk daar het grit gemakkelijk

door kleine spleten heen vliegt. Bij een slechte werking van het afzuigstelsel kan eveneens stof (kwartsrijk) uit de behuizing treden.

Tabel 3.26: indicatie emissiefactoren (kg/ton smelt) voor stralen (bron160)

Bewerking	component	zonder filter	met filter
Stralen	stof	5-50	0,1-2

Naast slijtage ontstaat tevens een verlies aan grit door de korrels die in het gietstuk achterwege blijven en mee naar buiten komen.

Het is echter van belang dat alle zand zoveel mogelijk van het gietstuk wordt verwijderd opdat het niet bij latere, minder beschermde bewerkingen in de atmosfeer zou komen.

Bij het slijpen bevat het metallische stof eveneens slijpkorrels en wanneer het slijpen van brute gietstukken betreft net na het uitbreken zal er ook kwartsstof in de omgeving terecht komen. Daarenboven verbrandt het bindmiddel in de slijpschijven waardoor ook organische emissies mogelijk zijn.

Handslijpen gebeurt in slijpboxen waar, in één van de wanden een afzuiging voorzien is. Het is hierbij belangrijk het gietstuk op een, in hoogte verstelbaar, draaiend plateau te kunnen plaatsen zodat de slijpstraal steeds naar de afzuiging kan worden gericht. Een afzuigdebiet moet een luchtsnelheid van minimum 1 m/s garanderen.

Soms zit een flexibele afzuigbuis op het gereedschap bevestigd zodat het stof direct bij de bron wordt opgezogen. De aanwezigheid van deze voorziening belemmert echter de bewegingsvrijheid waardoor zij minder toepassing vindt.

Bij slijpstenen zit rond de steen een metalen kap (veiligheid) waar de afzuiging ingebouwd zit.

3.4.5.3 Geluid en trillingen

Voor doorslijpen geldt dat deze bewerking gepaard gaat met een grote geluidsontwikkeling.

3.4.6 Vormzandrecyclage

Tabel 3.27: Overzicht van het effect per milieucompartiment bij de vormzandrecyclage

Activiteit	effect per milieucompartiment						
	Afval	Lucht	Geur	Water	Bodem	Geluid & trillingen	Energie
koude zandrecyclage	3	3					

thermische zandrecyclage	3	3				3
--------------------------	---	---	--	--	--	---

3.4.6.1 Afval

Als gevolg van zandverversing komt er zand vrij. Daarnaast kan er bij het gehele proces stof(zand) vrijkomen (*bron163*), het is rijk aan kwarts en organisch materiaal. Er bestaat op dit ogenblik nog geen aanwending voor en moet daarom, verpakt, worden gestort.

Uit een meting van Milieu-inspectie blijkt dat gieterijzand ook gemiddeld 3 ng TEQ/kg droge stof en 150 ng PAK/g droge stof en zo'n 130 mg zware metalen/kg droge stof kan bevatten.

3.4.6.2 Lucht en geur

Bij thermische regeneratie komen verbrandingsemissies vrij. Indien de regeneratie niet volledig werkt en er dus een onvolledige verbranding optreedt, komen PAK's, CO, VOS en benzeenemissies vrij. SO₂-emissie treedt op bij de thermische regeneratie van furaangebonden zanden (*bron163*).

3.4.6.3 Energie

Thermische regeneratie heeft een hoog energieverbruik. Het verlagen van de behandelings temperatuur heeft een lager energieverbruik voor gevolg maar de rookgassen zullen onvolledig verbrand zijn.

3.4.7 Globale emissies en verbruiken

Om een schatting te maken van de milieu-impact van de Vlaamse gieterijsector zijn weinig gegevens voorhanden.

Buitenlandse studies beroepen zich op drie methodes om een milieu-impact van een industriële sector te maken:

- emissiefactoren: op basis van de product gerelateerde emissiewaarden (bijv: kg stof/ton product, Nm³/ton product...) van enkele "representatieve" bedrijven wordt een extrapolatie gemaakt voor de globale emissie van de sector, op basis van de productie cijfers. Voor de gieterijsector stuit men hierbij op twee problemen. Enerzijds bestaan er door de grote variëteit van toegepaste processen en eindproducten geen representatieve bedrijven, welke als basis voor een sectorwijde extrapolatie bruikbaar zijn. Anderzijds zijn er voor het overgrote deel van de processen geen emissiefactoren gekend. Behalve voor koepelovens, waar de milieuproblematiek reeds lang besproken wordt, en er dus ook referenties in de literatuur bestaan, zijn in de laatste tien jaar slechts weinig globale gegevens bekend gemaakt betreffende de emissiekenmerken van moderne gieterijprocessen. In de Westerse wereld zijn onder druk van de nieuwe milieureglementeringen veel industriële processen aangepast of vervangen. Grondstoffen en hulpstoffen werden milieuvriendelijker gemaakt door vermindering of vervanging van de schadelijke componenten die tot milieuhinder aanleiding gaven. Tegelijkertijd werden zij ook kwalitatief verbeterd zodat men nu bijvoorbeeld minder bindmiddel aan een vorm moet toevoegen dan dat vroeger het geval was. Bovendien zijn veel processen geoptimaliseerd ter preventie van de hoeveelheid afval of andere emissies die zij veroorzaken.

- milieuvlagers: op basis van de emissie die ieder bedrijf jaarlijks aan de overheid rapporteert of van metingen van de controlerende overheid, kan een nauwkeurig beeld geschapen worden van de daadwerkelijke milieupact. Hier komt immers geen foutengevoelige bepaling van emissiefactoren aan te pas, noch een extrapolatie. Het probleem is dat in Vlaanderen enkel grote bedrijven deze rapportering voor stoffen geloosd in lucht en water moeten doen, gelet op de emissiedrempels die in Vlaamse II vermeld staan. Via deze weg is het dus mogelijk een schatting te doen, maar dan enkel voor de belangrijke emissiestromen. Inzake storten van afvalstoffen zijn gegevens bij de OVAM voorhanden zijn gezien de meldingsplicht. Voor lucht-emissies zijn er gegevens bij AMINAL afdeling Milieu-inspectie beschikbaar.
- enquêtes bij de bedrijven: de ervaringen uit het verleden hebben aangetoond dat de respons bij dergelijke bevestigingen vrij klein is, waardoor geen betrouwbare reflectie van de reële toestand kan worden gemaakt.

3.4.7.1 Lucht

Uit gegevens van Milieu-inspectie kan een idee worden gevormd over de belangrijkste emissies gemeten bij de gieterijen. Er is daarbij wel te vermelden dat het hier enkel gaat om emissies die vrijkomen bij het smelten, daar het smeltproces toch verantwoordelijk is voor een grotere uitstoot van pollutanten. We veronderstellen dat er 5 koepelovens in Vlaanderen in werking zijn (schatting WTCM: 2 KW koepelovens en 3-tal WW koepelovens) en de andere oventypes geen grote bijdrage hebben op de totale emissies van de sector. Samen met gegevens uit bijlage 6 kunnen we tot een schatting komen van de globale emissies bij gieterijen in Vlaanderen, indien we aannemen dat de gemeten emissiewaarden representatief zijn voor de sector.

Tabel 3.28: Berekening van globale emissies van gieterijen in Vlaanderen per jaar, de standaardafwijking werd vermeld indien deze > 30 % was

	KW koepelovens		WW koepelovens	Schatting totaal gieterijen*
	met naverbrander	zonder naverbrander	met naverbrander	met naverbranders
aantal bemeten ovens	1	2	3	5
gem.capaciteit (ton/u)	6±1	6	19±5	
gem.gasdebiet (Nm ³ /u)	27633±1858	15843±1907	29900±3351	
gem.bedrijfsuren/jaar	1620	1058	1760	
CO mg/Nm ³	3037±1172	16142±4019	215±415	
VOS mg/Nm ³	6±1	14,5±8,5	10±7	
dioxines ng TEQ/Nm ³	3,14±2,65	0,29±0,26	0,92±0,95	
stof mg/Nm ³	1,5±0,1	-	1,88±1,04	
emissie per jaar				
CO	135±52 ton	270±67 ton	11±21 ton	303±167 ton
VOS	269±45 kg	243±142 kg	526±368 kg	2116±1194 kg
dioxines	141±119 mg	4,8±4,4 mg	48±49 mg	426±385 mg
stof	67 kg	-	99±55 kg	431±165 kg

* Opm: berekening : KW koepeloven met naverbrander *2 + WW koepeloven * 3 = Schatting gieterijen
 Uit bovenstaande tabel blijkt tevens dat een warme wind koepeloven (en waarschijnlijk ook een naverbrander) tot reductie van de CO-emissies leidt.

Vergelijken we de geschatte emissiehoeveelheid met de totale industriële emissies in Vlaanderen, dan komen we tot de conclusie dat gieterijen verantwoordelijk zijn voor ca. 0,13 % van de totale CO emissies en ca.1 % van de totale industriële dioxine-emissies in Vlaanderen. Zoals uit de standaardafwijkingen blijkt, is de onzekerheid bij deze getallen, en in het bijzonder de dioxine-emissies, groot.

Tabel 3.29: Aandeel van de industrie in de emissies van CO en dioxines

Industrie	CO - 1994		Dioxines - 1995	
	ton/jaar	%	g TEQ/jaar	%
<i>Totale emissie</i>	235264	100	49,665	100
Chemische nijverheid	11849	5,04	-	-
Vinylchlorideproductie	-	-	0,025	0,1
Ijzer en staal	171675	73,0	30,8	62,0
Non-ferro	24849	10,6	10,3	20,7
Raffinaderijen	24262	10,3	-	-
Metaalverw. nijverheid	2027	0,9	-	-
Scheepswerven	-	-	-	-
Houtbescherming	-	-	-	-
Voeding, textiel e.a.	262	0,11	-	-
Ind.stookinstallaties	-	-	4,04	8,1
GIETERIJEN	303±167	±0.13	0.426±0.385	±0.9

3.4.7.2 Afvalstoffen

Vormzand

In 1991 werd in Vlaanderen ca. 37000 ton vormzand geproduceerd (cijfers meldingbestand 1992 OVAM, 33 gieterijen). Deze afvalstroom werd bepaald door de sommatie te maken van volgende de producten uit de afvalstoffen lijst: vormklei- en keramiekafval (AKO 107), gieterijzand (AKO 129) en zandslib (AKO 144).

Deze afvalstroom bestaat voor 92 % uit gieterijzand. Gegevens afkomstig van de Vlaamse Milieu-inspectie (3 metingen in 1 bedrijf) geven een indicatie over de gehalten aan zware metalen, PAK's en dioxines en furanen aanwezig in gieterijzand (*Tabel 3.30*).

Tabel 3.30: Samenstelling gieterijzand (bron 169)

Zware metalen (mg/kg droge stof)			
arseen (As)	1,2	tin (Sn)	< 50
antimoon (Sb)	0,24	kobalt (Co)	30
cadmium (Cd)	6,3	thallium (Tl)	< 50
zink (Zn)	570	kwik (Hg)	< 0,05
chrom (Cr)	107	vanadium (V)	173
lood (Pb)	175	selenium (Se)	< 0,02
nikkel (Ni)	226	telluur (Te)	5,7
koper (Cu)	344	platina (Pt)	< 0,32
ijzer (Fe)	124713	palladium (Pd)	< 1,7
mangaan (Mn)	5122	rhodium (Rh)	< 1,0
Totaal PAK's (ng/g droge stof)			
		153	

Totaal dioxine en furanen (ng TEQ/kg droge stof)	
	3,1

Wat betreft de bestemming van het afvalzand is er enerzijds de inspanning om het materiaal maximaal te hergebruiken in de gieterij (optimalisatie van de vormzand kringloop) en anderzijds het gebruik van het materiaal als secundaire grondstof in de wegenbouw. Door het wisselend succes waarmee de gieterijen afnemers vinden of een verlenging krijgen van het gebruikscertificaat (toelating van de OVAM) is het echter niet mogelijk om in te schatten wat de grootte is van de materiaalstroom naar deze toepassing. Zeker is het feit dat, ondanks de grote belangstelling, interne recyclage technieken geen ingang vonden in de Vlaamse gieterijsector. Vrijwel elke grotere gieterij heeft studies uitgevoerd omtrent de technisch-economische haalbaarheid van verschillende technieken, doch de balans was steeds negatief. De slechte conjunctuur gedurende 93-94 speelde hierbij ongetwijfeld een belangrijke rol.

Slakken

In 1991 werd in Vlaanderen ca. 2090 ton slakken geproduceerd (cijfers meldingbestand 1992 OVAM, 33 gieterijen). Deze afvalstroom werd bepaald door de sommatie te maken van volgende de producten uit de afvalstoffen lijst: slakken afkomstig van het smelten van metalen (AKO 127), ovenpuin en afbraak (AKO 113), assen en sintels (AKO 119).

Deze afvalstroom bestaat voor 77 % uit slakken afkomstig van het smelten van metalen. Deze slakken bevatten volgende hoeveelheden aan zware metalen (bron Vlaamse Milieu-inspectie):

Tabel 3.31: Zware metalen aanwezig in ovenlakken (bron 169)

Zware metalen (mg/kg droge stof)			
arseen (As)	54	tin (Sn)	2000
antimoon (Sb)	120	kobalt (Co)	23
cadmium (Cd)	293	thallium (Tl)	30
zink (Zn)	16770	kwik (Hg)	0,09
chromium (Cr)	274	vanadium (V)	57
lood (Pb)	12500	selenium (Se)	10
nikkel (Ni)	100	telluur (Te)	16
koper (Cu)	880	platina (Pt)	10
ijzer (Fe)	190000	palladium (Pd)	10
mangaan (Mn)	32000	rhodium (Rh)	8

Er kan aangenomen worden dat de totale hoeveelheid geproduceerde slakken in de huidige context beduidend afgenomen is, door het verdwijnen van een reeks koepelovens. Deze werden (en worden) vervangen door inductieovens of trommelovens die veel minder slakken produceren.

Voor wat betreft de bestemming van het materiaal is de situatie thans sterk gewijzigd door het gebruik van het materiaal als secundaire grondstof in de wegenbouw. Door het wisselend succes waarmee de gieterijen afnemers vinden of een verlenging krijgen van het gebruikscertificaat (toelating van de OVAM) is het echter niet mogelijk om in te schatten wat de grootte is van de materiaalstroom naar deze toepassing.

HOOFDSTUK 4: BESCHIKBARE TECHNIEKEN

MILIEUVRIENDELIJKE

4.1 Smelten

4.1.1 Smeltbedrijf

Zoals reeds aangehaald zijn er voor het smelten van een bepaalde metaallegering niet zoveel alternatieven. De belangrijkste parameters bij de keuze van een smelttechniek zijn:

- de metaallegering;
- de capaciteit;
- de investerings- en exploitatiekost;
- de aard van het productiepakket (flexibiliteit van legeringswissel).

Onderstaande tabel toont het toepassingsgebied van de verschillende oventypes in functie van deze parameters. Bijlage 5 toont een meer gedetailleerd overzicht.

Tabel 4.1: Overzicht van het toepassingsgebied van de verschillende oventypes i.f.v. verschillende parameters

oventype	legering			capaciteit			investering		flexibiliteit	
	staal	giet-ijzer	non-ferro	klein	middel	groot	laag	hoog	batch	continu
inductieoven	x	x	x	x	x			x	x	
koude wind koepeloven		x		x	x		x			x
warme wind koepeloven		x			x	x		x		x
trommeloven		x		x	x		x		x	
schachtoven			x			x		x		x
kroesoven			x	x			x		x	

Uit deze tabel kan men afleiden dat er technisch gezien niet zoveel mogelijkheden bestaan om voor een bestaande smelttechniek een alternatief te vinden. Nochtans zijn in Vlaanderen de koude wind koepelovens nagenoeg alle vervangen hetzij door een inductie-oven, hetzij door een trommeloven.

Warme wind koepelovens, met grote capaciteit, zijn in feite onvervangbaar voor een gegeven productievolume van lamellair gietijzer.

4.1.2 Grond- en hulpstoffen

De gestructureerde controle van de samenstelling van grond- en hulpstoffen is voor de gieterij een absolute noodzaak om tot een kwalitatief eindproduct te komen, en procesvariaties zoveel mogelijk te minimaliseren. Vanwege het toenemende

milieubewustzijn en de verstrenging van de emissienormen, wordt het echter ook steeds meer van belang naar de zuiverheid van het schroot te kijken.

Bij verontreinigd schroot zullen kwartszand en andere verontreinigingen siliciumhoudende slakken met een hoog smeltpunt vormen, die zich aan de ovenbekleding vasthechten. Door insmelten van schoon schroot wordt vermeden dat bepaalde verontreinigde elementen in de slak worden opgenomen of de ovenbekleding aantasten, zoals bijvoorbeeld kalk, ijzer en of mangaanoxiden, basische oxiden in combinatie met siliciumrefractair (zuur). Wanneer de ovenlading weinig verontreinigingen bevat, zal dit rechtstreeks de hoeveelheid vrijkomende slak verminderen en de standtijd van oven en gietpanbekleding ten goede komen.

Alle verontreinigingen en oxiden die in de ovenlading aanwezig zijn, nemen een deel van de toegevoerde energie op. Om slakken, die als gevolg van de verontreinigingen zijn ontstaan te verwijderen tijdens het afslakken, is bovendien een hogere temperatuur van de smelt noodzakelijk om ze vloeibaar te houden.

Uit oogpunt van afvalpreventie en energiebesparing geniet het insmelten van schoon schroot de voorkeur. Schoon schroot moet droog worden opgeslagen om oxidatie te vermijden. Het retourmateriaal (omloopmetaal) kan het best worden gestraald om alle zandresten te verwijderen (*bron163*). Analoge opmerkingen betreffen bv. de cokes. Het gehalte aan as, zwavel, zware metalen, de granulometrie en hun verbrandingswarmte beïnvloeden onrechtstreeks de grootte en kwaliteit van de emissies.

4.1.3 Koepeloven

4.1.3.1 Afval

a Koepelovenstof

Injectie van stof in de koepeloven

Het opgevangen koepelovenstof is een industriële afvalstof dat, vanwege zijn fijnheid, dikwijls verpakt moet worden gestort. In het laatste decennium zijn systemen ontwikkeld om het fijne stof opnieuw in de koepeloven te brengen met tot doel het ijzeroxide te reduceren en in de smelt op te nemen en de overige bestanddelen in slak om te zetten. Momenteel zijn hiervoor twee systemen op de markt.

Een eerste reeks installaties zijn de inblaassystemen: het stof wordt geïncubiseerd en door een persluchtstroom via een lans door de blaasgaten in de verbrandingszone geblazen. Beter beheersbaar schijnt het systeem te zijn waarbij het stof aangezogen wordt door venturiwerking van de verbrandingslucht in een straalpijp. In elk geval is het transport en de dosering van het stof een moeilijk probleem waar nog steeds verbeteringen worden aangebracht. Niet alleen de dosering is belangrijk maar ook het feit dat de stofinjectie niet continu op dezelfde plaats mag gebeuren. Hierdoor zou een te grote lokale afkoeling kunnen ontstaan waardoor het cokesbed op deze plaats uitdooft en dichtloopt met stollend metaal en slak. Om dezelfde reden wordt soms poederkool meegeïnjecteerd dat door verbranding het koelend effect van het stof vermindert.

Pelletiseren

Een alternatieve benadering is het briketteren of pelletiseren van het koepelovenstof. Deze briketten of pellets worden dan mee met de lading in de oven gebracht. De moeilijkheid is hier om een gepast, goedkoop en snelwerkend, bindmiddel te vinden voor het stof. De massa mag immers niet uit elkaar vallen tijdens de voorverwarmfase in de schacht want dan zou het stof onveranderd opnieuw in de filter worden opgevangen. Deze techniek biedt ook de mogelijkheid om metaalspanen, afkomstig uit de metaalbewerking, in te smelten. Onder voldoende hoge druk kunnen zij zonder bindmiddel tot "briketten" samengeperst worden. De spanen moeten echter geheel olievrij zijn zoniet vallen de briketten na het samendrukken weer uit elkaar.

Het verslakken van stof kost natuurlijk ook energie. De literatuur bericht over een meerverbruik van 0,15 à 0,25 kg cokes per kg verslakt stof bij een thermisch rendement van de oven van 40 %.

Tot op heden is nog niet uitgemaakt welke van beide technieken de gunstigste is. De kans is groot dat ze naast elkaar blijven bestaan. Pelletiseren is eerder een toepassing voor de grote installaties, terwijl inblazen meer aangewezen is voor kleinere koepelovens. Naarmate de diameter van de ovenschacht toeneemt wordt het moeilijker om de stofstraal tot in de vuurhaard te krijgen en verstoppen de inblaasmonden.

Tot op heden slaagt men er echter nog niet in om de volledige stofproductie van een oven opnieuw te injecteren. Naast thermodynamische, bestaan ook metallurgische bezwaren, waardoor aan de stofinjectie beperkingen opgelegd zijn.

Er worden eveneens studies uitgevoerd naar de mogelijkheden tot Zn recuperatie uit gegalvaniseerd schroot. Onder, nog weinig bekende, voorwaarden, is het mogelijk dat het stof zich aan Zn of ZnO aanrijkt, door het te recirculeren in de koepeloven. Vanaf Zn gehaltes van 30 à 40 % kan het dan als grondstof dienen voor zinkwinning, indien daar vraag naar is. Deze optie wint meer en meer aan belang daar het aanbod aan verzinkt schroot in de toekomst nog sterk zal toenemen door het intensievere gebruik ervan in de automobiellindustrie.

b Vuurvast materiaal

Uiteraard kan men een duurzamere vuurvaste bekleding toepassen in combinatie met een mantelkoeling (zie lange campagne koepeloven). Maar door de hoge kostprijs, de omslachtige aanbrengtechniek en de noodzakelijke trage ingebruikname (opwarmfase), kan dit enkel worden toegepast in ovens die inderdaad gedurende enkele weken in werking blijven. Voor kleine capaciteiten is deze oplossing niet mogelijk en is vernieuwen van de bekleding na iedere smeltbeurt noodzakelijk.

Regelmatig worden nog nieuwe vuurvaste producten op de markt gebracht zodat in de toekomst misschien wel duurzamere producten kunnen worden gebruikt. Tot zolang blijft het van belang het gebruikte materiaal zo goed mogelijk te benutten. Methode van aanbrengen, samenstelling van de lading (flux, zure elementen t.o.v. basische) spelen hier een belangrijke rol.

Door volgende maatregelen kan men de verbrandingszone van de wand afhouden waardoor het vuurvast minder snel slijt, met name:

- dieper plaatsen van de blaasgaten (watergekoelde) naar het centrum toe;
- bij zuurstofinjectie: inblazen van O_2 bij hoge snelheid (Mach 2);
- concave ovenmantel ter hoogte van de vuurhaard.

Helaas zijn over deze ingrepen geen getallen bekend omtrent de slijtage van het vuurvast.

Daar slakken ten dele bestaan uit afgesmolten vuurvaste bekleding oefenen de meeste maatregelen ter beperking van de slakhoeveelheid een gunstig effect uit op de standtijd van een duurzame ovenbekleding.

c *Slakken*

Om de hoeveelheid slakken te beperken kan men volgende preventieve maatregelen nemen:

- proper schroot gebruiken (zeker wat betreft basische elementen zoals bijv. kalk, ijzer en of mangaanoxiden, basische oxiden (zoals MgO uit schroot van nodulair gietijzer) in combinatie met zuur (silicium) vuurvast materiaal. Daarom ook bij voorkeur het schroot droog opslaan om oxidatie tegen te gaan;
- metaaltemperatuur in de haard beperken door voorzorgen te nemen op het gebied van warmteverlies gedurende het transport van het metaal naar de warmhoudoven of naar de gietvorm;
- tijdelijke temperatuuroverschrijdingen vermijden tijdens de smeltcampagne (geen overshoot's);
- lange standtijden van het gesmolten metaal in de smeltoven vermijden (productieplanning);
- correct gebruik van fluxen (slakanalyse);
- correct gebruik van de bekleding (materiaalkeuze i.v.m. slakanalyse, aanbrengen, sinteren, onderhoud);
- correcte bediening van de oven (grote temperatuurwisselingen beperken);
- efficiënte waterkoeling van de ovenwand vermindert de sleet van het refractair (zie lange campagne koepeloven) doch het energieverbruik stijgt.

Alle vaste koepelovenafvalstoffen (stof, slak en vuurvast materiaal) zijn industriële afvalstoffen en moeten dus op gepaste wijze worden gestort. Nochtans komen slak en vuurvast materiaal in aanmerking voor toepassing als secundaire grondstof.

4.1.3.2 Lucht

a *Koepelovenstof*

De gegenereerde hoeveelheid ovenstof kan preventief beperkt worden door:

- proper schroot te gebruiken;
- retourmateriaal zandvrij maken door het vooraf te gritstralen;
- cokes met laag asgehalte te gebruiken;
- aardgas te gebruiken als energiedrager ter (gedeeltelijke) vervanging van cokes;
- oxidatie te vermijden door controle van de ovenatmosfeer.

De oplossing voor de emissie van stof bestaat uit het zuiveren van de rookgassen door filters.

De afgassen van koepelovens kunnen met behulp van speciaal ontworpen doekfilterinstallaties, waarbij rekening wordt gehouden met alle oven-specifieke aspecten, goed worden gereinigd van het daarin aanwezige stof. Koeling van de afgassen, voorafscheiding (afvang lichte deeltjes, zoals papier en hennep), inzetmateriaal met een zo laag mogelijk gehalte organisch materiaal (zoals plastic en bitumen) en dergelijke spelen daarbij een belangrijke rol. De stofuitworp kan altijd kleiner zijn dan 25 mg/m^3 en waarden kleiner dan 5 mg/m^3 zijn in de praktijk gemeten. Koolwaterstoffen en stankstoffen worden bij een goed ontworpen installatie in het bovendee van de koepeloven verbrand. De restuitworp aan koolmonoxide bedraagt circa 1,5 volume % van de afgassen, waarbij piekwaarden voorkomen tot 2,6 % (*bron 163*).

Rookgascaptatie

Volgende twee systemen voor de opvang van rookgassen zijn gangbaar:

- opvang boven de laaddeur: de rookgassen worden afgezogen aan de top van de ovenschouw door een rookgasleiding en een stroomafwaarts geplaatste ventilator. De open laaddeur veroorzaakt een sterke instroom van omgevingslucht, welke uittrede van rookgassen belemmert. Deze instroom verhoogt in belangrijke mate het debiet dat door het afgas ontstoffingssysteem moet worden verwerkt. Verkleinen of intermitterend openen en sluiten van de laadopening kan helpen maar is beperkt omdat er explosie gevaar ontstaat wanneer te weinig zuurstof gemengd wordt met de CO uit de rookgassen (pulserende verbranding).
- opvang onder de laaddeur: de rookgassen worden via een ringspleet onderaan de laaddeur afgezogen. Luchtinstroom is hier in principe overbodig omdat de rookgassen de laaddeur niet kunnen bereiken, op voorwaarde dat het regelsysteem voldoende gevoelig is om de debietvariaties te kunnen anticiperen. Wanneer er te weinig wordt afgezogen zullen rookgassen via de ovenschouw ontsnappen, een te sterke onderdruk zal omgevingslucht aantrekken waardoor explosie gevaar (CO) ontstaat. Moderne regelsystemen laten een correcte controle van de onderdruk toe. De intrede van omgevingslucht kan zo worden herleid tot een strikt minimum, nodig voor koeling en CO naverbranding, en dient het stroomafwaarts gelegen gedeelte niet zo ruim bemeten te worden. Aangezien het rookgasdebiet normaliter reeds met een factor 2 (naverbranden) tot 5 (naverbranden + koelen) vergroot wordt is dit een niet te verwaarlozen voordeel. Het is echter een constructief zeer ingrijpende maatregel, waardoor een ringspleetafzuiging enkel op nieuwe installaties wordt voorzien.

Rookgaskoeling

Wanneer doekfilters worden gebruikt is het voornaamste technische nadeel dat de intredetemperatuur van de rookgassen moet beperkt worden tot 160 à 180°C vanwege het filtermedium. Ook voor andere stoffilters zijn er beperkingen qua intrede temperatuur van de rookgassen. Rookgaskoeling kan op verschillende manieren gebeuren:

- aanzuigen van omgevingslucht via de laadopening of via een gecontroleerde klep: zoals reeds aangehaald leidt dit tot overgedimensioneerde afgassystemen. Bij het einde van de smeltcampagne kan het totale afgasdebiet immers het 5-voudige bedragen van het rookgasdebiet. Deze oplossing is enkel rendabel wanneer een relatief goedkope ontstopping wordt gebruikt zoals cyclonen en is vanuit milieustandpunt onverstandig (verdunningseffect);
- de rookgassen via een lange aanzuigleiding naar de filter leiden: dit is een goedkope oplossing die echter veel ruimte in beslag neemt en geen controle mogelijkheden biedt (condensatie gevaar);
- geforceerde koeling met een luchtkoeler: omgevingslucht wordt met ventilatoren geleid over een reeks rookgasgeleidende buizen met koelvinen. Omdat de rookgassen stofbeladen zijn moeten de warmtewisselende oppervlaktes regelmatig gereinigd kunnen worden, wat aanleiding geeft tot vrij complexe ontwerpen. Mogelijkerwijze kan men warmte recupereren, zoals bij warme wind koepelovens;
- geforceerde koeling met een water- en of thermische oliekoeler: dit is een gelijkaardig systeem als het voorgaande. Deze uitvoering is echter duurder omdat er een bijkomende installatie nodig is voor het koelen van het water. Temperatuurscontrole is eveneens nodig opdat het water niet gaat koken;
- waterinjectie (quenching): hier wordt het afgas gekoeld door de verdamping van water dat rechtsreeks in de rookgassen wordt ingespoten. Bijkomend voordeel is dat recombinatie van organische moleculen verhinderd wordt (dioxine problematiek);

Belangrijk bij rookgaskoeling is dat onder geen enkele voorwaarde condensatie ontstaat. Enerzijds zal neerslaand water de filterwerking sterk verstoren, anderzijds zal condensatie van SO₂, onder vorm van zwavelzuur, leidingen en onderdelen corrodereren. Het is dan ook van belang te werken met gepaste materialen zoals roestvast staal en eventueel een bypass of kanaalbrander te voorzien, die in werking wordt gesteld bij bepaalde minimumtemperaturen van de rookgassen, zoals bij de opstart van de oven.

Stoffilters

In bestaande installaties vindt men zowel natte als droge ontstoppingssystemen terug. Droge ontstoppingstechnieken bieden als voordeel dat het stof in droge toestand kan worden opgevangen waardoor het nog voor andere toepassingen in aanmerking kan komen. (zie injectie van stof in de koepeloven). Bovendien wordt geen pollutie van een ander medium veroorzaakt, zoals waterverontreiniging bij natte stofafscidders. Gasvormige pollutanten zoals SO₂, worden slechts voor een zeer klein gedeelte geadsorbeerd aan het filteroppervlak; de rest ontsnapt doorheen de poriën naar de atmosfeer. Experimenten met het injecteren van kalk, talk of bentoniet hebben niet de verhoopte resultaten opgeleverd.

Gebruikte types zijn:

- cycloon: wanneer de gepaste constructieve maatregelen worden gebruikt (hittebestendig staal, vuurvaste bekleding) kan deze filter hete rookgassen ontstoffen (500 - 600°C). Het afscheidingsrendement is echter te klein om aan de emissiegrenswaarde van 20 mg stof/Nm³ te voldoen. Hij wordt vaak voor een doekfilter geplaatst als vonkafscheider (gloeïende cokesdeeltjes).
- multicycloon: het afscheidingsrendement van een cycloon stijgt wanneer zijn diameter afneemt. Doordat de rookgassen sneller ronddraaien is de centrifugaalkracht groter en kunnen dus fijnere stofpartikels worden afgescheiden. Doch met stijgende stroomsnelheden nemen ook de ladingsverliezen toe, waardoor het ventilator vermogen steeds groter moet worden. Men ondervangt dit door de rookgasstroom te verdelen over een batterij kleine parallel geschakelde cyclonen. Daar het verdeelkanaal nooit perfect is bemeten en de secties door aanladen van stof zich individueel wijzigen, werken een deel van de cyclonen buiten hun ontwerpvoorwaarden, waardoor het globale rendement steeds kleiner is dan de theoretische waarde;
- doekfilter: in Vlaanderen zijn enkel doekfilters in gebruik omdat deze als enige de voorgeschreven emissiegrenswaarde van 20 mg/Nm³ op betrouwbare wijze kunnen realiseren. Ook submicrondeeltjes, zoals metaaloxiden, kunnen met goed gevolg worden afgescheiden, alleen wordt de installatie dan vrij groot. Nochtans dienen voor de goede werking van de doekfilter de nodige maatregelen worden genomen zoals koeling van de rookgassen, vonkafscheiding (met cycloon of sedimentatie kamer), naverbranding van de rookgassen vanwege het brandgevaar bij afzetting van organisch materiaal in de filter).

Het gebruik van een filtermedium dat geen hoge temperaturen verdraagt zorgt voor heel wat technische complicaties. Traditioneel is de maximum werktemperatuur gelegen tussen 130 en 160°C. Nieuwe "textiel"types laten echter temperaturen tot 240°C toe.

Hoge temperatuur filtratiesystemen zoals de "koek"filter en de keramische filter zijn op de markt maar vinden in de gieterij geen ingang. In het eerste geval bestaat het filterend medium uit een roestvast stalen geweven rooster, dat als drager fungeert voor een laag stof uit de rookgassen dat als filtrerend medium werkt. Deze installatie heeft een theoretische werktemperatuur tot 500°C. In het tweede geval "vervangt" men de filterdoeken door poreuze keramisch buizen. De maximum werktemperatuur bedraagt hier 900°C.

Hoewel men met deze systemen heel hete rookgassen zou kunnen behandelen, geven de constructeurs er toch de voorkeur aan om de werktemperatuur te beperken tot 250°C. Tot deze temperatuur is het ontwerp van de filterbehuizing vrij eenvoudig en de constructiematerialen goedkoop. Bij hogere temperaturen moet men vuurvaste staalsoorten aanwenden, en alle constructieve problemen qua uitzetting, slijtage en afdichting adequaat oplossen. Dit leidt tot zeer dure installaties, die niet meer met traditionele systemen concurrentieel zijn. De beperking tot 250°C is de reden waarom zij niet in de gieterij worden toegepast.

Steeds moet een noodstelsel worden voorzien onder de vorm van een deksel dat geopend wordt wanneer de rookgastemperatuur accidenteel uitzonderlijk hoog wordt of

wanneer er zich een explosie zou voordoen. Er zijn tal van praktijkvoorbeelden van uitgebrande doekfilters.

Elektrostatische filters worden in Europa niet gebruikt. Zij zijn door hun gevoeligheid aan variaties in gasdebiet, -temperatuur en vochtigheid enkel geschikt voor continue smeltregimes. Bovendien houden zij een explosiegevaar in door het grote volume afgas dat zij inhouden.

Natte ontstoppingssystemen, zoals venturiwasser en desintegrator zijn eerlang het middel bij uitstek geweest voor de ontstopping van smeltovens. Tegenover de droge systemen hebben ze als nadeel een hoger energieverbruik, meer onderhoud (corrosie, bacteriële werking), de waterverontreiniging en het slib dat als reststof uit de filterpers komt. Nochtans bieden zij als voordeel dat zij ook bepaalde -wateroplosbare- pollutanten mee opvangen, een lagere investeringskost en minder strenge beperking kennen qua ingangstemperatuur van de rookgassen. De stofuitworp kan met een venturiwasser en desintegrator tot minder dan 50 mg/m³ respectievelijk 70 mg/m³ worden gereduceerd, terwijl de uitworp van SO₂ met 60 % kan worden verminderd (*bron 163*).

Gebruikte types zijn:

- venturi: de rookgassen worden doorheen een venturi geleidt waardoor een sterke turbulente stroming ontstaat. In de keelsectie van de venturi wordt water onder hoge druk geïnjecteerd. Door de turbulentie worden beide media intens met elkaar vermengd. De stofdeeltjes worden nat en coaguleren tot zwaardere partikels zodat zij in een nageschakelde cycloon of andere afscheider kunnen worden opgevangen. De keel sectie van de venturi moet variabel zijn opdat de efficiëntie van het systeem kan behouden worden bij een variërend rookgas debiet. Een voorbevochtiging van het stof leidt tot een beter afscheidingsrendement;
- desintegrator: dit is een dynamische gaswasser waarbij de rookgassen doorheen een sneldraaiende concentrische stator en rotor gezogen wordt door een nageschakelde ventilator, of schoepen geplaatst op het uiteinde van de rotor. Water wordt centraal vanuit de rotor geïnjecteerd en wordt verneveld door de mechanische impact van pinnen die op de rotor en de stator gemonteerd zijn. De stofdeeltjes worden nat, coaguleren en botsen tegen de statorwand, vanwaar zij gestuwd door het water naar onder spoelen. Een voorbevochtiging van het stof leidt tot een beter afscheidingsrendement. Dit systeem is geschikt voor kleinere rookgasdebieten.

CO

De koolstofmonoxide in de rookgassen kan worden naverbrand. Bij toepassing van een naverbrander kan de emissie van CO worden gereduceerd tot circa 0,4 volume % van de afgassen (*bron 163*). Hiertoe zijn verschillende opties mogelijk.

Voor de koude wind koepel oven gebruikt men:

- één of meerdere branders geplaatst na intrede van lucht, dus boven de laadopening. Dit systeem moet ruim bemeten worden omdat de rookgassen en lucht op voldoende hoge temperatuur moeten worden gebracht om een CO verbranding te realiseren. Een bewakingssysteem is noodzakelijk uit veiligheidsredenen;

- inblazen van secundaire lucht (tweede rij blaasgaten) verbrandt de CO net boven de haard in de koepeloven. Deze techniek wordt toegepast om de smeltpaciteit op te drijven door het verbeteren van het thermisch rendement. Bij gelijkblijvende capaciteit betekent dit dus een lager cokes verbruik en dus een kleinere CO productie;
- inblazen van tertiaire lucht op de plaats waar de rookgassen nog voldoende temperatuur hebben opdat de CO nog spontaan zou ontbranden. Dit systeem voorziet twee rijen inblaasgaten zodat het kan aangepast worden aan de wisselende ladingshoogte (systeem CTIF).

Naverbranden van de rookgassen en het terugwinnen van de warmte door middel van een stralingswarmtewisselaar biedt de mogelijkheid de verbrandingslucht van de oven voor te verwarmen tot temperaturen van 500 à 600 °C. Hierdoor verbetert het smeltrendement beduidend (bron 163).

In de warme wind koepeloven vindt men de volledige uitbouw van de CO naverbranding met warmterecuperatie in een separate naverbrander die moet voorverwarmd worden met aardgas branders. Eens de koepeloven in regime is een kleinere steunbrander voldoende om de verbranding van de CO te verzekeren. Naverbranding is dus een energie-intensieve techniek. Daarom wordt hij enkel toegepast met een ringspleet rookgas captatie omdat daar de lucht instroom minimaal is. Bovendien moet de ontstane warmte maximaal gerecycleerd worden. Deze techniek is dus voorbehouden tot een lange campagne warme wind koepeloven.

Het ombouwen van een bestaande koude wind naar een warme wind koepeloven is constructief doorgaans onmogelijk omwille van de ontoereikende draagkracht van de funderingen, plaatsgebrek en de hoge kostprijs. Bovendien ligt de capaciteit van een warme wind variant veel te hoog voor een klein bedrijf. Voor kleinere installaties is dus de naverbranding in de ovenschouw met branders aangewezen.

Naast de verbranding van CO is een bijkomend voordeel dat andere organische pollutanten ook worden vernietigd indien de rookgassen enkele seconden op 800°C worden gebracht en er voldoende zuurstof aanwezig is. Hierdoor word ook de geurbelasting verminderd.

CO₂

De CO₂-ontwikkeling is inherent aan het verbranden van fossiele brandstoffen. Naarmate een brandstof een hogere C/H verhouding heeft is de CO₂ productie groter en de verbrandingswarmte kleiner. Om deze reden valt aardgas als brandstof te verkiezen boven cokes (en stookolie). Men kan een gedeelte van de cokes vervangen door aardgas toe te voeren via de blaasgaten in de oven. Dit geeft aan de oven daarenboven ook een grotere flexibiliteit.

Deze ingreep is in extremis toegepast in de cokesloze koepeloven. Er wordt zelfs gedacht om waterstof als brandstof te gebruiken, zodat er helemaal geen CO₂ meer gevormd wordt.

Dioxine- en furaanemissies

Dioxines zijn hoofdzakelijk stofgebonden: een grondige ontstopping van met dioxine beladen gassen is dus essentieel.

Bepaalde grondig van stof gezuiverde gasstromen zijn nochtans nog beduidend dioxine beladen. Volgens een vooraanstaand constructeur van koepelovens zijn twee technische reductie maatregelen van het PCDD/F mogelijk:

- het naverbranden van de rookgassen gevolgd door quenchen (afkoelen met waterinjectie)
- het injecteren van actieve kool of bruinkool in de rookgassen, dat fungeert als absorbens voor dioxines en congenen.

Een vaak vermelde mogelijkheid om dioxines met hoge reductierendementen te verwijderen is dus het reinigen via adsorptieve behandeling met behulp van actieve kool. De eindwaarden die hiermee behaald kunnen worden bedragen meestal minder dan 0,1 ng TEQ/m³, meestal met afscheidingsrendement van 95,8-98,8 % (*bron 166*).

We hebben evenwel geen praktijkgegevens ter beschikking in verband met de reductie van dioxines in gieterijen door middel van actief kool. De kosten die deze techniek met zich meebrengen zijn vermoedelijk hoog en tevens kunnen er veiligheidsproblemen (brand- en explosiegevaar) optreden.

Een techniek, die zich reeds in sinterfabrieken bewezen heeft, is de natte gaswasser met nageschakelde afvalwaterbehandeling, waarmee eindwaarden van 0,1 à 0,5 ng TEQ/Nm³ behaald werden (*bron 170*). Eveneens kunnen katalytische systemen gebruikt worden voor de destructie van dioxines, m.a.w. het gebruik van doekfilters voorzien van een katalytisch bovenlaagje (*bron 171*) Deze technieken hebben zich echter nog niet op industriële schaal in de gieterijsector bewezen.

SO₂

Ongeveer de helft van de zwavel uit de cokes wordt opgenomen door het metaal. De rest ontwijkt met de rookgassen. Zure slak neemt slechts een klein gedeelte op, basische slak lost zeer grote hoeveelheden zwavel op. De residuele zwavelemissie kan men verminderen door:

- cokes met een lager zwavel gehalte te gebruiken. Ontzwavelde cokes bestaan echter niet, zodat men hierin afhankelijk is van wat lokaal wordt aangeboden;
- minder cokes te verbruiken door verbetering van het thermisch rendement;
- cokes deels te vervangen door een andere energiebron zoals aardgas.

Schroot afkomstig van aardgasdistributienetten kan eveneens een zwavelbron zijn.

4.1.3.3 Water

De natte onstoffingssytemen van de rookgassen kunnen aanleiding geven tot waterverontreiniging. Het stofbeladen water wordt in kringloop gebruikt. Door middel van filterpersen wordt het gezuiverd en opnieuw gebruikt. Om het afscheidingsrendement van de vaste deeltjes te vergroten voegt men flocculatie middelen toe welke kleine partikels doen coaguleren tot grotere bestanddelen.

Naar gelang het smeltoventype kan tot 20 % van de smeltenergie overgedragen worden aan koelwater. Uittredetemperaturen van het koelwater liggen tussen 50 en 80 °C. Door middel van warmtewisselaars is het mogelijk deze energie deels te gebruiken voor sanitaire voorzieningen of ter ondersteuning van de gebouwenverwarming. Tijdens de zomerperiode is echter een koelgroep nodig om de warmte vooralsnog aan het koelwater te onttrekken (*bron 163*).

Traditioneel wordt hiervoor een koeltoren gebruikt met geforceerde luchtstroming. Om de verdampingsverliezen te compenseren dient continu water worden toegevoegd aan de kringloop. Doordat het gehalte aan wateroplosbare elementen en een onvermijdbare hoeveelheid zwevende deeltjes in het water aanrijkt is een pH-controle nodig om het uitprecipiteren en corrosie te verhinderen. Biociden en antivriesmiddelen behoren ook tot de gebruikelijke addities. Op regelmatige tijdstippen dient er afvalwater gespuid te worden. Dit kan door een gepaste fysicochemische behandeling gezuiverd worden voor het in de riolering wordt geloosd. Eventueel kan het via een erkend verwerker worden opgehaald.

4.1.3.4 Bodem

Niet van toepassing.

4.1.3.5 Geluid en trillingen

Geluidsemissies zijn afkomstig van de ventilatoren (verbrandingslucht, stoffilter), de rookgasuitlaat en het beladen van de oven.

Ventilatoren staan best in een afgesloten ruimte opgesteld waardoor een geluidsisolatie kan worden bereikt. Eventueel kan deze verbeterd worden door het aanbrengen van geluidsabsorberende materialen of het verzwaren van de wanden van het lokaal.

De (gezuiverde) rookgas verlaat normaliter het ontstoppingssysteem via een schouw, waardoor weinig geluidsoverlast wordt gecreëerd op grondniveau. Indien nodig kunnen maatregelen gebruikt worden om de uittrede snelheid te verlagen (bredere schouw), de temperatuur te verlagen (verhoogde koeling) of resonanties te vermijden door constructieve maatregelen.

Het beladen van een koepeloven creëert een intermitterend geluid waarvan de intensiteit bepaald wordt door de dimensies van de metalen grondstoffen (bijv. plaatmateriaal t.o.v. massieve ruwijzer blokken) en de valhoogte. Hieraan is echter weinig te verhelpen.

4.1.3.6 Energie

Reeds een eeuw geleden werd aangetoond dat een koepeloven volgens bepaalde empirische wetmatigheden functioneert en dat er voor elk gekozen productieregime (smeltdebiet en -temperatuur) een bepaalde optimale instelling bestaat voor cokes-toevoer, luchtdebiet, O₂-toevoer, waarbij een maximaal thermisch rendement wordt behaald. Dit zog. Jungblüth diagram moet voor iedere individuele oven opgesteld worden, daar het verloop van de curven afhankelijk is van de ovenconstructie.

Wanneer men bij optimaal rendement werkt betekent dit in eerste instantie dat het cokesverbruik (per ton Fe) minimaal is en dus ook een groot aantal emissies (CO₂, SO₂, stof, slak,...).

Andere maatregelen voor het bekomen van een optimaal rendement zijn:

- te kleine cokes (<50 mm) vermijden daar zij minder efficiënt branden: transport, opslag en oven belading moeten dus een minimum aan cokes breuk veroorzaken in de lading;
- controle van de hoogte van het cokesbed: indien dit te hoog is worden onnodig meer cokes verbruikt;
- gebruik maken van een geijkte weegschaal voor de samenstelling van de lading;
- bij het laden een uniforme verdeling van cokes en metaallading over de ovendoorsnede verzorgen;
- recupereren van cokesresten na het einde van een smeltcampagne;
- controle van de metaaltemperaturen teneinde te hoge temperaturen te vermijden;
- de oven zo lang mogelijk in gebruik te houden (opwarmen van de koude oven verhoogt het cokesverbruik per ton gesmolten metaal en dus de hoeveelheid ovenstof);
- de correcte werking van de oven te controleren (bijv stroomsnelheid, stroomrichting en uniforme verdeling van de stroming van de verbrandingslucht of -gassen).

4.1.4 Elektrische inductiekroesoven

4.1.4.1 Afval

a Ovenstof

De kleine hoeveelheden stof komen momenteel niet in aanmerking als secundaire grondstof.

b Slak

De geproduceerde slakhoeveelheden kan worden gereduceerd door de hoeveelheid onzuiverheden in de grondstoffen minimaal te houden. Mogelijkheden zijn:

- aankopen van zuiver schroot
- zandstralen van retourmateriaal
- droge opslag van grondstoffen waardoor oxidatie vermeden wordt

Aluminiumslakken kunnen opnieuw worden gerecycleerd door smelterijen. Koperslakken kunnen bijv. als abrasief worden gebruikt (straalmiddel).

c Vuurvast

De levensduur van een bekleding wordt bepaald door een groot aantal factoren. De belangrijkste zijn: de gepaste materiaal keuze in functie van de chemische natuur van de

slak (zuur of basisch), de werktemperatuur (staal, gietijzer, non-ferro), de zorg bij het aanbrengen van een nieuwe bekleding (sinteren). De levensduur varieert van 50 (staal) à 200 tot 300 (gietijzer) smeltbeurten.

De wanddikte van de kroes neemt met ieder smeltbeurt af door mechanische en chemische aantasting. Regelmatige controle van de ovendiameter (op verschillende plaatsen) laat toe de slijtage op te volgen en op het juiste ogenblik de bekleding te vernieuwen.

Er zijn permanente bewakingssystemen in de handel. Men brengt een netwerk van geleiders rondom het vuurvaste materiaal aan en meet de lokale elektrische weerstand van het materiaal. Deze neemt af samen met de temperatuur. Wordt de wanddikte lokaal kleiner dan komt het vuurvast daar op een hogere temperatuur, hetgeen door de weerstandsmeting, op continue wijze, gemonitord kan worden. De toestand van de bekleding is dus op ieder ogenblik gekend en men kan haar daardoor zo lang mogelijk doch veilig in gebruik houden.

Naast slijtage gebeurt het dat er barsten in de bekleding ontstaan. Het hete metaal dat in de barst stroomt doet het poedervormige vuurvast sinteren waardoor de scheurgroei gestopt wordt. Is de bekleding te dun geworden dan bestaat dit veiligheidsmechanisme niet en bestaat het gevaar dat het metaal de (watergekoelde) inductiespoel bereikt. Brandt deze door dan ontstaat stoom op een explosieve wijze waardoor het gesmolten metaal uit de oven wordt geslingerd. Men voorziet daarom een aardingsveiligheid. Wanneer een lekstroom wordt gemeten, betekent dit dat de metaallading contact maakt met de spoel en wordt een alarm geactiveerd. Een dergelijke doorbraak kan ook met behulp van een permanent bewakingssysteem voortijdig worden opgespoord. Op regelmatige tijdstippen worden kleine beschadigingen (barsten) hersteld met speciale pasta's, niet enkel om de levensduur van de bekleding te verlengen, maar ook vanwege de veiligheid.

Preventieve maatregelen zijn:

- vermijd grote valhoogten van het schroot in de oven;
- laad de oven liefst in warme toestand waarbij het vuurvast elastischer is;
- geschikte (compacte) vorm van schroot gebruiken;
- voer het aanbrengen en het sinteren van de bekleding zeer zorgvuldig uit;
- temperatuurbewaking.

4.1.4.2 Lucht

a Rookgassen

Het opvangen van de rookgassen bij de inductieoven is het grootste technische probleem bij het installeren van een ontstoffingsinstallatie, omdat er geen ovenschouw aanwezig is.

Rookgascaptatie

- algemene ventilatie van de smeltinstallatie: dit is een combinatie van dakventilatoren en luchtkleppen (louvre type) aangebracht in de buitenmuren, waardoor de natuurlijke convectie van de rookgassen wordt versterkt en versneld naar buiten worden geleid. Soms brengt men tussenschotten aan die een betere geleiding van de gasstromen moeten realiseren. Dit systeem is sterk gevoelig aan tocht en creëert koude lucht stromen gedurende de winterperiodes. De extractie efficiëntie is over het algemeen vrij laag;
- afzuigkappen: trechtervormige opvangkappen worden boven de oven geplaatst, met tot doel de rookgassen te geleiden naar de aanzuigleiding van de ontstoffer. Zij verhinderen het gebruik van laadkranen voor het beladen van de oven. Wanneer trilgoten worden gebruikt moet de kap vrij hoog geplaatst worden om de doorgang van de trilgoot mogelijk te maken. In dit geval is het captatievermogen vrij zwak, omdat de rookgasstroom gemakkelijk verstoord wordt door tocht en omdat veel omgevingslucht wordt aangezogen;
- verplaatsbare afzuigkappen: door de afzuigkap te verplaatsen kan de efficiëntie veel verbeterd worden omdat zij beter en dichter aansluiten bij de emissie bron bv. gedurende smelten en overtappen;
- zijafzuiging: deze techniek bestaat erin om een afzuigkap naast de ovenmond te plaatsen met een vertikaal aanzuigvlak. Hierdoor ontstaat geen hinder bij het beladen van de oven. Nochtans zijn vanwege het hoge stijgvormogen (buoyancy) van de rookgassen heel grote aanzuigdebieten nodig om een voldoende captatie te realiseren. Tijdens het kippen moet de kap kunnen meebewegen met het ovenplatform, hetgeen dan weer een hindernis is bij de ovenbelading. Ter verbetering van de aanzuiging worden soms van de overstaande zijde van de oven luchtstromen aangebracht die de rookgassen letterlijk de kap inblazen. Tijdens het laden van de oven werkt dit systeem onvoldoende;
- lipextractie: een ringvormige afzuiging wordt hier onder aan het ovendeksel geplaatst. Dit systeem geeft gedurende het insmelten (met gesloten deksel) het beste captatieresultaat en tevens de kleinste aanzuigluchtdebieten. Een ander voordeel is dat de rookgassen niet in de ademzone van de operator terechtkomen. Het vormt geen hindernis bij het beladen van de oven. In deze fase is het echter geen efficiënt systeem omdat het deksel (zijwaarts) geopend is.

Het is van belang bij de materiaalkeuze voor de afzuiging aandacht te schenken aan de hoge temperaturen die kunnen optreden door straling en convectie, vnl. voor diegene die dicht bij het smeltbad geplaatst zijn.

Ontstopping

Dezelfde bemerkingen aangaande de keuze tussen natte en droge systemen voor de koepel oven gelden ook hier. Normaliter wordt een doekfilter gebruikt. Bij kleine aanzuigdebieten kan een koeling van de rookgassen noodzakelijk zijn.

Oliehoudend schroot moet in deze omstandigheden vermeden worden. Olie dampen condenseren in de aanzuigleidingen en slaan neer op het filter medium, waardoor de werking van het filter in het gedrang komt en er tevens brandgevaar ontstaat.

Natte onstoffers moeten van het hoge druk venturitype zijn omdat de rookgassen submicronpartikels bevatten zoals metaaloxides. Vanwege het hoge energieverbruik van dergelijke systemen moet het aanzuigdebet minimaal gehouden worden. Corrosie kan

ontstaan wanneer bijv. ongedroogde spanen worden ingesmolten. Sommige koelsmeermiddelen bevatten zwavel wat aanleiding kan geven tot verzuring van het filter medium.

4.1.4.3 Water

Het gebruik van koelwater in gesloten kring is een standaardpraktijk. Secundaire koeling gebeurt d.m.v. geforceerde luchtkoeling. Er wordt dus geen koelwater geloosd. Wordt tijdens winterperiodes een antivriesmiddel toegevoegd dan moet het bij vervanging via een erkend verwerker worden opgehaald.

4.1.4.4 Bodem

Niet van toepassing.

4.1.4.5 Geluid en trillingen

Afhankelijk van de schrootdimensies kan gedurende korte tijd een snerpnd geluid ontstaan. Onder invloed van het sterk wisselend magnetisch veld dat heerst in de kroes van een inductieoven, gaan kleine stukken schroot of blik trillen. Zij produceren een geluid van hetzij 50 Hz, hetzij 250 Hz bij een middelfrequentoven. De intensiteit kan kortstondig vrij hoog zijn. Gedurende het opwarmen verliest het schroot zijn magnetische eigenschap en houdt het op te trillen. Het valt dus om die reden aan te bevelen massiever schroot te gebruiken daar het door zijn grotere massa niet of weinig met het magnetisch veld meebeweegt (*bron 163*). Ook het gebruik van een deksel kan hieraan remediëren indien het op adequate wijze is uitgevoerd.

Geluiden van hulpaggregaten, koelwater pompen, uitlaten van afzuigventilatoren kunnen worden gereduceerd door gepaste maatregelen zoals plaats van opstelling (binnen of buiten), stroomsnelheden, schouwhoogte,...

4.1.4.6 Energie

Het energieverbruik kan men verminderen door:

- smeltwijze (tap and charge versus koude start);
- warmhoudtijden verminderen door betere productieplanning;
- taptemperatuur verlagen door betere smeltbehandeling (nodularisatie) of betere transportmethode;
- regelbaar koelwaterdebiet;
- deksel op de oven plaatsen en eventueel voorzien van een kleinere opening voor het meten van temperatuur of de monsternamen;
- gestraald eigenschroot insmelten.

4.1.5 Draaitrommeloven

4.1.5.1 Afval

a Slak

Doorgaans wordt de slak na het aftappen van de smelt opgevangen in grote bakken. Zij bevat behoorlijk veel metaaldruppels en is als dusdanig niet geschikt als secundaire grondstof. Nochtans zijn op dit vlak in de toekomst nog mogelijkheden te verwachten.

Voorkomen van de slak hoeveelheid is metallurgisch niet aanvaardbaar daar zij in de oven het metaal beschermd tegen oxidatie en warmhoudt. Deze functie is noodzakelijk gezien het grote oppervlak van het smeltbad (bijv. vgl. bij de inductieoven). Men voegt normaliter zand toe aan de lading om voldoende slakhoeveelheid te realiseren.

b Vuurvast materiaal

Waar bij de inductieoven de bekledingsdikte beperkt wordt om redenen van energieopname is bij dit type oven de bekleding veel dikker. Haar standtijd is daarom beduidend langer (6 à 12 maand). Het aanbrengen van de bekleding gebeurt standaard door gespecialiseerde firma's.

4.1.5.2 Lucht

a Stof

Bij trommelovens vindt men doorgaans doekfilters, hoewel venturi-ontstoffers technisch evengoed mogelijk zijn.

De hoge temperatuur van de rookgassen bij het uitreden van de ovenmond wordt verminderd door het aanzuigen van omgevingslucht via de spleet tussen oven en schouw. Deze is er altijd om de beweging van de oven mogelijk te maken. De schouw is een met vuurvast materiaal beklede over 90° gebogen kanaal dat soms beweegbaar is opgesteld om dicht bij de ovenuitlaat aan te sluiten. In dit laatste geval worden de rookgassen na vermenging met omgevingslucht nog extra gekoeld met een lucht/rookgas warmtewisselaar. Op deze manier wordt de rookgastemperatuur dan van 1500°C naar 200°C of lager teruggebracht, zodat zij kunnen ontstof worden.

b NO_x

Wanneer de luchttoevoer door een goede afdichting van het recipiënt maximaal vermeden wordt, zal er geen NO_x door oxidatie van de atmosferische stikstof worden gevormd. Daarnaast zal de totale stroom van afgassen van een oxy-fueloven door het ontbreken van de stikstofballast beduidend kleiner zijn, waardoor de ontstoffingsinstallatie kleiner gedimensioneerd kan worden.

4.1.5.3 Water

Niet van toepassing.

4.1.5.4 Bodem

Niet van toepassing.

4.1.5.5 Geluid en trillingen

Intermitterend geluid door de grote valhoogte van de lading gedurende de lading kan vermeden worden door alternatieve beladingssystemen. Hierbij rijdt een aangepaste schudgoot in de oven (in horizontale stand) en tijdens het langzaam achteruitrijden wordt de lading in de oven gestort. Helaas bestaat geen documentatie omtrent de effectieve geluidsdemping van dit systeem.

4.1.5.6 Energie

Er zijn slechts weinig ingrepen mogelijk op vlak van rendementsverbetering. Enkele zijn experimenteel te onderzoeken:

- brandertype, -instelling en positie;
- temperatuurscontrole;
- instelling van de rotatie-cycli.

Het gebruiken van zuivere zuurstof in plaats van lucht in branders voor het smelten van metalen of het voorverwarmen van gietpannen verhoogt de vlamtemperatuur aanzienlijk. Hierdoor verloopt de warmteoverdracht naar het medium efficiënter, waardoor het energieverbruik daalt (*bron 163*).

Er gaat een behoorlijke hoeveelheid warmte verloren via de rookgassen (30 à 40 %). Tot nu toe zijn geen mogelijkheden bekend voor warmterecuperatie, tenzij de klassieke: verwarming van water of thermische olie voor sanitaire doeleinden (gebouwen verwarming of warmwaterproductie).

4.1.6 Schachtoven

4.1.6.1 Afval

a Stof

Voor het smelten van aluminium is de stofuitstoot meestal zeer klein. Zeker wanneer men geen schroot gebruikt is een ontstopping vaak onnodig.

b Vuurvast

Door de opvatting van de oven en de relatief lage werktemperaturen drukt de standtijd van een bekleding zich uit in jaren. De afvalhoeveelheid is dan ook verwaarloosbaar.

c Slak

Aluminium slak is een waardevolle grondstof die door smelterijen gebruikt wordt. Eventueel wordt in de gieterij het ingesloten aluminium uit de (hete) slak teruggewonnen d.m.v. persen.

4.1.6.2 Lucht

Wanneer men geen schroot gebruikt is een ontstopping vaak onnodig. Zo ontstopping toch nodig is (bijv. bij insmelten van eigenschroot waar zand aangehecht is) kan dit gebeuren via de reeds vermelde droge of natte ontstoppers. Vermits de oven constructief uitmondt in een schouw is de aansluiting van een ontstopping niet problematisch.

4.1.6.3 Water

Niet van toepassing.

4.1.6.4 Bodem

Niet van toepassing.

4.1.6.5 Geluid en trillingen

Niet van toepassing.

4.1.6.6 Energie

Het rendement van de oven wordt in hoofdzaak door zijn constructie bepaald. Warmterecuperatie uit de rookgassen is mogelijk via de klassieke systemen voor sanitaire doeleinden.

4.1.7 Kroesoven

Zelfde bemerkingen als bij de schachtoven.

4.2 Smeltbehandelingen

Zoals uit de beschrijving van de milieuaspecten blijkt geven slechts enkele van de smeltbehandelingen aanleiding tot milieueffecten.

4.2.1 Nodularisatie van gietijzer

4.2.1.1 Afval

Het kan interessant zijn, bij hoge productievolumes, een aparte filter voor de MgO rook te voorzien daar dit als product kan hergebruikt worden als pigment of als thermische isolator. Er moet dan wel gelet worden op het gehalte zware metalen in de nodularisatieproducten.

4.2.1.2 Lucht

Bij het nodulariseren van gietijzer ontstaan witte rookwolken van MgO. Verschillende behandelingsmethodes bieden de mogelijkheid deze rookgasstroom efficiënt te capteren zoals de draadinjectie, tundish. In combinatie met de inductieoven kan ook de eenvoudige Sandwich methode op efficiënte wijze beheerst worden. Het komt er dan op neer bij het tappen van de oven in de behandelingspan, de ringspleet afzuiging te gebruiken om de ontwijkende rook op te vangen.

Hoe efficiënter de gekozen behandelingsmethode, hoe minder MgO uit de smelt zal ontwijken.

4.2.1.3 Water

Niet van toepassing.

4.2.1.4 Bodem

Niet van toepassing.

4.2.1.5 Geluid en trillingen

Niet van toepassing.

4.2.1.6 Energie

Iedere bijkomende behandeling van de smelt veroorzaakt een temperatuursdaling. Vaak valt het voor dat de taptemperatuur aan de oven 100°C en meer hoger ligt dan de feitelijke giettemperatuur om deze verliezen te compenseren. Opstelling van de verschillende posten (oven - behandelingsstation) en de snelheid waarmee het proces doorlopen kan worden zijn daarom van primordiaal belang om de oververhittings-temperatuur zo laag mogelijk te houden.

4.2.2 Ontzwavelen van koepeloven gietijzer

4.2.2.1 Afval

Om een goede ontzwaveling te bewerkstelligen is steeds een overmaat aan CaC_2 noodzakelijk. De slak die ontstaat is dus reactief, wat haar verwijdering bemoeilijkt.

Soms blust men preventief de slak (CaC_2 houdend) in een speciale installatie. Deze bestaat uit een recipiënt waarin de slak wordt gestort. Onderaan wordt heel langzaam water toegevoerd. Door het contact met het water gebeurt de omzetting van het resterend CaC_2 naar CaOH en C_2H_2 (ethyleengas) dat naar boven stijgt. De gebluste slak wordt gestort.

Mogelijkheden ter reductie van de slakhoeveelheid zijn:

- het gebruik van laag S inzet (metaal, cokes) materiaal, alhoewel dit duurder en soms moeilijk verkrijgbaar is;
- de overmaat aan CaC_2 voor de ontzwavelingsbehandeling in die mate te verminderen dat het residuele S-gehalte net voldoet aan de eisen voor en efficiënte nodularisatiebehandeling;
- overschakelen naar alternatieve ontzwavelingsproducten zoals CaO , hoewel deze doorgaans minder effectief zijn;
- de slak van ijzer te ontdoen dat bij het afscheppen wordt meegevoerd. Dit kan door de slak te breken en magnetisch te ontijzeren. De ijzerfractie kan opnieuw ingesmolten worden;
- het recycleren van de slak in de koepeloven door het met de lading in de oven te brengen, tijdens de productie van lamellair gietijzer.

4.2.2.2 Lucht

Het vrijkomende gas kan worden afgefakkeld, wat uit veiligheidstandpunt wenselijk is.

4.2.2.3 Bodem

Niet van toepassing.

4.2.2.4 Water

Het zwavelhoudende (CaS) afvalwater kan verder worden gebruikt als proces water, bijv. koelwater.

4.2.2.5 Geluid en trillingen

Niet van toepassing.

4.2.2.6 Energie

Zie nodularisatie van gietijzer.

4.2.3 Ontgassen van aluminium

Het verwijderen van waterstofgas uit de smelt d.m.v. argon verdient duidelijk de voorkeur boven het gebruik van reactieve chloor- of fluorhoudende producten, al was het alleen vanwege de reproduceerbaarheid en de procescontrole.

4.2.3.1 Afval

Niet van toepassing.

4.2.3.2 Lucht

Wanneer men de aluminiumsmelt ontgast met inerte gassen ontstaat geen milieu hinder. Opteert men voor een methode met roterende lans dan wordt tevens een goed rendement behaald. Reactieve gassen of tabletten veroorzaken de uitstoot van HCl of HF welke bijzonder agressief zijn. Ter bescherming van het werkmilieu is een afzuiging altijd noodzakelijk. Gezien de corrosieve werking van de vermelde producten moet de hele installatie (ventilator inclusief) uit zuurbestendig materiaal worden geconstrueerd. Wanneer de emissies boven de toegelaten grenswaarde uitstijgen is bovendien een (basische) gaswasser nodig om de emissie te beperken. De investeringskosten voor deze milieumaatregelen wegen niet op tegen de betere prestatie van deze producten.

Het waterstofgehalte in de smelt kan preventief worden gereduceerd door:

- droog het inzetmateriaal voor het smelten;
- vermijd te hoge smelttemperaturen door het beperken van de warmteverliezen tussen oven en gietvorm;
- verwarm ieder gereedschap of elke hulpstof dat in contact komt met de smelt voor;
- vermijd hoge storthoogtes van de smelt tijdens het overgieten;
- zorg voor voldoende droge gietvormen.

4.2.3.3 Bodem

Niet van toepassing.

4.2.3.4 Water

Niet van toepassing.

4.2.3.5 Geluid en trillingen

Niet van toepassing.

4.2.3.6 Energie

Niet van toepassing.

4.3 Zandbereiding en vorm- en kernmakerij

4.3.1 Grond- en hulpstoffen

De meeste grondstoffen zijn fijnkorrelig en zijn dus "stuivende stoffen", indien de gepaste maatregelen niet worden genomen.

De opslag van de materialen gebeurt altijd in gesloten bunkers, om te vermijden dat zij vochtig worden. Het transport van en naar de bunkers gebeurt hoofdzakelijk met pneumatische systemen, welke zouden verstoppen wanneer vochtigheid in het materiaal aanwezig is. Bovendien oefent vocht een nadelig effect uit op de kwaliteit, de uithardingseigenschappen en de levensduur van de vormen en kernen, en dit zowel bij bentoniet als harsgebonden producten.

Ontluchtingsfilters worden geplaatst op de bunkers om de ontwijkende perslucht te laten ontsnappen bij het vullen en tevens de verspreiding van stof naar de omgeving te belemmeren. In kleinere bedrijven gebeurt de opslag in big-bags of papier zakken, die eveneens droog gestockeerd worden.

Harsen, katalysatoren en coatings moeten worden opgeslagen volgens de regels voorgeschreven door de leverancier. Zo mogen bepaalde producten niet in zuivere toestand met mekaar in contact komen of er ontstaat een heftige reactie met brand of explosie tot gevolg. Aan de productieposten mag een dag voorraad van deze producten aanwezig zijn. Metalen voorraad containers van 50 tot 1.000 L worden in een geventileerde ruimte, voorzien van de nodige inkuipingen, bewaard. De bewaar-temperatuur ligt voor de meeste producten best tussen de 5 en de 20°C, zoniet vermindert de levensduur van de producten heel snel.

Lege verpakkingen worden meer en meer door de leveranciers terug genomen.

4.3.2 Bentonietgebonden vormzanden

4.3.2.1 Afval

De hergebruiksgraad van het vormzand kan door verschillende ingrepen worden opgedreven.

Enerzijds zijn er maatregelen op het vlak van kwaliteitsbewaking. Deze hebben tot doel na te gaan of het zand van een bepaalde samenstelling ook daadwerkelijk de verwachte (mechanische) eigenschappen heeft. Dit kan door het invoeren van:

- meetprogramma's waar samenstelling met de prestaties van het materiaal worden vergeleken;
- meettoestellen die de mengcyclus sturen op basis van in situ zandmonstercontroles;
- zandbalansen waarbij de in en output vergeleken wordt met een theoretisch (ervarings)model.

Deze ingrepen hebben als effect dat de kwaliteit wordt bewaakt. Men kan reeds vroeg degradatie van de zandeigenschappen opsporen en bijsturen. Bij ontstentenis van deze controle merkt men de degradatie in een te ver gevorderd stadium met name als er

gietfouten of vormproblemen optreden. Ligt de oorzaak bij een (chemische) verontreiniging van het vormzand dan is verdunnen door toevoeging van nieuw zand vaak de enige oplossing. Hierdoor ontstaat meer afval.

Eens men greep heeft op de zandcyclus is het mogelijk de hergebruiksgraad zo hoog mogelijk op te drijven, door bijv. de zandverversing te minimaliseren.

Andere maatregelen situeren zich op het vlak van de kwaliteitsborging door alle elementen in de zandbereiding te voorzien en goed te dimensioneren en de werking ervan te controleren.

Door het vormzand beter te homogeniseren zal de samenstelling van het retourzand constanter zijn, waardoor dosering en analyse eenvoudiger en representatiever worden. Correctieve maatregelen zullen sneller worden gedetermineerd en efficiënter doorwerken.

Homogenisatiesystemen zijn verkrijgbaar in de handel. Zo kan het retourzand bijvoorbeeld verdeeld opgeslagen en gelijktijdig betrokken worden uit verschillende kleine silo's die bovenaan gevuld wordt en onderaan afgetapt.

Een ander mogelijkheid is het zand continu in rotatie te houden door het onderaan de opslagsilo af te tappen en bovenaan weer toe te voegen, waardoor het zich vermengt met het intredende retourzand.

Bentonietgebonden zand kan het best zo snel mogelijk na het uitbreken worden bevochtigd. Hierdoor droogt het zand minder uit en heeft de bentoniet meer tijd om water op te nemen. Voorbevochtiging zal de bentoniet dus beter doen ontsluiten, waardoor het bentonietgebruik kan worden verminderd (*bron 163*).

Bij kernintensief gietwerk is de hoeveelheid zandafval in hoofdzaak afkomstig van het kernzand dat in de kringloop wordt toegevoerd. Hier moet toevlucht genomen worden tot zandrecyclage technieken om het afval opnieuw in de kernmakerij te kunnen gebruiken (zie verder).

Bij een ver doorgedreven zand hergebruik bestaat het zandafval in hoofdzaak nog uit zandstof waarin grote aandelen bentoniet en glanskool worden teruggevonden. Dit stof kan ten dele aan de menger worden teruggevoerd om de nuttige bestanddelen terug te winnen. Een groot deel blijft echter achter. Vormzandafval bevat relatief hoge gehalten aan PAK, vervanging van de glanskoolvormer kan lagere PAK gehalten opleveren (*bron 164*).

Daar er voor dit product geen nuttige recyclage techniek bestaat en zeker geen toepassing als secundaire grondstof, kan men het opdrijven van de hergebruiksgraad van het zand in vraag stellen. Is het niet beter een minder intense zandbereiding aan te wenden, opdat het ontstane afvalproduct (vormzand) nog een bruikbare aanwending kan vinden?

4.3.2.2 Lucht

Van de verschillende fases bij het bereiden van bentoniet gebonden vormzand zijn er slechts enkele welke een emissiebehandeling vragen, met name deze die gepaard gaan met een grote stofontwikkeling zoals de triltrommel, ontstoffer en koeler.

Belangrijk is dat bovenvermelde installaties op degelijke wijze zijn ingekapseld. Zo kunnen de stofbeladen luchtstromen afgeleid worden naar een centrale ontstoffingseenheid. Voor bentonietgebonden vormzand is de meest geschikte ontstoffing een natte wasser, doorgaans van het lage druktype. De reden is dat deze gaswasser geen problemen heeft om de waterverzadigde lucht te behandelen.

Nochtans is dit type thans niet meer in gebruik en quasi overal vervangen door droge filters. De door Vlare II opgelegde emissiegrenswaarde van 20 mg stof per Nm³ lucht wordt immers met een natte gaswasser niet gehaald, tenzij met hoge druk varianten zoals de venturiwasser, welke dan weer een hoge exploitatie kost hebben (energieverbruik). Bovendien ontstaat waterverontreiniging (zwevende stoffen, KWS) en is de opvang (filterpers) en verwijdering van het slib omslachtig en arbeidintensief. Dit is zeker het geval indien men het ten dele wil gaan hergebruiken. Door het relatief hoge restwatergehalte van het slib (30%) is het storten een dure aangelegenheid. Gaswassers zijn in deze toepassing onderhoudsintensief (corrosie, verstopping, groei van bacteriën en schimmels).

De gestelde emissiegrenswaarde kan relatief eenvoudig worden behaald met een doekfilter. De voorwaarde is wel dat condensatie problemen in de filter, zeker tijdens de winter periode, kunnen worden beheerst. Zoniet verstoort de filter en kunnen scheuren in de patronen ontstaan. Aanladingen van vochtig stof in het filterhuis kunnen het stroompatroon van de te behandelen lucht sterk verstoren waardoor de volledige filter oppervlakte niet meer wordt gebruikt. Men kan het dauwpunt van de luchtstroom verhogen door het plaatsen van gasbranders in de toevoerleidingen naar de filter. Verder is een gecontroleerde toevoeging van water aan het te koelen zand noodzakelijk om de stoom ontwikkeling minimaal te houden.

Het opgevangen stof is droog en eenvoudiger op te vangen en te verplaatsen. Terugvoer naar de menger van de voor-afgescheiden grove fractie (meegesleurde zandkorrels) en een deel van de fijne fractie (bentoniet en kwartsstof) is in deze configuratie een beheersbare recyclage techniek.

4.3.2.3 Water

Het zij opgemerkt dat er bij de vormzandbereiding geen afvalwater vrij komt. Alle proceswater dat wordt toegevoerd aan het bentoniet gebonden vormzand verdampt immers tijdens het gieten en koelen van de zandvormen.

4.3.2.4 Bodem

Niet van toepassing.

4.3.2.5 Geluid en trillingen

Niet van toepassing.

4.3.2.6 Energie

Het energieverbruik van een bentonietgebonden zandbereiding kan tot 20% van de totale verbruikte energie in een gieterij oplopen. Dit feit is inherent aan het proces.

4.3.3 Harsgebonden zelfhardende vormzanden

4.3.3.1 Afval

De hergebruiksgraad van dit zand is kleiner dan het bentonietgebonden zand. Dit wordt veroorzaakt doordat de accumulatie van bepaalde residu's het uithardingsmechanisme kan verstoren. Voor de meest courante furaan- en polyurethaansystemen is een thermische recyclage vaak een goede uitkomst. Rendabeler is echter het hergebruik als secundaire grondstof.

4.3.3.2 Lucht

Tijdens het mengen, vormen en uitharden van zelfhardende vormzanden kunnen VOS ontwijken. Deze zijn in hoofdzaak afkomstig van de oplosmiddelen die in de harsen worden toegepast. Deze diffuse emissie is echter klein, rekening houdend met het feit dat het verbruikspercentage van de harsen 1 à maximum 2% van het zandgewicht is.

Bij de heropwerking van het zand in de kringloop ontstaat een stofemissie in de triltrommel. Wanneer het zand gekoeld (ontstoft) wordt gebeurt dit altijd in een droge koeler, dit is een wervelbed waarin watergekoelde buizen geplaatst zijn. Chemisch gebonden zand verdraagt, zoals reeds besproken geen vocht. De captatie van de stofbeladen lucht van de verschillende emissiepunten geschiedt hier ook door een centrale droge ontstoftingseenheid, daar de problemen met waterdamp vorming hier ontbreken. Terugvoer van stof is echter onmogelijk.

4.3.3.3 Water

Niet van toepassing.

4.3.3.4 Bodem

De opslag van de harsen en harder componenten dient met de nodige voorzorg te gebeuren. Inkuipingen, scheidingsmuren en aangepaste transportmiddelen dienen te worden voorzien.

4.3.3.5 Geluid en trillingen

Niet van toepassing.

4.3.3.6 Energie

Niet van toepassing.

4.3.4 Harsgebonden gashardende vormzanden

4.3.4.1 Afval

Bijzondere aandacht dient gegeven te worden aan afval zand dat niet werd uitgehard. Dit zand is afkomstig van het reinigen van de kernschietmachines wanneer men van samenstelling wisselt. Het is een mengsel van zand met het nog reactieve hars dat naargelang het geval als chemisch afval zou kunnen bestempeld worden. Er bestaan speciale begassingsunits waarin men de begassing kan doorvoeren. Eventueel kan men het zand nadien verkorrelen en hergebruiken.

4.3.4.2 Lucht

Tijdens het mengen van het vormzand kan zich een emissie van VOS voordoen (oplosmiddelen harsen). Nochtans duurt de menging heel kort zodat deze emissie onbelangrijk is.

Naargelang het procédé kunnen bij de begassing van het vormzand afgassen ontstaan die moeten worden gereinigd voor ze in de atmosfeer worden geloosd. Ter bescherming van de werkatmosfeer moeten de kernschietmachines voldoende zijn ingekapseld en moeten de kernen voldoende met lucht gespoeld worden om alle gasresten te verwijderen.

Verskillende technieken staan ter beschikking:

- adsorptie aan actieve kool (niet voor SO_2);
- naverbranding (niet voor SO_2);
- chemische gaswasser.

Van deze technieken is de laatste de meest toegepaste. Actieve kool adsorptie is een dure techniek die tevens voor een afval probleem zorgt. Naverbranding op een temperatuur van 800°C met een minimale verblijftijd van 2s leidt tot extreem hoge investerings- en exploitatiekosten.

In alle toepassingen vindt men daarom chemische gaswassers terug. Het filterend medium is aangepast aan de te verwijderen component zoals:

- basische gasen (amines): H_2SO_4 , H_3PO_4 met vorming van ammoniumsulfaat of -fosfaat
- zure gasen (SO_2): NaOH met vorming van Na_2SO_3 en Na_2SO_4

Tijdens het gebruik is een dagelijkse pH-controle nodig om de goede werking van de wasser te garanderen. Op regelmatige tijdstippen moet het verzadigde medium worden verversd. Het effluent wordt geleverd aan gespecialiseerde verwerkers.

Begassing met CO_2 behoeft geen neutralisatie-installatie.

Methylformiaat, welke deelneemt aan de uithardingsreactie tijdens het begassen, leidt tot minimale emissies. Indien de emissiegrenswaarde (100 mg/ Nm^3 indien meer dan 2000 g/u) wordt overschreden kan een afgasbehandeling noodzakelijk zijn met een basische wasser (NaOH) met vorming van mierenzuur, methanol en natriumformiaat. Stochiometrisch is ong. 15 % van het harsgewicht nodig om uitharding te realiseren.

Gesteld dat men praktisch het dubbele zou toevoeren betekent dit dat per uur meer dan 1,3 ton kernzand zou moeten worden bereid om de gestelde vracht van 2 kg/u te overschrijden. Dergelijke productie installaties komen in Vlaanderen niet voor. Wel is belangrijk rekening te houden dat het formiaat lucht mengsel binnen brede grenzen ontvlambaar is.

Een typisch aspect van deze kernzanden is het feit dat bij de kernproductie uitval ontstaat. Dit zand is niet blootgesteld aan de gietwarmte en kan doorgaans na verkorreling herbruikt worden voor de kernproductie.

Coatings

Alcohol gedragen coatings die op de kernen worden aangebracht geven tijdens het drogen aanleiding tot VOS emissies (isopropylalcohol).

Affakkelen van de aangebrachte coating is een techniek die weliswaar minder VOS emissie creëert maar wordt in vele bedrijven geweerd vanwege veiligheidsoverwegingen.

Een eerste reductiemaatregel bestaat erin een coating te gebruiken met een hoger gehalte aan vaste deeltjes (minder solvent per kg coating). Doch deze meer viskeuze coating is niet altijd bruikbaar, daar zij in verdiepingen (uitsparingen, randen enz...) achterblijft en onvoldoende uitvloeit. Dit geeft aanleiding tot gietfouten.

Een tweede reductiemaatregel is het gedeeltelijk vervangen van de solvent door water (10% of meer). De eigenschappen blijven nagenoeg onveranderd, maar dit moet experimenteel bevestigd worden door testen in de gieterij.

Er is een duidelijke tendens naar watergedragen coatings waarneembaar. Belangrijkste nadeel van dit type coatings is de langere droogtijd. Dit betekent dat er meer stockage ruimte noodzakelijk is en dat de stapeling van de kernen goed doordacht moet worden opdat geen vochtige zones nablijven. Er moet tevens gezorgd worden voor een gecontroleerde luchtstroom (debiet, temperatuur) om een voorspelbare droogtijd te realiseren. Droog tunnels lijken zeer effectief te zijn, maar maken nog onderwerp uit van industriële studies. Het zij hierbij opgemerkt dat deze techniek een groot potentieel inhoudt voor recuperatie van de (laagwaardige) afvalwarmte van smeltovens.

Het -versneld- drogen van coatings in ovens houdt vnl. problemen in op het vlak van het transport van de kernen. In de oven kunnen zij omvallen waardoor het gewenste droogeffect niet behaald wordt. Reeds lang wordt met microgolf ovens geëxperimenteerd maar de gepubliceerde resultaten over het succes van deze techniek zijn zeer tegenstrijdig.

Een industriële studie gesteund op Life Cycle Analysis heeft 3 methodes voor het aanbrengen van kernen met elkaar vergeleken. Hieruit kwam het drogen van watergedragen coatings aan de lucht als beste naar voor. Het drogen van dezelfde coatings in een warme luchtoven scoorde lager vanwege de CO₂ uitstoot van de oven, drogen van alcoholcoatings door de VOS emissie.

Watergedragen coatings brengen bovendien een verbetering van het werkpлатsmilieu met zich mee en houdt geen brandgevaar in.

De huidige ervaring heeft aangetoond dat voor een groot aantal kernen watergedragen coatings een volwaardig alternatief zijn. Complexe kernen (geometrisch of giettechnisch) moeten nog altijd met alcohol gedragen coatings worden bekleed. Hoofdrede is dat er steeds een kleine hoeveelheid restwater in de coating nablijft waardoor deze tijdens het gieten makkelijker van de kern loskomt.

Vormcoatings moeten in veel gevallen als alcohol coatings worden aangebracht. Het is immers niet mogelijk om de vormen te stockeren en bijv. 24u te wachten tot de coating droog is. Dit vanwege de korte taktijden in de geautomatiseerde gieterij enerzijds en vanwege plaatsgebrek in de handvormerij anderzijds.

Bij het aanbrengen van coatings met de algemeen gebruikte technieken als dompelen, vloeien en kwasten, wordt op bepaalde plaatsen van de vorm of kern teveel coating aangebracht. Bij het spuiten van coatings treedt overspray (product dat niet op de vorm of kern terecht komt) op.

Naast de conventionele aanbrengtechnieken zijn er nu ook nieuwe coatings en aanbrengmethoden ontwikkeld, met een lager coatingverbruik. Voorbeelden hiervan zijn airless of lagedrukspuiten, thixotrope dompelcoatings en speciale vloeicoatings.

4.3.4.3 Water

Niet van toepassing.

4.3.4.4 Bodem

De opslag van de harsen en harder componenten dient met de nodige voorzorg te gebeuren. Inkuipingen, scheidingsmuren en aangepaste transportmiddelen dienen te worden voorzien.

4.3.4.5 Geluid en trillingen

Niet van toepassing.

4.3.4.6 Energie

Niet van toepassing.

4.3.5 Harsgebonden thermohardende vormzanden

4.3.5.1 Afval

Daar de uitharding gebeurt onder invloed van de temperatuur stelt zich geen analoog probleem als voor het niet uitgeharde zand bij gashardende kernen, tenminste op het vlak van mislukte of gebroken kernen.

Restzand dat vrijkomt bij de reiniging van de machines wordt best verhit opdat geen moeilijk verwijderbaar afval zou ontstaan.

4.3.5.2 Lucht

Deze processen vertonen alle belangrijke emissies gedurende het uitharden van de kernen. Onder invloed van de relatief hoge temperatuur komen organische producten vrij uit de harsen en katalysators, welke ook een geurbelasting veroorzaken.

Het is dus van belang, zoals bij de gashardende kernzanden, de werkpost zo goed mogelijk in te kapselen en de vrijkomende gassen naar een behandelingseenheid te leiden voor ze in de atmosfeer te lozen. Verschillende behandelingen zijn mogelijk:

- naverbranding;
- chemische gaswasser;
- biologische behandeling.

Bij het Croning procédé is NH_3 de voornaamste emissie welke met goed gevolg in een basische wasser (H_2SO_4), met vorming ammoniumsulfaat, kan worden opgevangen. Biologische wassers zijn minder gegeerd omdat zij een grote oppervlakte innemen en de werking tijdens verloop en vorst periodes problematisch zijn.

4.3.5.3 Water

Niet van toepassing.

4.3.5.4 Bodem

De opslag van de harsen en harder componenten dient met de nodige voorzorg te gebeuren. Inkuipingen, scheidingsmuren en aangepaste transportmiddelen dienen te worden voorzien.

4.3.5.5 Geluid en trillingen

Niet van toepassing.

4.3.5.6 Energie

Niet van toepassing.

4.3.6 Samenvatting van de milieupreventiemaatregelen bij de verwerking van harsgebonden zanden (*bron 14*)

4.3.6.1 Mengen van harsgebonden vormzanden

a Goed huismeesterschap

- zorg voor een goede afdichting van menger en doseerinrichting;

- controleer stelselmatig de vormzandkwaliteit en onderneem de juiste acties in geval van afwijkingen;
- zorg voor een goede ventilatie van de werkplek;
- zorg voor een correcte afstelling van de mengeronderdelen;
- doe regelmatig een ingangscntrole van de grondstoffen;
- ijk regelmatig de doseerpompen van hars en katalysator;
- ga de minimale sterktevereiste (en dus harstoevoeging) na per type van gietvorm en hou deze gegevens bij in een register;
- herbruik gemengd restzand dat niet in vormen of kernen verwerkt is.

b *Optimalisatie*

- plan de te mengen hoeveelheid vormzand zorgvuldig (just in time);
- hou een zandbalans bij;
- zorg voor een optimale kwaliteit van het retourzand;
- conditioneer de zandtemperatuur tussen 15 en 25 °C;
- gebruik een minimum aan bindmiddel.

c *Bronaanpak*

- koop hoogwaardige harsen met een lage reukbelasting;
- experimenteer regelmatig met nieuwe producten met een lagere milieubelasting;
- vraag uw leverancier om de meest geschikte harsformule voor uw productie.

d *Emissiebehandeling*

- zorg voor een goede ventilatie of afzuiging bij de menger.

4.3.6.2 *Vorm- en kernproductie met harsgebonden vormzanden*

a *Goed huismeesterschap*

- respecteer de levensduur van het zand-harsmengsel en verwerk het bereide vormzand zo snel mogelijk;
- zorg voor een correcte dosering van de gebruikte hoeveelheid vormzand per vorm of kern;
- hou een gegevensregister bij van de machine-instellingen voor ieder type vorm of kern;
- zorg voor een goede ventilatie van de werkplek en de stockage ruimte.

b *Optimalisatie*

- gebruik bij het schieten van vormen of kernen niet meer perslucht dan nodig;
- zorg voor een optimaal werkklimaat (vochtigheid & temperatuur) bij de aanmaak en opslag van de vormen of kernen;
- vermijd lekken tijdens het begassen en spoel de kernen voldoende lang;
- controleer regelmatig het katalysatorverbruik (gashardende vormzanden) per ton zand;

- zorg voor een minimale zand-ijzerverhouding door een maximale modelplaat-bezetting;
- beperk het gietsysteem tot het kleinst mogelijke volume door gebruik te maken van actuele berekeningsmethodes en isolerende of isotherme opkomers;
- integreer in de planning van de vormproductie ook het smeltbedrijf;
- werk in de handvormerij met twee vormzandmengsels: een sterke contactlaag en een zwakkere vullaag.

Emissiebehandeling:

- kapsel de vormmachine in, vang vrijkomende dampen op en neutraliseer ze in een gaswasser;
- recycleer restzand en gebroken kernen (evt. in samenspraak met de leverancier).

4.3.7 Bindmiddelvrije vormzanden

4.3.7.1 Afval

Ondanks het feit dat hier geen bindmiddel aan het vormzand wordt toegevoegd ontstaat toch een verontreiniging van het vormmateriaal:

- organische verontreiniging door de verbranding en pyrolyse van het model (polystyreen). Dit is zeker het geval waar laagsmeltende legeringen worden gebruikt zoals aluminium;
- stof accumulatie door de mechanische slijtage van de kwartskorrels en de coatings die op de modellen worden aangebracht.

Om het zand voldoende lang in circulatie te kunnen houden is het dus noodzakelijk deze parameters terug te dringen. Doorgaans wordt gekozen voor een thermische recyclage van een deelstroom van de zandkringloop.

Het verzamelde stof wordt gestort. Momenteel wordt gekeken of er voor zandstof een nuttige toepassing bestaat.

4.3.7.2 Lucht

Tijdens het drogen van de modellen na het coaten komen VOS vrij (isopropylalcohol) wanneer de coating alcohol gedragen is. Deze problematiek is analoog aan het coaten van zandkernen.

4.3.7.3 Water

Niet van toepassing.

4.3.7.4 Bodem

Niet van toepassing.

4.3.7.5 Geluid en trillingen

Niet van toepassing.

4.3.7.6 Energie

Niet van toepassing.

4.3.8 Lost Wax procédé

4.3.8.1 Afval

Vormafval is door het feit dat hier met schaalvormen wordt gewerkt bijzonder klein (uitgedrukt per ton gietstukken).

De was afkomstig van het uitsmelten van de schaalvormen wordt teruggeleverd aan de leverancier en gerecycleerd.

4.3.8.2 Lucht

Bij het sinteren van de vormen ontstaan dampen afkomstig van de was. Er dient dus aandacht geschonken te worden aan het feit dat deze dampen in de oven voldoende naverbrand worden door ze langsheen de branders te leiden.

Een vaak toegepaste industriële techniek bestaat erin het uitsmelten vooraf te laten gebeuren in een autoclaaf, waarbij de opgevangen vloeibare was kan gerecycleerd worden door de leverancier. Nadien worden de schaalvormen in een oven geplaatst en op hoge temperatuur gesinterd.

4.3.8.3 Water

Niet van toepassing.

4.3.8.4 Bodem

Niet van toepassing.

4.3.8.5 Geluid en trillingen

Niet van toepassing.

4.3.8.6 Energie

Niet van toepassing.

4.4 Gieten, koelen en uitbreken

4.4.1 Verloren vormen: gieten en koelen

4.4.1.1 Afval

Niet van toepassing.

4.4.1.2 Lucht

Tijdens het gieten en koelen van het metaal in de zandvorm ontstaat een amalgaam van organische decompositieproducten afkomstig uit het bindmiddel van de vorm. Metingen hebben uitgewezen dat de voornaamste emissie plaatsvindt gedurende 10 minuten na het gieten. Samenstelling en hoeveelheid van de geëmitteerde producten zijn afhankelijk van een groot aantal parameters.

In sterk geautomatiseerde gieterijen waar de vormen op één punt worden afgegoten en dan voortbewegen over koelbanen is een inkapseling mogelijk van deze banen. Een afzuigings belet dat de emissies in de werkruimte terechtkomen.

Voor de behandeling van de afgassen zijn nog geen geschikte processen gevonden. De concentratie van de schadelijke stoffen in de afgassen is heel laag door de grote volumestroom omgevingslucht die bij dergelijke omkapselingen wordt meegezogen (ordegrootte van enkele 10.000 m³/h). Naverbranding van dergelijke luchtstromen kan economisch niet verantwoord worden. In gevallen waar in de directe omgeving een reukhinder ontstaat worden soms biologische filters angewend. De afgezogen lucht kan ook (deels) gebruikt worden als verbrandingslucht voor een koepeloven.

Bij het lost foam proces worden de opgevangen gassen naverbrand vanwege hun hoge styreen gehalte.

In niet geautomatiseerde toepassingen wordt doorgaans gegoten met een gietpan welke bevestigd is aan een rolbrug. Het inkapselen van de vormen is daardoor quasi onmogelijk. Ook is de plaats van de vormopstelling (handvormerij) niet steeds dezelfde, hetgeen een mobiele afzuiginstallatie zou vereisen.

In deze gevallen kan men opmerken dat de emissies minder belangrijk zijn omdat het hier geen serieproductie betreft. De emissies zijn dan ook eerder punctueel i.p.v. continu. De vrijkomende gassen komen diffuus vrij en worden via het ventilatiesysteem van de giethal (dakventilatoren) naar buiten gestuwd.

Slechts weinig vormprocédés veroorzaken geen emissies tijdens gieten en koelen van de vorm. Anorganische bindmiddelen zoals silicaat, cement, plaaster en keramische schalen (precisiegieten) bevatten geen organische producten. Zij zijn echter om een aantal redenen minder gegeerd in de zandgieterij, de voornaamste zijn de moeilijke

uitbreekbaarheid van de kern en de naar verhouding geringere sterkte van de uitgeharde vorm.

Volgende preventieve maatregelen geven mogelijkerwijze een reductie van de atmosferische emissies:

- vermijd te hoge giettemperaturen;
- gebruik een minimum aan bindmiddel of glanskoolvormer en pas de dosering aan ieder gietstuktype;
- controleer de doseerinstallatie van bindmiddel of glanskoolvormer;
- koop hoogwaardige harsen met een lage reukbelasting;
- experimenteer regelmatig met nieuwe bindmiddelen met een lagere milieubelasting;
- vraag uw leverancier om de meest geschikte harsformule voor uw productie.

4.4.1.3 Water

Niet van toepassing.

4.4.1.4 Bodem

Niet van toepassing.

4.4.1.5 Geluid en trillingen

Niet van toepassing.

4.4.1.6 Energie

Niet van toepassing.

4.4.2 Verloren vormen: uitbreken

4.4.2.1 Afval

Bij het zeven van retourzand blijven op de polygoonzeef zandknollen achter. Een breek-unit kan worden ingezet om zandknollen voor de polygoonzeef te breken en in de zandkringloop terug te voeren.

Het stof dat tijdens het uitbreken van de vormen ontstaat wordt opgevangen door een afzuiging welke deel uitmaakt van het ontstoffingssysteem van de gehele zandbereiding. Het stof wordt aldus vermengd met de andere stofstromen van de zandbereiding. Vandaar wordt het geëlimineerd met het afvalzand naar een stortplaats, ofwel gerecycleerd.

4.4.2.2 Lucht

In bijna alle omstandigheden (behalve voor grote gietstukken) worden de (verloren) gietvormen warm uitgeboken. Afhankelijk van het legeringstype en de gietstukgeometrie is de metaaltemperatuur gelegen tussen 200 en 500°C. Deze praktijk laat toe het vormmateriaal sneller opnieuw in gebruik te nemen en de totale (overdekte) oppervlakte van de gieterij beperkt te houden door kortere koellijnen te gebruiken. Voor

bentoniet gebonden zand komt deze werkwijze ook aan de recyclage van het vormzand ten goede omdat minder bentoniet uitdroogt en daardoor herbruikbaar blijft.

Onafhankelijk van het voorziene uitbreeksysteem ontstaat bij het vernietigen van een vorm een belangrijke emissie van vnl. stofdeeltjes bestaande uit kwarts en bindmiddelresten.

Is de uitbreekt temperatuur hoog dan zal door het contact tussen het hete metaal en de nog niet thermisch belaste vormdelen, en in aanwezigheid van omgevingslucht naast stof opnieuw rookgassen worden gevormd door verbranding van de in het vormzand aanwezige organische materiaal (bindmiddel en pyrolyseproducten). Bovendien bezitten de emissies een vrij hoge stijgkracht (buoyancy) waardoor hoge luchtstroomsnelheden nodig zijn om ze te capteren.

De gebruikte ontvormtechnieken zijn:

- schudrooster: dit wordt ingekapseld en onder en boven het rooster afgezogen. Bovenaan zijn debieten van 5000 à 9000 Nm³/h per m² roosteroppervlak nodig om een goede werking te verzekeren. Onderaan bedraagt dit debiet ca. 700 Nm³/h. Er moet op gelet worden dat de onderste afzuigopening niet verstopt wordt door zandbrokken. Zoniet werkt deze opvang niet en wordt zand meegezogen;
- schudtrommel: doordat deze schuin opgestelde cilindrische zeef langszijdig is afgesloten moeten geen extra inkapselingen worden voorzien, tenzij gordijnen aan de uitgangszijde. De captatie van de rookgassen is dus door de vorm van de installatie eenvoudiger. Door zijn continu karakter vindt men dit systeem vnl. terug in hoog gemechaniseerde gieterijen met bentonietgebonden vormzand. Daar zijn echter andere problemen: door de rotatie van de trommel komt het hete materiaal in contact met het zand waardoor nog bruikbare bindmiddel fracties vernietigd worden, en meer rookgassen vrijkomen. Het zand (bentoniet) droogt sterk uit en is moeilijker recycleerbaar. De ontwijkende waterdamp bevochtigt de geëmitteerde stofpartikels waardoor zij kleverig worden. Anderzijds zal hij in de leidingen of op het filtermedium condenseren indien de temperatuur beneden het dauwpunt zakt. Verstopping van filter en leidingen (bochten, kleppen) zijn dus imminent indien geen aangepaste maatregelen worden getroffen. Men kan kanaalbranders voorzien of warme lucht in de aanzuigleidingen injecteren in combinatie met een thermische isolatie van de hele ontstoffingsinstallatie.

De opgevangen rookgassen worden naar een centrale ontstoffingseenheid gebracht waar ook de emissies van de vormzandkringloop (evt. gieterij) samenkomen. Doorgaans zijn dit doekfilters. Belangrijk is dat in alle emissiebronnen zandkorrels worden meegesleurd. Een voorgeschakelde cycloon of sedimentatie kamer laat toe deze fractie apart te verzamelen en opnieuw in de kringloop te brengen, indien de zandverversing dit toelaat. Het fijne stof is doorgaans een afvalstof, maar kan in aanwezigheid van een koepeloven worden geïnjecteerd (zie koepelovenstof). Het bevat een vrij hoog organisch gehalte waardoor het een zekere calorische inhoud bevat. Indien mogelijk zal men bij bentonietgebonden zand, in functie van het gehalte nuttige bestanddelen, het stof gedeeltelijk terugvoeren aan de zandmenger. Bij natte ontstoffers is deze terugvoer eveneens mogelijk doch de dosering is oncontroleerbaar vanwege het hoge watergehalte in het slib.

4.4.2.3 Water

Niet van toepassing.

4.4.2.4 Bodem

Niet van toepassing.

4.4.2.5 Geluid en trillingen

Een vaak voorkomend probleem is het optreden van resonantie verschijnselen van lucht en ondergrond. Men kan hieraan trachten te remediëren door:

- Verbeteren van de afvering van het schudrooster:

Het schudrooster brengt trillingen voort (10 à 20 Hz) voort, die zich voortplanten via de bodem en de lucht. Wanden en vloeren van gebouwen in de omgeving van het uitschudrooster trillen bij deze frequentie gemakkelijk mee.

Een maatregel om dit resoneren tegen te gaan, is het minder stijf verbinden van het uitschudrooster met de ondergrond, door het uitschudrooster op een eigen fundering te plaatsen. Deze fundering is omgeven met elastisch materiaal (elastische voeg), dat een belangrijk deel van de trillingsenergie absorbeert.

Een andere mogelijkheid is het dubbel afveren van het uitschudrooster. Het uitschudrooster wordt geplaatst op een tussenframe, dat zelf ook wordt afgeveerd. Om te voorkomen dat dit tussenframe gaat meetrillen, moet dit frame een massa van 3 tot 5 maal de massa van het beladen schudrooster hebben.

Daarnaast kan men rubberen of elastomere steunblokken vervangen door stalen veren, waardoor de constructie eveneens minder stijf met de ondergrond verbonden is en de trillingen minder worden doorgegeven.

- Aanpassen van de trillingsfrequentie van het uitschudrooster:

Door de motoren van de trileenheid van het schudrooster te voeden via een frequentieomvormer, kan men rechtstreeks de trillingsfrequentie van het rooster wijzigen. Hierdoor is het mogelijk om hinderlijke resonantieverschijnselen (lucht en bodem) te voorkomen.

- Verlagen van de trillingsamplitude van het uitschudrooster

Hoe groter de amplitude van het uitschudrooster is, des te groter zijn de krachten die inwerken op omgevingslucht en bodem. Sterkere trillingen planten zich verder voort en worden minder snel gedempt. Het aanpassen van de trilintensiteit door de instelling van excentrieke gewichten kan de mogelijke hinder van lucht- en bodemtrillingen verminderen.

- Trilgoten bekleden met elastisch materiaal:

Door het voortdurend aantikken van metalen stukken tegen de wanden van de trilgoot, gaan deze trillen en geluid naar de omgeving emitteren. Het aanbrengen van een visco-elastische liner, zoals rubber, op deze wanden belemmert het rechtstreekse contact tussen stukken en de wanden. Deze neemt dan tevens de trillingsenergie op, die anders door de wand wordt opgenomen. Hierdoor wordt de intensiteit van het uitgezonden geluid sterk gereduceerd. Bovendien wordt de vermoeiingsweerstand van de structuur verhoogd. Optimaal bedraagt de linerdikte ongeveer 1,5 à 2 X de wanddikte van de trilgoot.

- inkapselen van het rooster (stofcaptatie) met voldoende stijve panelen die de laagfrequente luchtrillingen dempen of ingesloten houden.

4.4.2.6 Energie

Niet van toepassing.

4.4.2.7 Samenvatting van de milieupreventiemaatregelen bij uitbreken van zandvormen (bron 14)

a Huismeesterschap

- morszand onmiddellijk verwijderen.

b Optimalisatie

- tracht door het aanpassen van de trillingsamplitude en frequentie mogelijke resonantieverschijnselen te vermijden;
- minder sterke vormen (minder bindmiddel) breken sneller uit.

c Bronaanpak

- verbeter de afvering van het rooster.

d Alternatieven

- kleine, kastenloze vormen kunnen ook met een uitbreektrommel uitgebroken worden.

e Emissiebehandeling

- afzuiging en droge ontstopping (doekfilter) voorzien. Het opgevangen stof kan bij bentonietgebonden zand voor een deel terug in de zandkringloop worden gevoerd, via de menger;
- omkassen van het uitschudrooster.

4.4.3 Duurzame vormen

4.4.3.1 Afval

Niet van toepassing.

4.4.3.2 Lucht

Zoals reeds aangehaald zijn de emissies hier afkomstig van het koelsmeermiddel dat op de vormoppervlakken gespoten wordt na iedere gieting.

Deze kunnen, door de stationaire aard van gietmachine, vrij gemakkelijk met een afzuigkap worden gevangen. Gekende zuiveringstechnieken zijn adsorptie aan actieve kool of afscheiding van elektrostatische precipitator. Nadeel van de actieve kool is dat zij op de duur een brandgevaar inhoudt en na gebruik moet verwerkt worden als afvalstof. De precipitator moet op geregelde tijdstippen gereinigd worden, waardoor de olie in het waswater terecht komt. Een bijkomende olieafscheiding (verdamping) is dan noodzakelijk.

4.4.3.3 Water

Niet van toepassing.

4.4.3.4 Bodem

Plaats vangbakken waar koelsmeermiddel kan gemorst worden.

4.4.3.5 Geluid en trillingen

Niet van toepassing.

4.4.3.6 Energie

Niet van toepassing.

4.5 Afwerking van gietstukken

Het spreekt vanzelf dat de afwerking van gietstukken zeer uiteenlopende processen kan omvatten zoals mechanische bewerkingen (draaien, frezen, slijpen), lakken, emailleren, assembleren... In deze paragraaf worden enkel de typische gieterij bewerkingen besproken.

4.5.1 Verwijderen van het gietsysteem

Bij lamellair gietijzer gebeurt dit door afkloppen of afpersen van het gietsysteem. Voor de sterkere gietijzerlegeringen (nodulair, gelegeerde) kan doorslijpen noodzakelijk zijn. Bij staal gebruikt men doorgaans snijbranders. Bij non-ferro legeringen kan men naast zagen ook gietsystemen afknippen.

De meeste van deze bewerkingen gebeuren handmatig, maar kunnen, bij de productie van middelgrote tot grote series, ook deels geautomatiseerd zijn. Het gietstuk wordt dan op een speciaal ontworpen gereedschapshouder geplaatst waarna het in de machine verdwijnt voor bewerking.

Bij de handmatige bewerkingen moeten aangepaste werkposten voorzien zijn met de nodige stof opvangsystemen en geluidsdempingsmaatregelen. De persoonlijke beschermingsmaatregelen verdienen hier de nodige aandacht.

4.5.1.1 Afval

De verwijderde delen van het gietsysteem worden opnieuw in de oven hersmolten (retourmateriaal).

4.5.1.2 Lucht

Bij bewerkingen met de snijbrander of zuurstoflans kunnen behoorlijke rookwolken ontstaan. De captatie van deze metaaloxiden is mogelijk voor kleiner gietwerk en analoog aan de technieken die bij slijpbewerkingen worden gebruikt. Voor grote gietstukken is de opvang vrijwel onmogelijk.

4.5.1.3 Water

Niet van toepassing.

4.5.1.4 Bodem

Niet van toepassing.

4.5.1.5 Geluid en trillingen

Niet van toepassing.

4.5.1.6 Energie

Niet van toepassing.

4.5.2 Ontzanden van het gietstuk

Ontzanden van de gietstukoppervlakte gebeurt altijd in straalcabines. Afhankelijk van de legering en de gewenste eindkwaliteit zijn verschillende straalmaterialen beschikbaar. In de ferro toepassingen is dit doorgaans staalgrit, waarvan korrelvorm en afmetingen moeten aangepast zijn.

De straalcabine is steeds volledig ingekapseld (veiligheid) en voorzien van een eigen afzuiging en ontstopping. Bovendien wordt het staalgrit onderaan opgevangen en na (wind)zeving herbruikt. Het stof wordt ontijzerd met een magneet en in een stoffilter opgevangen. Ideaal is dat de grove zandfractie apart wordt opgevangen. Deze kan dan teruggevoerd worden naar de vormzandkringloop.

Daar het verwijderde gietsysteem opnieuw wordt ingesmolten, verkiest men om bij zandgieten het retourmateriaal te stralen opdat minder verontreinigingen in de smeltoven terechtkomen. Het gietsysteem wordt dan pas na de gritstraal bewerking verwijderd. Dit heeft voor gevolg dat de stof (SiO_2) emissies bij de verdere bewerkingen drastisch verlagen.

Er zijn experimenten bekend waarbij het metaalstof in de koepeloven wordt ingeblazen of in de (primaire) smelterij als grondstof wordt gebruikt.

Ook hier is een duidelijke trend ingezet naar doekfilters vanwege de reeds besproken problematiek.

Het inwendige van het gietstuk wordt door slijpen zuiver gemaakt. Kernen of kernresten kunnen met pneumatische beitels of "naalden" verwijderd worden.

4.5.2.1 Afval

Het vrijkomende straalstof wordt in de straalcabine zelf gescheiden van het grit door windzeving. Deze ingreep is immers noodzakelijk om snelle slijtage van de werpwielen (turbines) te voorkomen. Het stof wordt met een doekfilter uit de luchtstroom afgescheiden. Door magneetafscheiders worden vervolgens zand en metaalstof gescheiden. Het zand kan herbruikt worden daar het door de hoge temperatuur in de gietvorm vrij is van organische bestanddelen.

Voor het metaalstof bestaan verschillende mogelijkheden. Indien het waardevolle legeringselementen bevat kan het aan leveranciers terug bezorgd worden. In andere gevallen kan het soms in een smeltoven worden gerecycleerd (bijv. koepeloven) als stof of gebriketteerd. Sommige verwerkers kunnen dit materiaal benutten in secundaire toepassingen.

4.5.2.2 Lucht

Om het straalstof in de cabine te transporteren wordt een luchtstroom gebruikt. Omgevingslucht wordt via een ventilator aangezogen, waardoor de cabine in onderdruk staat en geen stof naar buiten kan treden. Doorgaans wordt een doekfilter gebruikt om deze luchtstroom te ontstoppen voor hij in de atmosfeer wordt geloosd.

4.5.2.3 Water

Niet van toepassing.

4.5.2.4 Bodem

Niet van toepassing.

4.5.2.5 Geluid en trillingen

Niet van toepassing.

4.5.2.6 Energie

Niet van toepassing.

4.5.2.7 Samenvatting van de milieupreventiemaatregelen bij het stralen van gietstukken (bron 14)

a Optimalisatie

- vermijd grote hoeveelheden aangehecht zand door de gepaste hoeveelheid glanskool in het vormzand te realiseren.

b Emissiebehandeling

- zeef de zandkorrels uit het afgestraalde stof en voer deze terug in de zandkringloop. De fijnere fractie moet worden gestort;
- ijzerhoudend stof kan in een koepeloven ingeblazen worden.

4.5.3 Ontbramen van het gietstuk

Grove bramen worden door handmatig slijpen verwijderd. Het gietstuk wordt op een werktafel geplaatst welke om haar as kan draaien. Omheen deze werktafel is een omkapseling aangebracht waar een luchtextractie voorzien is. De slijpstraal moet zoveel mogelijk naar de extractieopeningen gericht worden door de tafel ten gepaste tijde te draaien. De afgezogen lucht kan naar een centrale ontstoppingseenheid (doekfilter) worden geleid of naar een individuele ontstoffer (per werkpost).

Een luchtextractie kan ook op het gereedschap geplaatst worden, maar dit belemmert vaak de bewegingsvrijheid van de operator.

Eenvoudige gietstukken die in grote series worden geproduceerd kunnen soms in numeriek gestuurde machines worden ontbraamd. Problemen zijn dat de bramen niet altijd op dezelfde plaats zitten en variërende afmetingen vertonen. Automatisatie is daarom niet steeds rendabel. Voordeel is wel dat het toestel volledig kan ingekapseld worden.

4.5.3.1 Afval

Zie ook stralen van gietstukken.

Het stof bevat eveneens materiaal van de slijpschijven of -stenen. Er dient op gelet te worden dat deze geen bijkomstige pollutie veroorzaken zoals zware metalen of organische verontreiniging van het bindmiddel.

4.5.3.2 Lucht

De afgezogen lucht afkomstig van de werkposten wordt in doekfilters gezuiverd voor lozing in de atmosfeer. Natte ontstoffers zijn voor ferrometalen minder geschikt daar dit stof roest vormt.

4.5.3.3 Water

Bepaalde bewerkingen zoals glijdend slijpen worden soms in een waterstraal of in een waterbad uitgevoerd. Afgewerkt proceswater moet worden ontdaan van zwevende deeltjes voor het geloosd wordt.

4.5.3.4 Bodem

Niet van toepassing.

4.5.3.5 Geluid en trillingen

Slijpbewerkingen geven steeds aanleiding tot geluidsoverlast die enkel door geluidsisolatie rond de werkposten kan worden bestreden.

4.5.3.6 Energie

Mits de gepaste veiligheidsmaatregelen (lekbeveiliging) is het mogelijk de gezuiverde lucht opnieuw in de werkplaats te brengen zodat verwarmingsenergie kan bespaard worden.

4.5.3.7 Samenvatting van de milieupreventiemaatregelen bij het ontbramen van gietstukken (bron 14)

a Huismeesterschap

- gebruik de juiste gereedschappen voor ieder materiaal of gietstukgeometrie;
- pas de vormzandsamenstelling aan of gebruik deklagen ter voorkoming van vinnen;
- draai het gietstuk steeds zo dat het stof in de richting van het afzuigrooster vliegt;
- maak de slijpboxen iedere dag zuiver.

b Optimalisatie

- verbeter de maatnauwkeurigheid van de gietvormen;
- test verschillende breekkernen afmetingen uit;
- voorzie de slijpboxen van een adequate afzuiging en een aangepaste werktafel.

c *Bronaanpak*

- test geluidsarme slijpgereedschappen uit;
- automatiseer het slijpen waar mogelijk zodat het in een afgesloten ruimte kan gebeuren;
- breng geluidsabsorberende materialen aan op de wanden van de slijpboxen.

d *Emissiebehandeling*

- zuig alle stof zo dicht mogelijk af bij de bron, eventueel via een zuigleiding bevestigd op het gereedschap;
- ontstof alle luchtstromen in een droge filter.

e *Alternatieven*

- geautomatiseerd ontbramen van non ferro gietstukken met een hoge druk waterstraal.

4.6 Vormzandrecyclage

4.6.1 Interne recyclage

In de laatste decennia zijn tal van nieuwe systemen op de markt verschenen voor de interne recyclage van vormzand. Deze zijn als dusdanig aan te wijzen als BBT voor het afvalprobleem dat wordt gecreëerd door het afvalzand.

Nu er voldoende ervaring is opgebouwd kan men ervan uitgaan dat koude systemen aangewezen zijn voor bentonietgebonden zand, terwijl thermische systemen aangewezen zijn voor chemische bindmiddelen welke geen anorganische zouten bevatten zoals silicaat- en resolharsen.

Interne vormzand recyclage staat vandaag echter in de schaduw van de externe aanwending als secundaire grondstof. Naar het milieu toe is dit de meest geschikte oplossing, indien het materiaal voldoet aan de opgelegde milieu eisen inzake samenstelling en uitloging. Bovendien wordt het materiaal niet gestort en worden primaire grondstoffen gespaard.

Door het invoeren van wetgevingen inzake hergebruik als secundaire grondstof zijn er heel wat bestaande installaties stilgelegd, vanwege economische redenen. Enkel op die plaatsen waar er een duidelijke schaarste is aan zuiver kwartszand zijn ze nog in bedrijf.

4.6.2 Koude recyclage met mechanische systemen

Momenteel is er in de ons omringende landen slechts één systeem in gebruik. Het betreft de "Sand Cleaner" (Gemco). Andere technieken zijn van de markt verdwenen vanwege hun ontoereikende werking.

Het is de enige techniek gebaseerd op het slijpen van de zandkorrels.

4.6.2.1 Afval

Koude interne recyclage genereert niet onbelangrijke hoeveelheden, met organisch materiaal belast stof dat ook moet worden gestort omdat er geen technische toepassing kan worden voor gevonden. De bijkomende behandeling doet bovendien de zandkorrels sneller slijten waardoor ongunstige verschuivingen in de granulometrie ontstaan.

Het ontstane stof kan onder bepaalde omstandigheden deels teruggevoerd worden in de zandkringloop, maar dit vraagt een verregaande bewaking van de zandsamenstelling.

Er is vastgesteld dat wanneer het behandelde zand wordt gebruikt als kernzand er minder additieven moeten worden toegevoegd (houtmeel, ijzeroxide) die de vingevoeligheid van het materiaal verbeteren.

4.6.2.2 Lucht

De ontstoffing van het zand gebeurt doorgaans door het zand te fluidiseren. Het meegevoerde stof wordt dan in een doekfilter afgescheiden.

4.6.2.3 Water

Niet van toepassing.

4.6.2.4 Bodem

Niet van toepassing.

4.6.2.5 Geluid en trillingen

Niet van toepassing.

4.6.2.6 Energie

Vergeleken bij de andere technieken vergt deze techniek de laagste energie-input, wegens het ontbreken van een thermische stap.

4.6.3 Koude recyclage met pneumatische systemen

Pneumatische systemen worden soms gebruikt om de zuiverheid van chemisch gebonden zanden te verbeteren (ontstopping). Het hergebruik blijft echter beperkt tot de vormmakerij, omdat het behandelde zand niet voldoende zuiver is om als kernzand te verwerken.

Men vindt ze ook terug stroomafwaarts van een thermische behandeling, waar zij als koeler en ontstoffer fungeren.

De BBT aspecten zijn vergelijkbaar met de mechanische systemen. Vanuit energetisch standpunt zijn zij echter minder gunstig omdat de opwekking van perslucht in rekening gebracht dient te worden.

4.6.4 Thermische recyclage

Er zijn talrijke aanbieders van thermische recyclagesystemen op de markt. In het merendeel van de gevallen zijn de toegepaste technieken dezelfde. Het zijn wervelbed ovens die met aardgas of elektrisch (infrarood) verhit worden. Bij aankoop moet men letten op volgende punten:

- de voorbehandeling van het zand: het moet volledig verkorreld en ontijzerd zijn;
- de sturing: zowel temperatuur als doorvoer snelheid moeten regelbaar zijn;
- de warmteverdeling: in de oven mogen geen dode zones aanwezig zijn, dit zijn plaatsen waar het zand onvoldoende gefluïdiseerd wordt. Op deze plaatsen kan het zand (isolator) niet opgewarmd worden en komt het onvoldoende behandeld uit de oven;
- geïntegreerde naverbranding: het ovendak moet voldoende hoog zijn om een naverbrandingsfunctie te kunnen uitoefenen. Indien de verblijftijd en de temperatuur van de rookgassen onvoldoende zijn kan een bijkomende naverbranding noodzakelijk zijn om zuivere rookgassen te bekomen;

- afscheiding van zandkorrels: door de hoge stroomsnelheden van de wervellucht en rookgassen worden kleinere zandkorrels meegevoerd naar de ontstoppingseenheid. Een sedimentatie kamer of voorgeschakelde cycloon laten toe deze fractie apart op te vangen zodat deze terug aan het zand kan worden toegevoerd;
- ontstopping: het behandelde zand moet voldoende zijn ontstoft ($<0,5\%$ kleiner dan $20\mu\text{m}$), zoniet is een bijkomende ontstopping noodzakelijk met een pneumatisch systeem;
- warmterecuperatie: de wervellucht en/of het te behandelen zand kan worden voorverwarmd door warmtewisseling met de rookgassen of het behandelde zand. Eventueel kan restwarmte worden gebruikt voor het verwarmen van sanitair water (douches) of gebouwen (winterperiode).

4.6.4.1 Afval

Thermische recyclage genereert eveneens stof, dat evenwel geïnertiseerd is. Nochtans bestaat ook voor dit materiaal geen nuttige aanwending en is storten de boodschap.

4.6.4.2 Lucht

Ontstopping van de rookgassen gebeurt standaard met een doekfilter.

Bovendien kunnen naast de CO_2 -emissie ook andere gasvormige emissies ontstaan zoals SO_2 in het geval van furaanzand. Waar nodig zal een bijkomende gaswasser moeten worden geplaatst.

4.6.4.3 Water

Niet van toepassing.

4.6.4.4 Bodem

Niet van toepassing.

4.6.4.5 Geluid en trillingen

Niet van toepassing.

4.6.4.6 Energie

Het is een energie-intensieve behandeling waarbij slechts heel beperkt aan warmterecuperatie kan worden gedaan, omdat er weinig continue toepassingen voor bestaan behalve in het systeem zelf (bv. voorverwarmen van het zand met restwarmte uit de afgassen).

4.6.4.7 Samenvatting van de milieupreventiemaatregelen bij thermische recyclage van gieterijzand (bron 14)

a Huismeesterschap

- laat de installatie zolang mogelijk draaien, koude starten kosten veel energie.

b *Optimalisatie*

- beperk de verhittingstemperatuur en de verblijftijd in de oven tot het minimum.

c *Emissiebehandeling*

- thermisch geïnertiseerd zandstof moet worden gestort tenzij er een secundaire toepassing kan worden gevonden;
- voor grote installaties moet rekening gehouden worden met emissies van schadelijke gasen zoals SO₂ (bij furaan- of fenolzanden), NO_x, en andere meer specifieke componenten waarvan de uitstoot de vigerende normwaarde zou kunnen overschrijden. Men moet dan ook de gepaste afgasbehandeling voorzien.

4.6.5 Preventiemaatregelen bij de toepassing van gieterijzand als secundaire grondstof

De samenstelling, op milieuhygiënisch vlak, van gieterijzand is sterk verschillend van gieterij tot gieterij. Belangrijke invloedsfactoren zijn: de zandreceptuur, de gebruikte metaallegeringen, de thermische belasting van het zand, enz... Om aan de milieuvorschriften te voldoen moet gewaakt worden over de verontreiniging van het materiaal:

- minimaliseren van zware metalen: ferro: Cr (chromietzand); Cr & Ni (roestvast staal); non ferro: Cu, Zn, Pb;
- minimaliseren van de organische belasting: mono- en polyaromaten afkomstig van de pyrolyse van glanskoolvormer en kernharsen;
- zuiver houden van de zandstroom: geen accidentele vermenging van het afvalzand met andere verontreinigde afvalstoffen (bijv; filterstof, straalstof met verfresten, poetslappen...);
- regelmatige analyse van kritische parameters: hierdoor kan de statistische spreiding van de verontreiniging ingeschat worden, en de gemiddelde waarde kan gecorreleerd worden aan het gebruik van potentieel verontreinigende grondstoffen.

HOOFDSTUK 5: SELECTIE VAN DE BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN (BBT)

5.1 Evaluatie van de beschikbare milieuvriendelijke technieken

In Tabel 5.1 worden een aantal van de beschikbare milieuvriendelijke technieken uit hoofdstuk 4 getoetst aan een aantal criteria. Deze multi-criteria analyse laat toe te oordelen of een techniek als Beste Beschikbare Techniek (BBT) kan beschouwd worden. De criteria hebben niet alleen betrekking op de milieucompartimenten (water, lucht, bodem, energie en geluid), maar ook de technische haalbaarheid en de economische kant (rendabiliteit) worden beschouwd. Dit maakt het mogelijk een *integrale* evaluatie te maken, conform de definitie van BBT (cf. Hoofdstuk 1).

Toelichting bij de inhoud van de criteria:

Technische haalbaarheid

- bewezen: geeft aan of de techniek zijn nut bewezen heeft in de industriële praktijk;
- veiligheid: risico's op brand, ontploffing en arbeidsveiligheid in het algemeen;
- kwaliteit: invloed op de kwaliteit van het eindproduct;
- globaal: schat de globale technische haalbaarheid van de techniek in.

Milieuvoordeel

- waterverbruik: aandacht voor de mogelijkheden tot hergebruik en het beperken van het totale waterverbruik;
- afvalwater: inbreng van verontreinigde stoffen in het water tengevolge van de exploitatie van de inrichting;
- lucht: inbreng van verontreinigde stoffen in de atmosfeer tengevolge van de exploitatie van de inrichting;
- bodem: bronnen van verontreiniging van de bodem;
- afval: het voorkomen en beheersen van afvalstromen;
- energie: energiebesparingen, inschakelen van milieuvriendelijke energiebronnen en hergebruik van energie;
- globaal: geeft de ingeschatte invloed op het gehele milieu weer.

Per techniek wordt voor elk criterium een kwalitatieve beoordeling gegeven, waarbij:

- : negatief effect;
- 0: geen/verwaarloosbare impact;
- +: positief effect;
- ±: soms een positief effect, soms een negatief effect.

Deze beoordeling is onder meer gebaseerd op:

- ervaring van exploitanten met deze techniek;
- BBT-selecties uitgevoerd in andere (buitenlandse) vergelijkbare studies;
- adviezen gegeven door het begeleidingscomité.

Waar nodig, wordt in een voetnoot bijkomende toelichting verschaft.

Economische beoordeling

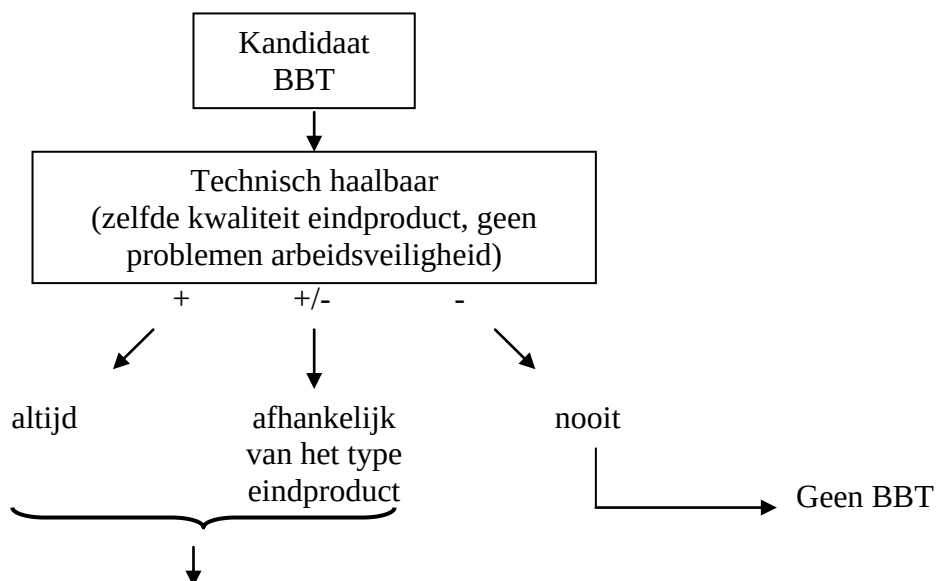
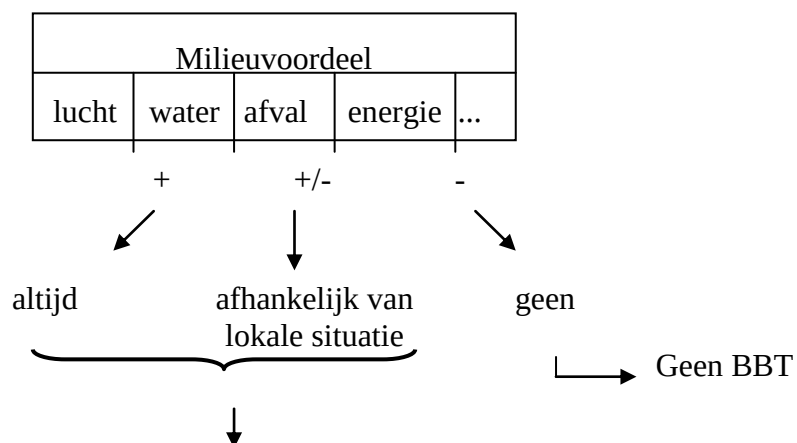
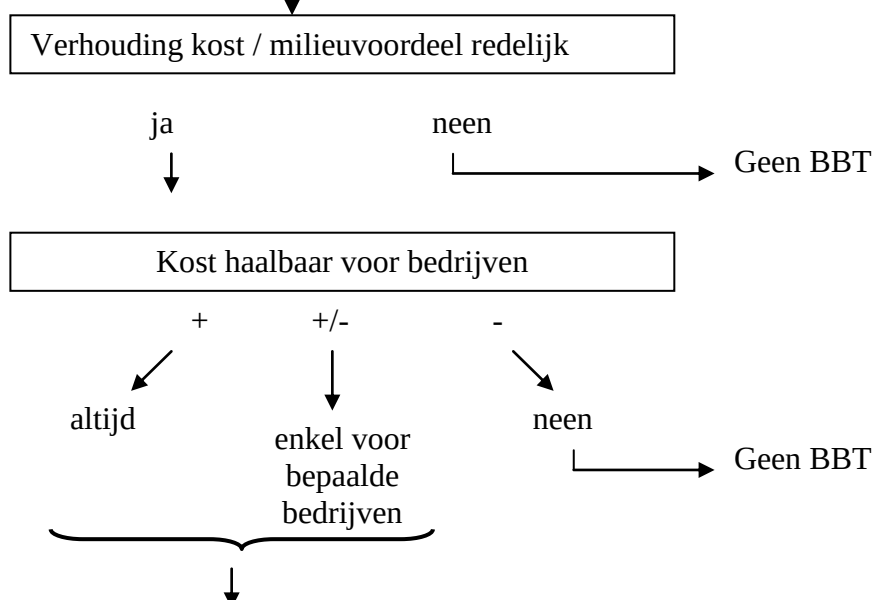
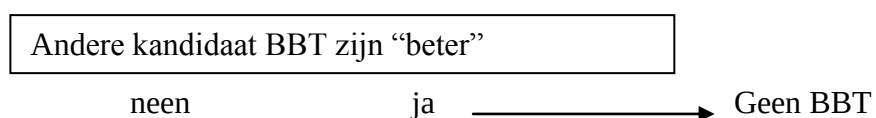
- rendabiliteit:
 - een positieve (+) rendabiliteit betekent dat de techniek kostenbesparend werkt;
 - een “-“ duidt op een relatief kleine verhoging van de kosten;
 - een “- - “ duidt op een erg negatieve rendabiliteit en de techniek wordt als economisch onhaalbaar voor de gemiddelde gieterij beschouwd.

Bij het selecteren van de BBT op basis van de scores voor verschillende criteria, worden een aantal principes gehanteerd (zie *Figuur 5.1*):

- Eerst wordt nagegaan of een techniek *technisch* haalbaar is, waarbij rekening wordt gehouden met de kwaliteit van het product en de veiligheid (arbeidsveiligheid en veiligheid van de baders).
- Wanneer de techniek technisch haalbaar is, wordt nagegaan wat het effect is op de verschillende milieucompartimenten. Door een afweging van de effecten op de verschillende milieucompartimenten te doen kan een globaal milieuoordeel geveld worden. Om dit laatste te bepalen worden de volgende elementen in rekening gebracht:
 - Zijn één of meerdere milieuscores positief en geen negatief, dan is het globaal effect steeds positief;
 - Zijn er zowel positieve als negatieve scores dan is het globaal milieu-effect afhankelijk van de volgende elementen:
 - de verschuiving van een minder controleerbaar naar een meer controleerbaar compartiment (bijvoorbeeld van lucht naar afval);
 - relatief grotere reductie in het enige compartiment ten opzichte van toename in het andere compartiment;
 - de wenselijkheid van reductie gesteld vanuit het beleid; onder andere afgeleid uit de milieukwaliteitsdoelstellingen voor water, lucht,...(bijvoorbeeld “distance-to-target” benadering).
- Technieken die een verbetering brengen voor het milieu (globaal gezien), technisch haalbaar zijn en met een rendabiliteit “-“ of hoger worden weerhouden.

Uiteindelijk wordt in de laatste kolom telkens beoordeeld of de beschouwde techniek als beste beschikbare techniek kan geselecteerd worden (**BBT: ja** of **BBT: nee**). Waar dit sterk afhankelijk is van de beschouwde instelling en/of lokale omstandigheden wordt **BBT: vgtg** (van geval tot geval) als beoordeling gegeven.

Van een techniek die als BBT ja wordt aangemerkt in de tabel wordt geacht dat deze op termijn haalbaar is voor alle bedrijven in de sector, of tenminste dat de milieuprestaties van de bedrijven dus overeen zou komen met deze van de BBT.

Stap 1**Stap 2****Stap 3****Stap 4****Stap 5**

Figuur 5.1: Selecteren van BBT op basis van de scores voor de verschillende criteria

Tabel 5.1: Evaluatie van de beschikbare milieuvriendelijke technieken en selectie van BBT

Techniek (TB: techniekblad aanwezig)	Technisch				Milieu								Rendabiliteit	BBT
	Bewezen	Veiligheid	Kwaliteit	Globaal	Water-en grondstof verbruik	Afvalwater	Lucht	Bodem	Afval	Energie	Geluid	Globaal		
Grondstoffen														
1. Droge opslag van grondstoffen	+	+	+	+	0	0	+	+	0	0	0	+	?	ja
2. Retourmateriaal zandvrij maken	+	0	+	+	0	0	+	0	+	-	0	+	0	ja
3. Keuze van de grondstoffen														
* zuiver schroot insmelten (TB)	+	+	+	+	0	0	+	+	+	0	0	+	-	ja
* cokes met laag zwavel gehalte	+/-	0	+	+/-	0	0	+	0	+	0	0	+	-	ja
Koepelovens														
4. Vervangen koude door warme koepelovens	+/- ¹⁵	0	0	+/-	0	0	+ ¹⁶	0	?	?	?	+	-	vgtg ¹⁷
5. Vervangen koude wind koepeloven door inductiekroesovens(TB)	+	0	+	+	+	0	+	0	+	-	+	+	-	ja ¹⁸
draaitrommeloven	+	0	+	+	+	0	+	0	+	+/-	0	+	+/-	ja

¹⁵ Soms niet mogelijk bij kleine capaciteitsovens¹⁶ onder andere verminderde S-emissies¹⁷ enkel bij installaties met grote capaciteit

	Bewezen	Veiligheid	Kwaliteit	Globaal	Water-en grondstof verbruik	Afvalwater	Lucht	Bodem	Afval	Energie	Geluid	Globaal	Rendabiliteit	BBT
6. Injectie van rookgasstof (TB)	-	0	0	-	0	0	0	0	+	-	-	0	-	neen ¹⁹
7. Toevoegen van koepelovenstofbriketten of pellets	+	0	0	+	0	0	0	0	+	-	-	+	-	ja ²⁰
8. Zn recuperatie uit verzinkt schroot	?	0	?	?	0	0	0	0	+	0	0	+	?	neen ²¹
9. Duurzamer vuurvast materiaal voor bekleding (TB)	+	0	0	+	0	0	0	0	+	+	0	+	+/- 22	vgtg ²³
10. Warmteverlies beperken bij transport gesmolten metaal (TB)	+	+	+	+	0	0	0	0	0	+	0	+	0	ja
11. Aanwenden van slak als secundaire grondstof (TB)	+	0	0	+	0	0	0	+	+	0	0	+	+	vgtg ²⁴
12. Waterkoeling van de ovenwand	+	+/-	0	+	0	0	0	0	+	-	0	+/-	+/-	vgtg ²⁵

¹⁸ dure investering, enkel voor kleine capaciteiten

¹⁹ onderzoek loopt nog verder, volgende techniek is beter

²⁰ enkel voor grote volumes

²¹ techniek in ontwikkeling, afzetmogelijkheden zijn beperkt

²² bij grotere capaciteiten

²³ hangt af van stand van zaken in vuurvast materiaal

²⁴ indien slakken voldoen aan milieueisen

²⁵ toepasbaar bij hete lucht koepelovens, in continu bedrijf en grote smeltcapaciteit

	Bewezen	Veiligheid	Kwaliteit	Globaal	Water-en grondstof verbruik	Afvalwater	Lucht	Bodem	Afval	Energie	Geluid	Globaal	Rendabiliteit	BBT
13. Rookgaskoeling door waterinjectie	+	+	0	+	-	-	+	0	0	0	0	+/-	+/- ²⁶	ja
14. Stoffilter door cycloon (TB)	+	0	0	+	0	0	+	0	-	0	-	+/-	-	vgtg ²⁷
15. Stoffilter door multicycloon (TB)	+	0	0	+	0	0	+	0	-	0	-	+/-	-	vgtg ²⁸
16. Stoffilter door doekfilter (TB)	+	0 ²⁹	0	+	0	0	+	0	-	- ³⁰	-	+	- ³¹	ja
17. Hoge temperatuurdoekfilters (vb. keramische filters) ipv gewone	+/- ³²	+	0	-	0	0	+	0	0	0	-	+	-	neen
18. Stoffilter door electrostatische filter	+/- ³³	+	0	-	0	0	+	0	0	0	-	+	-	neen
19. Natte ontstopping (venturi, desintegrator) (TB)	+	+	0	+ ³⁴	-	-	+	0	-	-	-	+/-	- ³⁵	neen ³⁶

²⁶ voor nieuwe installaties is dit een voordeel, maar voor bestaande is dit moeilijk

²⁷ als voorafscheider

²⁸ als voorafscheider (rendement hoger dan cycloon)

²⁹ gevaar stofexplosie en brandgevaar

³⁰ energieverbruik afhankelijk van drukval over filter

³¹ duur in aankoop maar goedkoop in onderhoud

³² niet gebruikt in gieterij

³³ wordt enkel gebruikt om olienevels op te vangen

³⁴ worden steeds minder gebruikt

³⁵ goedkoop in aankoop maar duur in onderhoud

³⁶ niet zo goed als doekfilter

	Bewezen	Veiligheid	Kwaliteit	Globaal	Water-en grondstof verbruik	Afvalwater	Lucht	Bodem	Afval	Energie	Geluid	Globaal	Rendabiliteit	BBT
20. Naverbrander CO met warmterecuperatie bij rookgascapaciteit onder laaddeur (TB)	+	0	0	+	0	0	+	0	0	+/-	0	+	-	ja
21. Vervanging cokes door combinatie aardgas en cokes	+	0	0	+	0	0	+ ³⁷	0	0	+	0	+	?	vgtg
22. Reductie dioxine- en furaanemissie door injectie actief kool (TB)	+/- ³⁸	0	0	+	0	0/-	+	0	-	-	0	+	-	neen
23. Fysico-chemische zuivering van spuiwater van ontstofferwatercircuit (TB)	+	0	0	+	0	+	0	0	-	-/0	0	+/-	-	ja
24. Technieken om wanden geluidswerend te maken	+	0	0	+	0	0	0	0	0	0	+	+	?	vgtg
25. Aanpassen schouw om geluidslast te reduceren	+	0	0	+	0	0	0	0	0	0	+	+	?	vgtg
26. Optimaal rendement door: * Jungblüth diagram	+	0	0	+	0	0	+	0	+	+	0	+	+	ja
* Good housekeeping beladen oven (zie tekst)	+	0	0	+	0	0	+	0	+	+	0	+	+	ja

³⁷ minder SO_x en CO₂ uitstoot

³⁸ over efficiëntie van deze techniek in gieterijen zijn nog geen gegevens

	Bewezen	Veiligheid	Kwaliteit	Globaal	Water-en grondstof verbruik	Afvalwater	Lucht	Bodem	Afval	Energie	Geluid	Globaal	Rendabiliteit	BBT
Electrische inductiekroesoven														
27. Aanwenden slakken als secundaire grondstof: * Hergebruik van aluminiumslakken in smelterijen	+	0	0	+	0	0	0	0	+	0	0	+	+	ja
* Gebruik van koperslakken als straal-middel	+	0	0	+	+	0	0	0	+	0	0	+	+	vgtg ³⁹
28. Permanent bewakingssysteem ovenwand (TB)	+	+	+	+	0	0	0	0	+	0	0	+	+	ja ⁴⁰
29. Good house keeping beladen oven (zie tekst)	+	0	0	+	0	0	0	0	0	0	+	+		Ja
30. Aangepaste afzuiging van rookgassen (TB)	+?	+	0	+	0	0	+	0	0	+	0	+	-	⁴¹ vgtg
31. Ontstopping door doekfilters	+	0 ⁴²	0	+	0	0	+	0	+/-	+/-	0	+/-	-	vgtg ⁴³
32. Natte ontstoppers (hoge druk venturi)	+	+	0	+	-	-	+	0	-	-	-	+/-	-	neen
33. Koelmiddel met antivriesmiddel hergebruiken	+	0	0	+	+	+	0	+/-	+/-	0	0	+/-	0	ja

³⁹ moet voldoen aan Vlara of indien het als grondstof wordt erkend

⁴⁰ veilig en ovenwand langer in gebruik

⁴¹ indien nodig

⁴² gevaar stofexplosie en brandgevaar

⁴³ weinig stofproductie bij dit oventype

	Bewezen	Veiligheid	Kwaliteit	Globaal	Water-en grondstof verbruik	Afvalwater	Lucht	Bodem	Afval	Energie	Geluid	Globaal	Rendabiliteit	BBT
34. Massiever schroot insmelten	+	0	0	+	0	0	0	0	0	0	+	+	0	vgtg
35. Deksel op oven	+	0	0/-	+/-	0	0	+	0	0	+	+	+	0	vgtg ⁴⁴
36. Beladen door middel van “tap and charge” in plaats van koude start + andere good houdkeeping maatregelen.	+ ⁴⁵	0	0	+	0	0	0	0	+	+	0	+	0	vgtg
Draaitrommeloven														
37. Toepassing van oxygasbranders (TB)	+	0	+	+ ⁴⁶	0	0	+	0	0	0	0	+	+	ja
38. Ontstoffers door doekfilters	+	0	0	+	0	0	+	0	-	-	-	+/-	-	ja
39. Natte ontstoffers	+	+	0	+	-	-	+	0	-	-	-	-	-	neen
40. Afdichting branderdeur onderhouden	+	0	0	+	0	0	+ ⁴⁷	0	0	+	0	+	+	ja
41. Hergebruik van rookgaswarmte voor sanitaire doeleinden	+	0	0	+	0	0	0	0	0	+	0	+	0	ja
42. Alternatieve belading	?	0	0	?	0	0	0	0	0	0	+	+	?	?

⁴⁴ in sommige gevallen hinderlijk (vb. bij vullen van oven)

⁴⁵ enkel bij lage vermogens

⁴⁶ worden standaard toegepast

⁴⁷ NO_xemissie beperken

	Bewezen	Veiligheid	Kwaliteit	Globaal	Water-en grondstof verbruik	Afvalwater	Lucht	Bodem	Afval	Energie	Geluid	Globaal	Rendabiliteit	BBT
Schachtoven														
43. Ontstopping van rookgassen (doekfilter)	+ ⁴⁸	0	0	+	0	0	+/- ⁴⁹	0	-	-	0	+/-	-	vgtg ⁵⁰
44. Hergebruik aluminiumslakken in smelterijen	+	0	0	+	0	0	0	0	+	0	0	+	+	ja
Transport van gietijzer														
45. Voorverwarmen pannen	+	0	+	+	0	0	- ⁵¹	0	0	+/-	0	+	0	ja
Nodularisatie van gietijzer														
46. Apart opvangen van MgO-rook en gebruik als alternatief voor grondstof	+	0	0	+	0	0	+	0	+	0?	0	+	?	vgtg ⁵²

⁴⁸ wordt niet echt toegepast bij dit type, want weinig stofontwikkeling bij smelten aluminium

⁴⁹ Stofuitstoot bij smelten van Al zeer klein, wel nodig bij insmelten van eigen schroot met zand

⁵⁰ hangt ervan af wat wordt ingesmolten

⁵¹ gebeurt met aardgasbranders, dus CO₂-emissie

⁵² men moet een afnemer vinden, zoniet is dit niet rendabel

	Bewezen	Veiligheid	Kwaliteit	Globaal	Water-en grondstof verbruik	Afvalwater	Lucht	Bodem	Afval	Energie	Geluid	Globaal	Rendabiliteit	BBT
Ontzwavelen van koepelovengietijzer														
47. Blussen van CaC ₂ houdende slak	+	0	0	+	-	-	-	-/0	-	0	0	-	-	neen
48. Reductie slakhoeveelheid * Magnetisch ontijzeren van slakken	+	0	0	+	0	0	0	0	+	0	0	+	+	ja
* Recycleren van slakken in koepeloven tijdens productie van lamellair gietijzer ⁵³	+	0	0	+	+	0	0	0	+	0	0	+	+	ja
49. Afzuigen en affakkelen van afgassen	+	+	0	+	0	0	+	0	0	0	0	+	-	ja ⁵⁴
50. Gebruik van bluswater als koelwater	?	0	0	?	+	+	0	0	0	0	0	+	+	ja
Ontgassen van aluminium														
51. Gebruik van argon i.p.v. chloor- of fluorhoudende producten voor het verwijderen van waterstofgas	+	+	+	+	0	0	+ ⁵⁵	0	0	0	0	+	?	ja

⁵³ insmelten van CaOH kan een versnelde slijtage van de ovenbekleding veroorzaken, waardoor deze dikker moet aangebracht worden en dus meer slak veroorzaakt

⁵⁴ enkel uit veiligheid

	Bewezen	Veiligheid	Kwaliteit	Globaal	Water-en grondstof verbruik	Afvalwater	Lucht	Bodem	Afval	Energie	Geluid	Globaal	Rendabiliteit	BBT
52. Aangepaste afzuiging (in combinatie met gebruik van chloor- en fluorhoudende producten)	?	+	0	+	0	0	+	0	0	+	0	+	+	ja
53. Good house keeping maatregelen om waterstofgehalte in smelt te reduceren	+	0	0	+	0	0	+	0	0	+	0	+	?	ja
Grond- en hulpstoffen voor zandbereiding														
54. Ontluchtingsfilters op stockagebunkers	+	0	0	+	0	0	+	0	0	0	0	+/-	0	ja
55. Opslag van harsen, katalysatoren en coating in geventileerde ruimtes met inkuiping	+	0	0	+	0	0	+	+	0	0	0	+	0	ja
56. Hergebruik van verpakkingen (containers)	+	0	0	+	0	0	0	0	+	0	0	+	0	ja
Bentonietgebonden vormzanden														
57. Optimalisatie retourzandkwaliteit (TB)	+	0	+	+	+	0	0	0	+	0	0	+	-	ja
58. Vervanging door milieuvriendelijke glanskoolvormer	+	0	0	+	0	0	+	0	+	0	0	+	0	ja
59. Inkapselen van triltrommel, ontstoffer en koeler	+	0	0	+	0	0	+	0	0	0	+	+	0	ja
60. Ontstoffing van afvallucht met lage druk natte wasser (>20 mg/Nm ³)	+	+	0	+	-	-	+	0	0	0	0	-	-	neen

	Bewezen	Veiligheid	Kwaliteit	Globaal	Water-en grondstof verbruik	Afvalwater	Lucht	Bodem	Afval	Energie	Geluid	Globaal	Rendabiliteit	BBT
61. Ontstopping van afvallucht met hoge druk natte wasser (20 mg/Nm ³)	+	+	0	+	-	-	++	0	0	-	0	+	-	neen
62. Ontstopping van afvallucht met droge filters (20 mg/Nm ³)	+	0	0	+	0	0	++	0	+/-	0	0	+	-	ja ⁵⁶
Harsgebonden-zelfhardende vormzanden														
63. Vormzand als secundaire grondstof	+	0	0	+	0	0	0	+/-0	0	0	+	+	+	vgtg
64. Ontstoffen van vormzand (TB: scheiden in grove en fijne fractie)	+	0	0	+	0	0	+	0	0	-	0	+/-	-	ja
65. Aangepaste opslag hars en harder componenten	+	+	0	+	0	0	0	+	0	0	0	+	0	ja
Harsgebonden-gashardende vormzanden														
66. Begassingsinstallatie voor het hergebruik van afvalzand van kernschietmachines	+	0	0	+	+	0	0	0	+	0	0	+	0	ja ⁵⁷
67. Collecteren VOS-emissies	+	+	0	+	0	0	+	0	0	0	0	+	0	ja
68. VOS-verwijdering door adsorptie aan actieve kool	+?	-	0	+	0	0	+ ⁵⁸	0	-	0	0	+	-	ja ⁵⁹

⁵⁶ met maatregel tegen condensatie

⁵⁷ rendabiliteit en nut van deze maatregel is enkel verantwoord bij grote capaciteiten

	Bewezen	Veiligheid	Kwaliteit	Globaal	Water-en grondstof gebruik	Afvalwater	Lucht	Bodem	Afval	Energie	Geluid	Globaal	Rendabiliteit	BBT
69. VOS-verwijdering door naverbranding	+	0	0	+	0	0	-/+ ⁶⁰	0	0	-	0	+/-	-	ja
70. Chemische gaswasser	+	+	0	+	0	-	+ ⁶¹	0	-	+/- ⁶²	0	+/-	-	ja
71. Chemische gaswasser voor de verwijdering van methylformiaat (meestal niet nodig volg.Vlarem)	+	0	0	+ ⁶³	0	-	+/- ⁶⁴	0	-	+/-	0	+/-	-	vgtg
72. Affakkelen van alcoholcoatings	+	-	0	+/-	0	0	+	0	0	-	0	+/-	0	vgtg ⁶⁵
73. Laag-solventige coatings	+/- ⁶⁶	0	+/-	+/-	0	0	+	0	0	0	0	+	0	ja
74. Gebruik van (gedeeltelijk) waterige coatings	+?	+	+	+?	0	0	+ ⁶⁷	0	0	-	0	+	0	ja ⁶⁸

⁵⁸ eveneens reductie van geuroverlast

⁵⁹ bij grotere emissievrachten

⁶⁰ emissie CO, CO₂, NO_x, maar reductie van geuroverlast

⁶¹ eveneens reductie van geuroverlast

⁶² afhankelijk van drukval

⁶³ techniek is aan het verdwijnen

⁶⁴ eventueel geurprobleem

⁶⁵ waar andere coatings technisch niet mogelijk zijn

⁶⁶ vloeien vaak onvoldoende uit en geven gietfouten

⁶⁷ eveneens reductie van geuroverlast

⁶⁸ indien technische haalbaarheid bewezen

	Bewezen	Veiligheid	Kwaliteit	Globaal	Water-en grondstof verbruik	Afvalwater	Lucht	Bodem	Afval	Energie	Geluid	Globaal	Rendabiliteit	BBT
75. Alternatieve aanbrengmethoden van coatings (TB)	+	0	0	+	0	0	+ ⁶⁹	0	0	0	0	+	?	ja ⁷⁰
Harsgebonden thermohardende vormzanden														
76. Verhitten van restzand	+ ⁷¹	0	0	+	0	0	-	0	+	--	0	+/-	+/-	vgtg
77. Inkapselen van werkplaats en afzuiging VOS	+	+	0	+	0	0	+	0	0	0	0	+	0	ja
78. Behandeling VOS door naverbranding	+	0	0	+	0	0	+/-	0	0	-	0	+/-	-	ja
79. Behandeling van VOS door chemische gaswasser	+	0	0	+	0	-	+	0	-	+/-	0	+/-	-	ja
80. Behandeling van VOS door biologische behandeling	+	0	0	+	0	0	+/-	0	-	0	0	+/-	+/-	ja ⁷²
81. Behandeling van NH3 bij Croning procédé dmv basische water	+ ⁷³	0	0	+	0	-	+	0	-	0	0	+/-	-	ja
82. Goede bedrijfspraktijken (zie 4.3.6)	+	+	0	+	+	0	+	0	+	0	0	+	0	ja

⁶⁹ eveneens reductie van geuroverlast

⁷⁰ indien technische haalbaarheid bewezen

⁷¹ enkel voor thermisch recycleerbare harsgebonden zanden zoals furan en polyurethaan, rendabiliteit is functie van hoeveelheden en verwijderingskosten. Indien aangewend als secundaire grondstof is thermische recyclage zeker niet rendabel.

⁷² grote installatie en moet binnen worden opgesteld

⁷³ nemen grote ruimte in

	Bewezen	Veiligheid	Kwaliteit	Globaal	Water-en grondstof verbruik	Afvalwater	Lucht	Bodem	Afval	Energie	Geluid	Globaal	Rendabiliteit	BBT
Bindmiddelvrije vormzanden														
83. Thermische recyclage van een deel van de zandkringloop (Lost Foam)	+	0	0	+	+	0	+ ⁷⁴	0	+	-	0	+/-	0	ja
84. Opvangen VOS (isopropylalcohol) en behandeling	+	+	0	+	0	0	+	0	0	0	0	+	-	ja
Lost Wax procédé														
85. Recyclage van was afkomstig van uitsmelten van schaalvormen	+	0	0	+	0	0	0	0	+	0	0	+	0	ja
86. Naverbranding van wasdampen	+	0	0	+	0	0	+	0	0	-	0	+	-	ja
87. Eerst uitsmelten dan sinteren	+	0	0	+	0	0	+	0	+	0	0	+	0	ja
Verloren ruimten: gieten en koelen														
88. Afzuigen van decompositieproducten	+	+	0	+	0	0	+	0	0	0	+	+	0	vgtg
89. Behandeling van afgassen door naverbranding	+	0	0	+	0	0	-/+	0	0	-	0	+/-	-	ja
90. Behandeling van afgassen door biofilters	+	0	0	+	0	0	+/- ⁷⁵	0	-	0	0	+/-	+/-	ja

⁷⁴ naverbranding rookgassen is noodzakelijk om styreen emissies te vermijden

	Bewezen	Veiligheid	Kwaliteit	Globaal	Water-en grondstof verbruik	Afvalwater	Lucht	Bodem	Afval	Energie	Geluid	Globaal	Rendabiliteit	BBT
91. Gebruik van deel afgassen als verbrandingslucht	+	0	0	+	0	0	+	0	0	+	0	+	0	ja
92. Behandeling van afgassen van lost foam proces door naverbranding	+	+	0	+	0	0	+	0	0	0	0	+	-	ja
93. Preventieve maatregelen cfr 4.4.1.2.	+/-	+	0	+	+	0	+	0	+	0	0	+	?	ja
Verloren vormen: uitbreken														
94. Omkassen van uitschudrooster en stof- en afgasafzuiging	+	+	0	+	0	0	+	0	0	0	+	+	0	ja
95. Breekunit zandknollen	+ ⁷⁶	0	0	+	+	0	0	0	+	0	0	+	-	vgtg ⁷⁷
96. Afgaszuivering door doekfilters met voorafgaande cycloon	+	0	0	+	0	0	+	0	0	+/-	0	+	-	ja
97. Bij bentoniet-gebonden zand: hergebruik afgasstof in zandmenger	+	0	0	+	+	0	+	0	0	0	0	+	0	ja
98. Geluidsreducerende middelen (cfr 4.4.2.5)	+	0	0	+	0	0	0	0	0	0	+	+		ja

⁷⁵ bij geurhinder

⁷⁶ bij bentonietgebonden vormzand

⁷⁷ enkel voor grote gieterijen

	Bewezen	Veiligheid	Kwaliteit	Globaal	Water-en grondstof verbruik	Afvalwater	Lucht	Bodem	Afval	Energie	Geluid	Globaal	Rendabiliteit	BBT
Duurzame vormen														
99. Afzuigen van emissies koelsmeermiddel door afzuigkap en:														
- Zuiveren afgas door adsorptie aan actieve kool	+	0	0	+	0	0	+	0	-	0	0	+	-	ja
- Zuiveren afgas door electrostatische precipitatie	+	0	0	+	0	- ⁷⁸	+	0	-	0	0	+	-	ja
Verwijderen van gietsysteem														
100. Bij bewerkingen met snijbrander en zuurstoflans metaaloxidedampen capteren	+/- ⁷⁹	+	0	+	0	0	+	0	0	-	0	+/-	0	vgtg
Ontzanden van gietstuk														
101. Hergebruik straalgrit uit straalcabine (windzeving)	+	0	0	+	0	0	0	0	+	0	0	+	+	ja
102. Ontijzeren van stof en opvangen in stoffilter	+	0	0	+	0	0	+	0	+	0	0	+	+	ja

⁷⁸ indien natte precipitator

⁷⁹ vaak moeilijk bij grote gietstukken

	Bewezen	Veiligheid	Kwaliteit	Globaal	Water-en grondstof verbruik	Afvalwater	Lucht	Bodem	Afval	Energie	Geluid	Globaal	Rendabiliteit	BBT
103. Afzonderlijke opvang van zand (terugvoer in zandkringloop) en metaalstof (hergebruik in koepeloven of smelterij)	+	0	0	?	+	0	+	0	+	0	0	+	+	ja ⁸⁰
Ontbramen van het gietstuk														
104. Aangepast afzuigen stof en stoffilter	+	+	0	+	0	0	+	+	0	-	0	+	-	ja
105. Zuivering van zwevende deeltjes uit afvalwater van glijdend slijpen	+	0	0	+	0	+	0	0	-	0	0	+	-	ja
106. Geluidsisolatie	+?	0	0	+?	0	0	0	0	0	0	+	+	0	vgtg
107. Good housekeeping maatregelen zie 4.5.3.7.	+	0	0	+	0	0	+	+	0	-	+	+	?	ja
Interne vormzandrecyclage														
108. Koude vormzandrecyclage (TB)	+	0	-	+	+ ⁸¹	0	-	0	+	0	0	+	-	vgtg ⁸²

⁸⁰ indien metaalstof voldoet aan eisen voor hergebruik

⁸¹ besparing additieven zoals houtmeel en ijzeroxide

⁸² enkel voor bentonietgebonden vormzanden

	Bewezen	Veiligheid	Kwaliteit	Globaal	Water-en grondstof verbruik	Afvalwater	Lucht	Bodem	Afval	Energie	Geluid	Globaal	Rendabiliteit	BBT
109. Thermische vormzandrecyclage (TB)	+ ⁸³	0	?	?	+	0	- ⁸⁴	0	+/- ⁸⁵	+/-	0	+/-	?	vgtg ⁸⁶
110. Gebruik van vormzand als secundaire grondstof	+	0	0	+	0	0	0	0	+	0	0	+		vgtg ⁸⁷

⁸³ mits nodige maatregelen

⁸⁴ CO₂-emissie

⁸⁵ stof moet gestort worden

⁸⁶ enkel voor furaanzanden en polyurethaanzanden

⁸⁷ probleem: vinden van afnemers

HOOFDSTUK 6: EVALUATIE VAN DE BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN

6.1 Evaluatie van BBT ten opzichte van bestaande milieureglementeringen

In onderstaande tabel is weergegeven voor welke van de BBT reeds voorschriften in Vlare II of een andere bestaande milieureglementering opgenomen zijn. Tevens wordt aangegeven voor welke BBT het aangewezen is een aantal (bijkomende) bepalingen in Vlare II op te nemen of als aandachtspunt te weerhouden voor de vergunningsverlenende overheid.

Tabel 6.1: Evaluatie van BBT ten opzichte van bestaande milieureglementering

kandidaat BBT	BBT	Onderbouwing van sectorale /algemene vergunningvoorwaarden in VLAREM II	Opgenomen in voorstel 'specifieke BBT-aandachtspunten voor vergunningsverleners en bedrijven'
Droge opslag van grondstoffen	ja	nee	nee
Retourmateriaal zandvrij maken	ja	nee	nee
Keuze van grondstoffen : • zuiver schroot insmelten • cokes met laag zwavel gehalte	ja	nee ⁸⁸	lucht
Vervangen koude door warme koepelovens	vgtg ⁸⁹	vb. CO norm	nee
Vervangen koepelovens door inductiekroesovens of draaitrommelovens	ja ⁹⁰	vb stofnorm, SO _x	lucht
Toevoegen van koepelovenstofbriketten of pellets	ja	nee	nee
Duurzamer vuurvast materiaal voor bekleding	vgtg ⁹¹	nee ⁹²	nee
Warmteverlies beperken bij transport gesmolten metaal	ja	nee	nee
Aanwenden van slak als secundaire grondstof	vgtg	nee ⁹³	nee
Waterkoeling van de	vgtg	nee	nee

⁸⁸ Vlare II, Art. 4.4.1.2 c) het gehalte aan vluchtige zwavel van vaste brandstoffen mag niet meer bedragen dan 1% van het gewicht

⁸⁹ enkel voor grote capaciteiten

⁹⁰ voor kleine capaciteiten

⁹¹ enkel bij grote capaciteiten rendabel

⁹² Afvalstoffendecreet; preventie, vermindering, hergebruik en terugwinning van afvalstoffen

⁹³ Vlare bijlage 4.1 lijst van afvalstoffen die in aanmerking komen voor gebruik als secundaire grondstof Afdeling 2 gebruik als of in bouwstof

ovenwand			
Rookgaskoeling door waterinjectie	ja ⁹⁴	nee	nee
Stoffilter bij koepelovens door cycloon	vgtg ⁹⁵	stofnorm ⁹⁶	nee
Stoffilter bij koepelovens door multicycloon	vgtg ⁸	stofnorm ⁹	nee
Stoffilter bij koepelovens door doekfilter	ja	stofnorm ⁹	nee
Naverbrander CO met warmterecuperatie bij rookgascaptatie onder laaddeur	ja	nee	lucht
Vervangen cokes door combinatie aardgas en cokes	vgtg	stof, SO _x -norm	nee
Fysico-chemische zuivering van spuiwater van ontstofferwatercircuit	ja	lozingsnorm ⁹⁷	nee
Geluidswerend maken van wanden	vgtg	ja ⁹⁸	nee
Aanpassen schouw om geluidslast te reduceren	vgtg	ja ⁹⁹	nee
Optimaal rendement door: • jungbluth diagram • good houskeeping	ja	Nee	nee
Permanent bewakings-systeem ovenwand	ja	nee	nee
Aangepaste afzuiging van rookgassen	vgtg	ja ¹⁰⁰	nee
Koelmiddel niet lozen	ja	ja ¹⁰¹	nee
Massief schroot insmelten	vgtg	ja ¹⁰²	nee
Deksel op oven	vgtg	ja ¹⁷	nee
Beladen door tap and charge	vgtg ¹⁰³	nee	nee
Toepassing oxygasbrander	ja	nee	nee
Afdichting branderdeur onderhouden	ja	nee	nee
Hergebruik rookgas-warmte	ja	nee	nee
Voorverwarmen pannen	ja	nee	nee
Apart opvangen van MgO-rook en gebruik als alternatief voor grondstof	vgtg	nee	nee
Gebruik bluswater als koelwater	ja	ja	nee

⁹⁴ voor nieuwe installaties

⁹⁵ als voorbehandeling

⁹⁶ Vlarem II, Art. 5.29.0.6 §2 emissievoorschriften voor bepaalde inrichtingen uit de metaalsector

⁹⁷ VlaremII, Art. 4.2 algemene lozingsnormen bedrijfsafvalwater & bijlage 5.3.2.27 (non-ferro)

⁹⁸ VlaremII, Art. 4.4.5 beheersing geluidshinder

⁹⁹ VlaremII, Art. 4.4.5 beheersing geluidshinder

¹⁰⁰ VlaremII, Art. 5.29.0.5 verwerking en bereiding stuivende stoffen

¹⁰¹ VlaremII, Art. 4.2.4 algemene lozingsnormen bedrijfsafvalwater

¹⁰² VlaremII, Art. 4.4.5 beheersing geluidshinder

¹⁰³ enkel bij lage vermogens

Gebruik argon ipv chloor- en fluorhoudende producten voor het verwij-deren van waterstofgas	ja	verbod hexachloorethaan ¹⁰⁴	nee
Ontluchtingsfilters op stockagebunker	ja	nee	nee
Opslag van harsen, katalysatoren en coating in geventilleerde ruimtes met inkuiping	ja	ja ¹⁰⁵	nee
Hergebruik verpakkingen	ja	nee ¹⁰⁶	nee
Optimalisatie retourzandkwaliteit	ja	nee ¹⁰⁷	nee
Vervanging door milieuvriendelijke glanskoolvormer	ja	nee	nee
Inkapselen triltrommel, ontstoffer en koeler	ja	ja ¹⁰⁸	nee
Vormzand als secundaire grondstof	vgtg	nee ¹⁰⁹	nee
Collecteren van VOS emissies	vgtg	ja ¹¹⁰	nee
Begassingsinstallatie voor het hergebruik van afval-zand van kernschiet-machines	ja	nee	nee
VOS verwijdering door adsorptie aan actieve kool	ja ¹¹¹	ja ¹¹²	nee
VOS verwijdering door naverbranding	vgtg ²⁷	ja ²⁸	nee
Chemische gaswasser	vgtg ²⁷	ja ¹¹³	nee
Chemische gaswasser voor methylformiaat	vgtg ²⁷	nee	lucht
Laag solventige coatings	ja	nee	nee
Gebruik waterige coatings	ja	nee	nee
Alternatieve aanbreng-methoden van coatings	ja	nee	nee
Verhitten van restzand	vgtg	nee	nee
Behandeling van NH ₃ bij Croning procédé dmv basische water	ja	nee	lucht
Recyclage van was	ja	nee ¹¹⁴	nee

¹⁰⁴ VlaremII, Art 5.29.0.6: gebruik hexachloorethaan

¹⁰⁵ VlaremII, Art. 4.1.7: opslag gevaarlijke stoffen

¹⁰⁶ Afvalstoffendecreet; preventie, vermindering, hergebruik en terugwinning van afvalstoffen

¹⁰⁷ Afvalstoffendecreet; preventie, vermindering, hergebruik en terugwinning van afvalstoffen

¹⁰⁸ Vlarem II, Art. 5.29.0.5 verwerking en bereiding stuivende stoffen

¹⁰⁹ Afvalstoffendecreet; preventie, vermindering, hergebruik en terugwinning van afvalstoffen

¹¹⁰ VlaremII, Art 5.29.0.6 §2 emissievoorschriften voor bepaalde inrichtingen uit de metaalsector

¹¹¹ Als emissie >100 g/h voor fenolen, formaldehyde, cresolen, pyridine en tri-ethylamine
resp >2000 g/h voor furfuryl alcohol, methylformiaat, toluen en xyleen
resp 3000 g/h voor alkylalcoholen

¹¹² VlaremII, Bijlage 4.4.2 Algemene emissiegrenswaarden voor lucht 9°-11°

¹¹³ VlaremII, Art 5.29.0.6 §2 emissievoorschriften voor bepaalde inrichtingen uit de metaalsector

afkomstig van schaal-vormen			
Eerst uitsmelten van was dan sinteren	ja	nee	nee
Gebruik van deel van afgassen van gieten en koelen als verbrandings-lucht	ja	nee	nee
Omkasten van uitschud-rooster en stof- en afgas-afzuiging	ja	ja ¹¹⁵	nee
Breekunit zandknollen	vgtg	nee	nee
Zuivering afgas van gieten en koelen door elektrostatische precipitator	ja	ja	nee
Bij bewerkingen met snijbrander en zuurstof-lans metaaloxidedampen capteren	vgtg	stof	nee
Hergebruik straalgrit	ja	nee ¹¹⁶	nee
Afzonderlijke opvang zand en metaalstof	ja	nee	nee
Zuivering van zwevende deeltje uit afvalwater van slijpen	ja	norm 60 mg/l ¹¹⁷	nee
Geluidsisolatie	vgtg	ja	nee
Koude vormzandrecyclage met mechanische systemen	vgtg	nee ¹¹⁸	nee
met pneumatische systemen	vgtg	nee	nee
Thermisch recyclage	vgtg	nee ¹¹⁹	nee

¹¹⁴ Afvalstoffendecreet; preventie, vermindering, hergebruik en terugwinning van afvalstoffen

¹¹⁵ VlaremII, Art 5.29.0.5 verwerking en bereiding stuivende stoffen

¹¹⁶ Afvalstoffendecreet; preventie, vermindering, hergebruik en terugwinning van afvalstoffen

¹¹⁷ VlaremII, Art. 4.2.2 algemene lozingsnormen bedrijfsafvalwater

¹¹⁸ Afvalstoffendecreet; preventie, vermindering, hergebruik en terugwinning van afvalstoffen

¹¹⁹ Afvalstoffendecreet; preventie, vermindering, hergebruik en terugwinning van afvalstoffen

6.2 Relatie tussen BBT en emissiegrenswaarden lucht

Deze paragraaf beschrijft de relatie tussen BBT en de huidige Vlare II-normen en suggereert bovendien een nieuwe CO norm voor koude wind koepelovens. De betrokken BBT zijn opgenomen in paragraaf 6.2.6.

In Vlare II zijn volgende normen voor deze sector opgenomen:

- Sectorale normen voor emissie van dioxines en furanen naar lucht (Vlare II, Art. 5.29.0.6)¹²⁰:
 - A. nieuwe inrichtingen:
 - emissierichtwaarde : 0,1 ng TEQ/Nm³
 - emissiegrenswaarde : 0,5 ng TEQ/Nm³
 - B. bestaande inrichtingen:
 - emissierichtwaarde : 0,4 ng TEQ/Nm³
 - emissiegrenswaarde : 1,0 ng TEQ/Nm³ (vanaf 01/01/2003)
- Sectorale normen voor emissie van stof naar lucht (Vlare II, Art. 5.29.0.6):
 - A. installaties voor smelten van staal of gietijzer
 - i) de stofhoudende afvalgassen moeten zoveel mogelijk worden opgevangen en naar een ontstoffingsinrichting worden geleid;
 - ii) elektrovlamboogovens, inductieovens of koepelovens met bovenmondafzuiging : 20 mg/Nm³
 - koepelovens met ondermondafzuiging : 50 mg/Nm³
 - B. IJzer-, temper- en staalgieterijen alsmede gieterijen voor non-ferro metalen
 - i) de stofhoudende afvalgassen moeten zoveel mogelijk worden opgevangen en naar een ontstoffingsinrichting worden geleid;
 - ii) stofvormige emissies in het afvalgas bij de toepassing van filtrerende ontstoffingsinrichtingen, enkel geldend bij massastroom van 0,5 kg/u of meer: 20 mg/Nm³
- Sectorale normen voor emissie van CO naar lucht (Vlare II, Art. 5.29.0.6)
 - A. koepelovens met hete lucht en nageschakelde zelfverhitte recuperator : 1000 mg/Nm³
 - B. andere installaties: CO-bevattende afvalgassen moeten zoveel mogelijk nuttig worden gebruikt of verbrand.
- Sectorale normen voor emissie van organische stoffen naar lucht (Vlare II, Art. 5.29.0.6):
 - IJzer-, temper- en staalgieterijen alsmede voor non-ferro metalen: de bij de kernfabricage, inclusief het mengen, drogen en uitharden van kernzand, ontstane en met organische stoffen beladen afgewerkte gassen moeten zoveel mogelijk worden opgevangen en naar een zuiveringsinrichting voor afvalgas geleid; massaconcentratie aan amine in het afgewerkte gas: 5 mg/Nm³.

¹²⁰ De massaconcentratie aan PCDD's en PCDF's wordt gemeten volgens de voorschriften van de Belgische norm T95-R-NBN EN 1948-1, 2 of 3. Deze concentratie wordt ten minste éénmaal per jaar gemeten door een voor deze meting erkend milieudeskundige. Deze meting is evenwel niet verplicht voor deelstromen die niet, of niet significant, bijdragen tot de [emissies](#). Tenzij anders bepaald in de milieuvergunning wordt het weglaten van de metingen op bepaalde deelstromen enkel aanvaard mits dit voorafgaandelijk is goedgekeurd door de [toezichthoudende overheid](#)

- Sectorale normen voor gebruik van hexachloorethaan (HCE) (Vlarem II, Art. 5.29.0.10.)

Het gebruik van hexachloorethaan (HCE) is verboden bij de productie of de behandeling van non-ferrometalen. Dit verbod geldt evenwel niet voor:

- de niet-geïntegreerde aluminiumgieterijen die speciaal aluminium produceren voor gebruiksvormen die hoge kwaliteits- en veiligheidsnormen vereisen, en die gemiddeld minder dan 1,5 kg HCE per dag gebruiken;
- Algemene emissiegrenswaarden die van toepassing kunnen zijn op de geloosde afvalgassen van gieterijen (Vlarem II, Bijlage 4.4.2):

1° stofdeeltjes totaal bij een massastroom van:	$\leq 500 \text{ g/u}$	150,0 mg/Nm ³
	$> 500 \text{ g/u}$	50,0 mg/Nm ³
5° de volgende damp- of gasvormige anorganische stoffen, bij massastroom per stof van 5 kg/u of meer:	- SO ₂	500,0 mg/Nm ³
	- NO ₂	500,0 mg/Nm ³
6° de volgende stoffen bij massastroom van 0,5 g/u of meer:	- PAK	0,1 mg/Nm ³
9° de volgende organische stoffen, bij een massastroom van 100 g/u of meer:	- fenol	20,0 mg/Nm ³
	- formaldehyde	20,0 mg/Nm ³
	- cresolen	20,0 mg/Nm ³
	- pyridine	20,0 mg/Nm ³
	- triethylamine	20,0 mg/Nm ³
10° de volgende organische stoffen, bij een massastroom van 2000 g/u of meer:	- furfurylalcohol	100,0 mg/Nm ³
	- methylformiaat	100,0 mg/Nm ³
	- toluen	100,0 mg/Nm ³
	- xyleen	100,0 mg/Nm ³

In hetgeen volgt worden de haalbaarheid van deze groepen normen achtereenvolgens besproken.

6.2.1 BBT-analyse van dioxine- en furaanemissienormen

Er is nog niet veel studiewerk verricht rond de efficiëntie van dioxine- en furaanemissie-reductietechnieken in de gieterijsector.

Voor bestaande installaties worden technieken als het naverbranden met extra branders boven de lading bij koepelovens (technieknr. 20) voorgesteld, maar er zijn nog maar weinig gegevens beschikbaar in hoeverre deze tot reductie kunnen leiden. Injectie van actieve kool (technieknr. 22) is (nog) niet als BBT gesteld omdat hiervoor nog geen praktijkgegevens bij gieterijen beschikbaar zijn. Op basis van gepubliceerde resultaten bij andere industriële en afvalverbrandingsinstallaties kan wel besloten worden dat adsorptie op actief kool of HOK een techniek is die tot hoge reductierementen (85-98%) zou kunnen leiden. Tevens zou het insmelten van schoon schroot een gunstig effect hebben op de reductie van dioxine-emissies.

Voor nieuwe installaties kan gebruik gemaakt worden van het naverbranden en quenchen van de rookgassen (technieknr. 13 en 20), maar dergelijke installaties zijn ons nog niet bekend en er zijn dan ook geen gegevens over de emissiereductie van PCDD/F gekend.

Verder zijn het vervangen van de koepelovens door draaitrommelovens of inductiekroesovens (technieknr. 5) waarschijnlijk goede alternatieven om de PCDD/F-emissies te beperken tot 0,4 ng TEQ/Nm³ (*bron 162*). Dit is wel enkel toepasbaar voor kleine capaciteiten.

In bestaande ovens zijn dioxine-emissies gemeten tussen 0.003 en 3 ng TEQ/Nm³, met grote variaties van dag tot dag. Vermits er nog geen BBT gekend zijn om de dioxine-emissies met zekerheid terug te dringen, kan het behalen van de dioxine-emissiegrenswaarde van 1 ng/Nm³ niet gegarandeerd worden (zie Hoofdstuk 8).

6.2.2 BBT-analyse van stofemissienormen

De huidige sectorale normen op emissies van stof kunnen gehaald worden indien gebruik gemaakt wordt van doekfilters, waarbij een cycloon of multicycloon voorgeschakeld wordt (technieknr. 14-15-16). Deze technieken worden in deze studie ook als BBT geselecteerd. Hiervoor is dus ook een aangepaste afzuiging noodzakelijk. Emissies lager dan 10 mg/Nm³ kunnen op deze manier worden bereikt, maar in speciale omstandigheden kunnen restemissies oplopen.

Het verschil in de Vlare-emissienormen voor koepelovens met bovenmond-afzuiging (20 mg/Nm³) en ondermondafzuiging (50 mg/Nm³) heeft geen technische of praktische verklaring. De emissieconcentratie wordt bepaald door de efficiëntie van de stoffilter. Vandaar de suggestie om de norm te veralgemenen voor alle smeltinstallaties tot 20 mg stof/Nm³.

Bij de inductiekroesovens en de schachtovens hebben doekfilters slechts in enkele gevallen een significant milieuvoordeel vermits deze zowieso een lage stofuitstoot hebben. Een emissiegrenswaarde van 20 mg stof/Nm³ is hier ook aangewezen.

6.2.3 BBT-analyse van CO-emissienormen

Sectorale CO emissie normen zijn vooral relevant bij koepelovens. Voor draaitrommelovens en elektrische ovens wordt nauwelijks/geen CO gevormd en kunnen de algemene emissienormen gelden.

De emissieniveaus van CO bij koepelovens kunnen verlaagd worden door toepassing van naverbranders (technieknr. 20). Bij hoge CO concentraties (ca > 2 g/m³, *bron 172*) kunnen naverbranders autotherm werken, dit wil zeggen dat geen extra energiebron onder de vorm van aardgas moet bijgevoegd worden. Bij lagere concentraties en bij de opstart van naverbranders is wel toevoeging van aardgas nodig. Vanuit milieuoogpunt moet er een afweging gebeuren tussen de milieuwinst geboekt door CO-reductie enerzijds en het milieuverlies door bijkomend energieverbruik en CO₂-emissie. Uiteraard heeft het bijstoken van aardgas ook een financieel negatief effect.

Bij deze afweging kan een onderscheid gemaakt worden tussen warme wind koepelovens en koude wind koepelovens. Warme wind koepelovens hebben zowieso altijd een naverbrander en de hiermee opgewekte energie wordt ook gerecupereerd en gebruikt voor het smeltproces. In dat geval wegen de nadelen van aardgas-bijstook minder door vermits de geproduceerde warmte nuttig gebruikt kan worden. De in Vlare II

opgenomen emissiegrenswaarde van 1000 mg/Nm³ voor dit soort installaties is dan ook een compromis tussen de CO concentraties waarbij autotherme verbranding mogelijk is ($> 2000 \text{ mg/m}^3$) en zeer lage CO concentraties die haalbaar zouden zijn bij een permanente naverbranding.

Gezien het discontinue verloop van het smeltproces in gieterijen zal in de praktijk de naverbrander enkel aangeschakeld worden als de CO concentratie een bepaalde waarde overschrijdt. In onze interpretatie is deze drempelconcentratie 1000 mg/Nm³. Dit betekent ook dat de daggemiddelde concentraties steeds lager zullen zijn dan 1000 mg/Nm³. Immers wanneer de naverbrander aangeschakeld is zal de resulterende CO concentratie meestal lager zijn dan 200 mg/Nm³.

Voorstel Vito: behouden bestaande Vlarembepaling.

Bij koude wind koepelovens kunnen ook naverbranders voorzien worden maar zal de energierecuperatie onbestaande of beperkt zijn. Vanuit milieustandpunt heeft het dus zin om voor deze installaties een minder strenge CO norm te eisen. In Vlarembepaling II zijn voor dergelijke installaties geen normen voorgesteld maar is voorzien dat deze bedrijven al het mogelijke doen om deze emissies te reduceren.

In de praktijk heeft in Vlaanderen nog maar één gieterij met koude wind koepelovens een naverbrander geïnstalleerd. Louter op basis van de CO en energieproblematiek lijkt ons een emissielimiet van 2000 mg/Nm³ voor dergelijke installaties redelijk (ca. grens van autothermie). De periode waarover gemeten wordt, is best zo gekozen dat het energetisch inefficiënt inzetten van de naverbrander vermeden wordt.

Vermits koude wind koepelovens geen BBT zijn en op termijn door andere oventypes moeten vervangen worden, is dit in elk geval slechts een tijdelijke toestand.

In hoofdstuk 8 wordt onderzoek aangeraden naar het effect van naverbranding op de dioxine-emissie van koepelovens. Indien uit dit onderzoek zou blijken dat naverbranding eerder een negatief dan een positief effect zou hebben op de dioxine-emissie moet de toepassing van naverbranders bij koude wind koepelovens terug ter discussie gesteld worden.

Voorstel Vito: nieuwe norm voor koude windkoepelovens laten afhangen van dioxineonderzoek, zo geen effect: 2000 mg/Nm (meetperiode te bekijken).

6.2.4 BBT-analyse van emissienormen van organische stoffen

De huidige algemene en sectorale normen kunnen gehaald worden door toepassing van een gaswasser, actieve koolfilter of naverbrander. Haalbare eindconcentraties bij gebruik van gaswassers van VOS kunnen kleiner zijn dan 10 mg/Nm³. Voor het gebruik van gaswassers moeten de VOS dan wel min of meer oplosbaar zijn in de wasvloeistof (Henry-coëfficiënt $< 0,1 \times 10^5$). Gaswassers hebben als nadeel dat er een afvalwaterstroom ontstaat.

Bij toepassing van een naverbrander kunnen restemissies kleiner dan 20-50 mg C/Nm³ worden bekomen. Naverbranders hebben als nadeel dat er aardgas moet bijgestookt worden.

Beide technieken zijn als BBT weerhouden bij emissies van significant grote hoeveelheden VOS (vb cfr. vrachten vermeld in de algemene emissienormen lucht, Vlarembepaling II, bijlage 4.4.2). De meeste VOS worden echter via diffuse bronnen (zandbereiding, coaten, ...) uitgestoten. Het collecteren van deze VOS en het eventueel naverbranden is niet in alle gevallen eenvoudig.

Amines zijn relatief goed oplosbaar in water en hun verwijdering met een gaswasser kan relatief efficiënt gebeuren. We hebben evenwel geen gegevens of de amineconcentratie in onbehandeld afgas boven of onder de 5 mg/Nm³ ligt. De emissiefactor is wel gekend, nl. 0,13 kg/ton smelt, maar de correlatie tussen hoeveelheid smelt (ton) en het gevormde afvalgas (m³) bij kernbereiding ontbreekt.

6.2.5 Algemene emissiegrenswaarden

Voor behalen van de algemene emissiegrenswaarden (SO_x 500 mg/Nm³, NO_x 500 mg/Nm³, PAK: 0,1 mg/Nm³,) dienen geen bijkomende maatregelen worden genomen daar de concentraties in de rookgassen van de huidige Vlaamse koepelovens onder de vooropgestelde grenswaarden liggen.

Emissiegrenswaarden voor MgO worden niet vermeld in de algemene noch de sectorale emissievoorschriften. De emissie van MgO kan gereduceerd worden door toepassing van de volgende BBT “opvangen en hergebruiken van MgO-rookgassen”. Zelfs zonder de BBT worden emissiewaarden bekomen die niet veel hoger zijn dan de maximaal aanvaardbare concentratie die vanuit arbeidsveiligheidstandpunt wordt gehanteerd (MAC=10 mg/Nm³, Chemiekaarten). Het opstellen van een emissiegrenswaarde voor deze stof is om die reden waarschijnlijk niet nuttig.

6.2.6 Lijst van BBT die in relatie staan tot het behalen van de emissiegrenswaarden lucht

- droge opslag van grondstoffen (stof)
- retourmateriaal zandvrij maken (stof)
- gebruik van zuiver schroot (stof, dioxine)
- gebruik van cokes met laag zwavelgehalte (SO₂)
- vervangen van cokes door aardgas of combinatie (stof, SO₂, CO₂)
- gebruik doekfilter met voorgeschakelde cycloon (stof)
- gaswasser (SO₂)
- optimaal rendement door gebruik Jungblüth diagram (stof, CO, SO₂)
- deksel op de inductiekroesoven plaatsen (stof, CO)
- toepassing van oxygasbrander bij draaitrommelovens (SO₂)
- aparte opvang en hergebruik van MgO-rook bij nodularisatie van gietijzer (Mg)
- gebruik van argon i.p.v. chloor- of fluorhoudende producten voor het verwijderen van waterstofgas uit aluminium (hexachloorethaan)
- vervangen van glanskoolvormer (PAK)
- inkapselen van triltrommels en uitschudroosters (stof)
- gebruik van laag-soventige coatings of waterige coatings (VOS)
- eerst uitsmelten van was bij Lost Wax procédé en dan pas sinteren (VOS)
- bij bewerkingen met snijbrander en zuurstoflans metaaloxidedampen capteren (stof)

Indien de overheid van mening is dat, omwille van emissies van NH₃, bijkomende maatregelen dienen opgelegd te worden, kan onderstaande maatregel in acht genomen worden voor de gieterijsector:

- behandeling van NH₃ bij het Croningsprocédé d.m.v. basische gaswasser

6.3 Relatie tussen BBT en beheersen van geurhinder

Er wordt in Vlarem II nergens melding gedaan van algemene noch sectorale geurvoorschriften met betrekking tot de gieterijen.

In het Nederlandse Handboek Milieuvergunningen wordt onder metaalsmelterijen (SAMSOM) het volgende vermeld over geur en stankoverlast:

Ter plaatse van woningen van derden of andere geurgevoelige objecten geldt dat als grenswaarde voor stankhinder een geurconcentratie op leefniveau van 1 geureenheid (bij nieuwe bronnen) of 1 tot 10 geureenheden (bij bestaande bronnen) per m³ (ge/m³) niet vaker mag worden overschreden ten gevolge van uit de inrichting vrijgekomen stoffen, dan 2 %, bij bestaande bronnen, of 0,5 %, bij nieuwe bronnen, van de tijd waarbinnen de inrichting in werking is.

Volgende BBT zouden deze geurhinder kunnen reduceren:

- adsorptie aan actieve kool;
- naverbranding;
- biofilters;
- alternatieve aanbrengmethoden van coatings;
- chemische gaswasser;
- basische water voor behandeling van NH₃ bij Croning procédé;
- gebruik argon i.p.v. chloor- of fluorhoudende producten voor de verwijdering van waterstofgas uit aluminium.

6.4 Relatie tussen BBT en het beheersen van oppervlaktewater-verontreiniging

Vlarem II, Art. 4.2 vermeldt dat bedrijfsafvalwater en koelwater niet ongezuiverd in oppervlaktewater mogen worden geloosd. Er worden tevens algemene lozingsnormen voorgesteld op gebied van pH, temperatuur, BOD, bezinkbare stoffen, zwevende stoffen, koolwaterstoffen, detergenten en olieën. Voor de productie en bewerking van non-ferro metalen worden sectorale lozingsnormen voorgesteld met bijkomende normen voor onder andere metalen, CZV en ammoniakale stikstof.

Volgende BBT staan hiermee in verband:

- fysicochemische zuivering van spuiwater van ontstofferwatercircuit
- koelmiddel niet lozen, maar stockeren en hergebruiken
- gebruiken van bluswater, afkomstig van ontzwavelen van koepelovenijzer, als koelwater
- zuivering van zwevende deeltjes uit afvalwater van glijdend slijpen

6.5 Relatie tussen BBT en het beheersen van geluidshinder

In Vlarem II, Art. 4.5.3 en Art. 4.5.4 worden de algemene geluidsvoorschriften voor klasse 1 en 2 inrichtingen vermeld.

Volgende BBT staan hiermee in verband:

- geluidswerend maken van wanden
- aanpassen schouw om geluidslast te reduceren
- good housekeeping beladen oven of alternatieve belading
- massief schroot insmelten
- inkapselen van triltrommels en uitschudroosters

6.6 Relatie tussen BBT en het afvalstoffendecreet

Volgende BBT staan in verband met preventie, vermindering, hergebruik en terugwinning van afvalstoffen:

- gebruik van zuiver schroot
- injectie van rookgasstof of pellets in koepelovens
- duurzamer vuurvast materiaal voor bekleding gebruiken
- aanwenden van slakken en vormzand als secundaire grondstoffen indien aan milieu-vereisten is voldaan
- waterkoeling ovenwand
- hergebruik slak in smelterijen
- gebruik van koperslakken als straalmiddel
- permanent bewakingssysteem van ovenwand
- hergebruik van verpakkingen door leveranciers
- optimalisatie van retourzand
- begassingsinstallatie voor het hergebruik van afvalzand van kernschietmachines
- recycleren van was bij lost foam procédé
- uitbreekunit zandknollen
- warm uitbreken
- hergebruik straalgrit uit straalcabine
- afzonderlijke opvang van zand (terugvoer in zandkringloop) en metaalstof (hergebruik in koepeloven of smelterij)
- koude vormzandrecyclage
- thermische vormzandrecyclage

HOOFDSTUK 7: ECOLOGIE-INVESTERINGSSTEUN VOOR BBT

7.1 Inleiding

Een mogelijkheid om het implementeren van BBT en andere milieuvriendelijke technieken in bedrijven te bevorderen is het toekennen van investeringssteun in het kader van het ecologiecriterium. De Vlaamse overheid kent onder bepaalde voorwaarden subsidies toe bij investeringen in ondernemingen in het Vlaamse Gewest. De voorwaarden die gehanteerd worden voor het toekennen van deze subsidies staan beschreven in de richtlijn VL7 en MGB3. De richtlijnen VL7 gelden voor kleine ondernemingen en zijn opgesteld in toepassing van de wet van 04/08/78 tot economische heroriëntering. De richtlijnen MGB3 gelden voor middelgrote en grote ondernemingen en zijn opgesteld in toepassing van de wet van 30/12/70 betreffende de economische expansie en het decreet van 15/12/93 tot bevordering van de economische expansie in het Vlaamse Gewest.

Eén van de voorwaarden voor het toekennen van deze subsidies is dat de betrokken ondernemingen geen zwartelijststoffen gebruiken als actieve stof (dit wil zeggen als grondstof, halffabrikaat, hulpstof of eindproduct) tenzij er voldoende argumenten voorhanden zijn waaruit blijkt dat het technisch of economisch niet mogelijk is om alternatieve stoffen te gebruiken. Verder is er in de richtlijnen een opsplitsing gemaakt van sectoren die uitgesloten worden voor investeringssteun.

Naast algemene investeringssteun, kan ecologiesteun toegekend worden als er sprake is van een ecologie-investering. Een dergelijke investering is een milieu-investering gericht op een vermindering van de belasting van het milieu door het invoeren van een verbeterde techniek in het productieproces of door toepassen van zuiveringstechnieken. Deze investering moet een duidelijke meerkost hebben ten opzichte van een klassieke of standaardinvestering en de meerinvestering moet specifiek gericht zijn naar één van volgende milieu-aspecten:

- Grondstoffenbesparing
- Energiebesparing
- Milieu-ontlasting t.a.v. lucht, water, bodem, afval of geluid.

Voor deze drie basiscriteria is een niet-limitatieve lijst van technologieën opgesteld die in aanmerking komen voor ecologie-investeringssteun. Investeringssteun voor de aanschaf van technologieën die niet op deze lijst staan, kunnen slechts in aanmerking komen mits argumentatie vanweg de aanvrager.

De ecologie-investeringssteun wordt behandeld door de Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE) van de Administratie Economie van het Vlaamse Gewest.

De volgende algemene criteria worden verder bij het toekennen van de ecologie-investeringssteun gehanteerd.

- De nieuwe investeringen dienen beter resultaten op te leveren dan verplicht door wettelijke reglementering:
 - Investeringssteun die erop gericht zijn te voldoen aan bestaande normen/wettelijke verplichtingen komen niet in aanmerking;

- Investeringsen die erop gericht zijn te voldoen aan toekomstige normen of andere wettelijke verplichtingen komen wel in aanmerking, indien de bestaande installatie meer dan twee jaar oud is, en de investeringen meer dan één jaar vóór het van kracht worden van de nieuwe normen/verplichtingen uitgevoerd worden;
- Investeringsen die verder rijken dan de huidige verplichte normen komen in aanmerking.
- Voor de berekening van de ecologiesteun moet niet alleen de meerkost bepaald worden, maar dat de eventuele bijkomende baten en kostenbesparingen t.o.v. de conventionele technologie gedurende de afschrijvingsperiode in mindering gebracht dienen te worden.
- Enkel het specifiek ecologisch gericht gedeelte van de investering komt in aanmerking (niet het productiegericht gedeelte).
- Ecologie-investeringsen dienen vooral gericht te zijn op de structurele aanpassing van processen (dus geen courante verbeteringen).
- Procesgeïntegreerde, milieuvriendelijke technieken genieten de voorkeur boven end-of-pipe technieken, vooral bij middelgrote en grote ondernemingen.
- Evidente maatregelen die op minder dan twee jaar terugverdiend worden, komen niet in aanmerking.

De ecologie-investeringssteun bedraagt:

- onder de richtlijnen MGB3: 12% voor procesgeïntegreerde technieken; 10% voor energiebesparende technieken; 8% voor end-of-pipe technieken;
- onder de richtlijnen VL7: 20% voor zowel procesgeïntegreerde, energiebesparende als end-of-pipe technieken.

7.2 Toetsing van de best beschikbare technieken voor gieterijen aan de criteria voor ecologie-investeringssteun

7.2.1 Zwarte lijststoffen gebruikt in de sector

Bedrijven die zwarte lijststoffen gebruiken als actieve stof kunnen niet genieten van investeringssteun, tenzij voldoende argumenten voorhanden zijn om aan te tonen dat het gebruik van deze stoffen technisch of economisch niet te vermijden is.

Hexachloorethaan

Hexachloorethaantabletten worden gebruikt bij de chemische ontgassing van aluminium.

Het gebruik van hexachloorethaan kan worden vermeden door gebruik van argon of stikstofgas die in de smelt worden geïnjecteerd. Het gebruik van hexachloorethaan kan dus uitsluiting gebruikt worden voor het bekomen van investeringssteun.

Zware metalen

Vanzelfsprekend wordt in de gieterij gebruik gemaakt van zware metalen zoals koper, chroom, ... als grondstof, hiervoor zijn niet altijd alternatieven voorhanden.

7.2.2 Niet-limitatieve lijst technologieën

In de laatste versie van de richtlijnen MGB3 en VL7 (versie juli 2000) zijn ondermeer volgende technologieën opgenomen in de niet-limitatieve lijst van technologieën en kunnen dus worden aanvaard als ecologie-investeringen:

- regeneratieve naverbrander (technieknr. 20), voor het behalen van de huidige sectorale emissienormen kan een naverbrander evenwel nodig zijn;
- actief kool adsorber met regeneratie (technieknr.22), dit is nog geen BBT voor de sector vermits nog onvoldoende uitgetest. Het installeren van deze installatie is duur maar kan belangrijke gegevens over de efficiëntie van deze techniek in gieterijen opleveren waardoor deze in de toekomst wel een BBT zou kunnen zijn. Ecologiesteun is dus zeker aangewezen.

Verder werden geen bijkomende BBT geselecteerd die in aanmerking komen voor ecologiesteun.

De resterende BBT die nog niet in de lijst zijn opgenomen en die niet wettelijk verplicht zijn, zijn eerder maatregelen die standaard in de gieterijen worden toegepast en dit niet enkel vanuit milieustandpunt.

HOOFDSTUK 8: AANDACHT VOOR VERDER ONDERZOEK

Gezien de aanwezigheid van dioxines in bepaalde afgasstromen van gieterijen kan het aandacht verdienen hier meer gegevens over te verzamelen en eventueel testen uit te voeren naar het effect van bv. al of niet naverbranden van afvalgassen, quenchen en/of actieve koolinjectie. Om te weten of een dergelijke onderzoeksinspanning de moeite loont, is het nodig om vooraf het aantal en de capaciteit van koepelovens en draaitrommelovens in Vlaanderen in kaart te brengen. Hieruit moet blijken of het aandeel van de gieterijen in de industriële dioxine-emissies in Vlaanderen zich werkelijk rond de 1 % situeert, zie 3.4.7.1.

Indien dit onderzoek leidt naar de identificatie van technisch haalbare opties voor dioxine-emissie-reductie, kan ook het kostenplaatje beter in beeld gebracht worden.

BIBLIOGRAFIE

1. *La Fonderie Européenne*, 1993, CAEF Commission n° 7, Düsseldorf
2. *Metalcasting & molding processes*, L. Kotzin, 1981, Cast Metals Series, AFS Des Plaines, Illinois 60016
3. *Metals Handbook 9th Edition Volume 15: Casting*, ASM International, 1988, Ohio 44073
4. *Jahresübersichten des Giessereiwesens* 27., Folge1990, Verein Deutscher Giessereifachleute, Düsseldorf
5. *Jahresübersichten des Giessereiwesens* 28., Folge1991, Verein Deutscher Giessereifachleute, Düsseldorf
6. *Jahresübersichten des Giessereiwesens* 29., Folge1992, Verein Deutscher Giessereifachleute, Düsseldorf
7. *Jahresübersichten des Giessereiwesens* 27., Folge1993, Verein Deutscher Giessereifachleute, Düsseldorf
8. *Jahresübersichten des Giessereiwesens* 27., Folge1994, Verein Deutscher Giessereifachleute, Düsseldorf
9. *Jahresübersichten des Giessereiwesens* 27., Folge1995, Verein Deutscher Giessereifachleute, Düsseldorf
10. *Jahresübersichten des Giessereiwesens* 27., Folge1996, Verein Deutscher Giessereifachleute, Düsseldorf
11. *Jahresübersichten des Giessereiwesens* 27., Folge1997, Verein Deutscher Giessereifachleute, Düsseldorf
12. *Jahresübersichten des Giessereiwesens* 27., Folge1998, Verein Deutscher Giessereifachleute, Düsseldorf
13. *Best Available technologies for the abatement of atmospheric pollution in the ferrous foundry industry*, 1997, CAEF
14. *Sectordossier Smelten en Gieten - Presti*, 1996, Fabrimetal
15. *Sector Notebook Foundries*, 1997, EPA
16. *Project sectoriële bedrijfsafvalstoffen Rapido*, Gieterijen, 1994, STEM
17. *Les techniques récentes de moulage en sable à vert*, Bajou, 1987, Groupe de travail Fonderie, ULG, Seraing
18. *Manuel des sables à prise chimique*, CTIF, 1994, Editions Techniques des Industries de la Fonderie
19. *Chemical Binders in Ironfoundries*, 1976, Proceedings BCIRA International Conference, Warwick UK
20. *Advances in Technology and Binders for Gas-hardened Moulds and Cores*,1986, Proceedings BCIRA International Conference, Warwick UK
21. *Chemically Bonded Sand Systems for Moulds and Cores*, 1992, Proceedings BCIRA International Conference, Warwick UK
22. *VDG Taschenbücher n°11: Formgrundstoffe; Vorkommen Eigenschaften Prüfung Einsatzmöglichkeiten*, 1984, Weiss, VDG Giesserei Verlag GmbH Düsseldorf
23. *VDG Taschenbücher n°2: Tongebundene Formsande*, 1975, Hofmann, VDG Giesserei Verlag GmbH Düsseldorf
24. *Sand properties and the hot curing processes for the production of cores*, April 1993, First Report of the institute working party T30- Mould and Core production, The Foundryman

25. *The Clay Bonded Processes*, July 1993, Second Report of the institute working party T30- Mould and Core production, The Foundryman
26. *The Cold Setting Processes*, February 1994, Third Report of the institute working party T30- Mould and Core production, The Foundryman
27. *Caractéristiques comparées des procédés de moulage et de noyautage 1ère partie*, décembre 1986, Rochier, J.P. Lahalle, Fonderie Fondateur D'aujourd'hui
28. *Caractéristiques comparées des procédés de moulage et de noyautage 2ème partie*, janvier 1987, Rochier, J.P. Lahalle, Fonderie Fondateur D'aujourd'hui
29. *Caractéristiques comparées des procédés de moulage et de noyautage 3ème partie*, février 1987, Rochier, J.P. Lahalle, Fonderie Fondateur D'aujourd'hui
30. *Sand/Binders/Sand Preparation/Coremaking*, January 1993, Foundry Management and technology
31. *GIFA 94: Form- und Kernherstellung mit chemisch gebundenen Formstoffen*, September 1994, Tilch Giesserei
32. *Formstoffe mit Kalthärtenden Kunstharzbindern im Vergleich*, August 1992, DFB Information, Giesserei
33. *Developing Future Binder Technologies*, August 1994, Busby, Foundry Trade Journal
34. *Formstoffzusätze - Beurteilung des Betriebsverhaltens*, 1993, Hasse, H. Sagmeister, Giesserei Praxis nr 15/16
35. *High Pressure Molding, 2nd Edition*, 1987, AFS, AFS Des Plaines, Illinois 60016
36. *Recent trends in greensand moulding machine design*, 01/05/1992, McCombe, Foundry Trade Journal
37. *Sand Molding: From Hand Ramming to Near Net Shape Castings*, May 1989, Bralower, Modern Casting
38. *GIFA 94: Form- und Kernherstellung mit tongebundenen Formstoffen*, September 1994, Tillmans, Giesserei
39. *Gusseisen*, 1994, F. Neumann, Expert verlag
40. *Kernherstellungsverfahren der neunziger Jahre*, März 1993, Ellinghaus, Giesserei
41. *Mold & Core Coatings Manual, Molding Methods & Materials Division 4-F*, 1982, AFS Des Plaines, Illinois
42. *Cupola Handbook, 5nd Edition*
43. *Cupola Handbook Committee*, 1984, AFS Des Plaines, Illinois 60016
44. *Manuel du cubilot*, 1980, Guyot CTIF, Editions Techniques des Industries de la Fonderie
45. *Les derniers perfectionnements des cubilots*, 1989, Robin, M.L. Laluye, Groupe de travail Fonderie, ULG, Seraing
46. *Cubilots à vent chaud et à vent froid*, Novembre 1983, Gerth, Hommes et Fonderie
47. *La surchauffe haute température du Cubilot*, Février 1993, Documentation Fiday Gestion et Automobiles Peugeot, Hommes et Fonderies
48. *Applied science in the casting of metals*, 1970, K. Strauss, Pergamon Press
49. *Handbuch der Fertigungstechnik. Band 1 Urformen*, 1981, G. Spur, Th. Stöferle, Hanser Verlag Munchen
50. *Refractories Manual*, 1989, American Foundrymen's Society
51. *Conception d'une installation moderne de cubilot à vent chaud*, Octobre 1989, Freunscht, A. Rudolph, Hommes et Fonderies
52. *L'électrothermie en fonderie: Possibilités, situation actuelle et évolution probable*, Ulmer, Ph. Sifflet, Fonderie Fondateur D'aujourd'hui 13
53. *Automatisation des fours de fusion moyenne fréquence*, mars 1992, Arricaü, Fonderie Fondateur D'aujourd'hui

54. *Batch Induction Melting: A succes story*, August 1994, Mortimer, Foundry Management and Technology
55. *Fusion et élaboration de fonte au four rotatif oxycombustible*, novembre 1992, Labbé, D. Kerlidou, Fonderie Fondateur D'aujourd'hui
56. *Optimiertes Schmelzen von Eisen in Drehtrommelöfen*, Juni 1992, Gross, A. Manganotti, Giesserei
57. *Gas furnaces today and tomorrow*, June 1992, Patterson, The Foundryman
58. *Melting with natural gas: A review for ferrous and non ferrous foundries*, February 1992, Rachwal, D. Pennington, The Foundryman
59. *Fusion des métaux ferreux et non ferreux*, Aout 1994, J-P Derrien, P. Godinot, J-Y. Lejeune, Fonderie Fondateur D'aujourd'hui
60. *Furnaces for the melting of aluminium alloys*, January 1993, Cleave, Foundry Trade Journal
61. *Design and Operation of Melting Furnaces Differ Markedly*, August 1989, Burditt, Modern Casting
62. *Cleaning Castings*, 1977, AFS Malleable Iron Casting Process Committee (6-G), Cast Metals Series,
63. *Cleaning/Finishing Materials*, AFS Des Plaines, Illinois 60016
64. *Modern Casting*, November 1993, Foundries and the Environment
65. *Proceedings BCIRA International Conference*, 1993, Warwick UK
66. *Foundry and Environment, Technical Forum - 59th World Foundry Congress*, Brazil 1992, Sao Paulo
67. *The Working Environment in Ironfoundries*, 1977, Proceedings BCIRA International Conference, Warwick UK
68. *La 1re Rencontre Européenne Environnement - Fonderie*, 31.03.93, CTIF, Paris
69. *Foundry Binders and Environment, Report on Technical Forum presented during the 58th World Foundry Congress*, September 1991, Krakow, Poland
70. *Vlaams Reglement inzake Milieuvorwaarden voor Hinderlijke inrichtingen - Titel II.*, AMINAL Afd. Milieuvergunningen - Besluit van de Vlaamse Regering
71. *Toelaatbare grenswaarden*, 1984, Commissariaat - Generaal voor de bevordering van de arbeid
72. *The Meaning and Use of Occupational Exposure Limits*, October 1994, Morley, The Foundryman
73. *Oorzaken en bestrijding van de luchtverontreiniging*, Hosten, Labo voor Technische Chemie UG
74. *Gieterijen en reststoffen*, juli 93, Meeuwssen, Gietwerk Perspectief
75. *Elimination des déchets de fonderie*, Janvier 1990, Charbonnier, M. Elary, Fonderie Fondateur D'aujourd'hui
76. *Aspekte und Ausführungsbeispiele zur Vermeidung von Staubemissionen in Giessereien*, September 1991, Caspers, Giesserei
77. *Guide des technologies propres et des filières de traitement des déchets*, 1995, CTIF
78. *Chemical Emissions from Foundry Molds*, 1977, Scott, C.E. Bates, R. H. James, AFS Transactions
79. *Untersuchungen zur Umweltrelevanten Beurteilung von Giesserei-Kern- und -Formsanden*, September 1994, Bradke, Giesserei Rundschau
80. *Untersuchungen zur Emissionserfassung an Induktionstiegelöfen für Eisenguss*, Januar 1989, Weber, D. Schmidt e.a., Giesserei
81. *Betrachtungen über mögliche Emissionsquellen beim Schmelzen und Gießen von NE- Metallen und - legierungen unter besonderer Berücksichtigung üblicher Schmelzebehandlungsmassnahmen*, Oktober 1989, Riedelbauch, Giesserei

82. *Le dépoussiérage des gaz de cubilot*, Nov 1974, Claude, Hommes et Fonderie
83. *Milieuaspekten van de oxy-fuel draaitrommeloven*, Januari 1991, Wittenburg, Gietwerk Perspectief
84. *Impact atmosphérique d'élaboration de fontes au four à brûleur oxy-combustible*, Avril 1991, Charbonnier, Fondateur Fonderie D'aujourd'hui
85. *Protection de l'environnement*, août 1994, Stephan, Fondateur Fonderie D'aujourd'hui
86. *Foundry Ventilation Manual*, 1985, AFS Air Quality Commission (10-E), AFS Des Plaines, Illinois 60016
87. *Reststoffe, Abwasser und Abwärme in Giessereien - Vermeidung, wiederverwendung, Entsorgung*, Seminar, 14.12.1994, VDG Weiterbildung, Düsseldorf
88. *Bedrijfstakingverkenning, Metaalgieterijen , Achtergrondstudie I*, April 1994, Verbist, A. Verbruggen, H. Dieleman, RAPIDO publicatie
89. *Preventie en recuperatieplan, Metaalgieterijen*, April 1994, Verbist, A. Verbruggen, H. Dieleman, RAPIDO publicatie
90. *VDG Taschenbücher n°4: Planung von Regenerierungsanlagen zur Altsandrückgewinnung*, VDG Giesserei Verlag GmbH Düsseldorf
91. *Can you Afford to Ignore Sand Reclamation*, 28.09.1993, IBF Seminar, Casting Technology International
92. *Air Cleaning in diecasting foundries*, September 1992, Kurtsiefer, Foundry Trade Journal
93. *Captage des fumées en fonderie sous pression*, Ulmer, Fondateur Fonderie D'aujourd'hui
94. *Lösung der Entsorgungsproblematik von Abwasser in Druckgussgiessereien*, Jänner 1993, Oellers, Giesserei Rundschau
95. *Improving the foundry atmosphere*, November 1992, Foundry Trade Journal
96. *Control of fumes from metal melting operations*, September 1994, Hayes, The Foundryman
97. *GIFA 94: Luftreinhaltung, Arbeits- und Umweltschutz*, September 1994, Winterhalter, Giesserei
98. *GIFA 94: Luftreinhaltung, Reststoffvermeidung und -verwertung, Arbeits- und Umweltschutz*, Oktober 1994, Winterhalter, Giesserei
99. *Integration of processes and abatement techniques*, September 1992, Foundry Trade Journal
100. *Air Gas Cleaning for Cupola Melting Plants*, November 1994, Schofield, The Foundryman
101. *Dust and fume control in the fettling and dressing shop*, March 1993, Blackman, The Foundryman
102. *Vermindern und verwerten von Giesserei Reststoffen*, Mai 1992 Döpp, Giesserei Rundschau
103. *Gas Technologies for the Environment*, Aherne, April 1994, The Foundryman
104. *Dépoussiérage de deux cubilots à vent froid*, Mars 1983, France, Hommes et Fonderie
105. *Dry Bag filters, an answer to cupola emissions?*, January 1994, Foundry Trade Journal
106. *Wet scrubbers in the Foundry Industry*, November 1993, Sutton, Foundry Manangement &Technology
107. *Spoilt for choice at GIFA*, Oct 94, Stevenson, Foundry Trade Journal

108. *Installation de régénération de sable avec bentonite chez Teksid-Crescentino*, Apr 93, Dal Pan, Hommes et Fonderie
109. *Changing from Thermal Reclamation to "Attrition Only": A step back to the future*, Smith, D. S. Leidel, AFS Transactions
110. *Economics, Quality Lead Move to Reclaim Clay Bonded Sand*, May 93, Reier, Modern Casting
111. *Reclaiming Chemically Bonded Sands: A Technology Review*, May 93, Hayes, Modern Casting
112. *Research, Planning Aid Selection of Sand Reclamation System*, May 93, Lumsden, Modern Casting
113. *Mechanische Regenerierung - Möglichkeiten und Grenzen*, Nov 86, Tilch, H Heintze, Giessereitechnik
114. *Is the Profit Line the Bottom Line in Sand Reclamation ?*, May 88, Bralower, M.F. Burditt, , Modern Casting
115. *Myths, Misconceptions and Mistakes in Sand Reclamation*, Jan 88, Leidel, AFS Transactions
116. *A Foundryman's Perspective on Sand Reclamation*, Jan 88, Hoyt, AFS Transactions
117. *Innovations dans la régénération des sables de fonderie par voie thermique en lit fluidisé*, Nov 92, Mabilais, J. Picourchon, F. Baudequin, C. Hono, Fondateur Fonderie D'aujourd'hui
118. *Thermal Reclamation questioned*, Mar 94, Foundry Trade Journal
119. *Ergebnisse der mechanische Regenerierung zementgebundener Formstoffe*, Jan 88, Krause, H. Lau, P. Pokrzywnicki, Giesserei technik
120. *Régénération thermique se sables à "vert" et chimique dans une fonderie italienne*, Sep 93, Fondateur Fonderie D'aujourd'hui
121. *Témoignage d'une PME équipée d'une régénération thermique: SOFOGIR*, Apr 94, Hommes et Fonderie
122. *Regeneratverwendbarkeit bei gemeinsamer thermischer Regenerierung verschiedener Kernaltsande*, Nov 93, Oehlerking, Giesserei
123. *The thermal reclamation of phenolic-ester cured bonded sands*, Nov 93, Busby, I Bailey, The Foundryman
124. *Möglichkeit und Grenzen bei der Regenerierung von Giessereialtsanden*, May 89, Weller, Giesserei
125. *Assured future for CO2 silicate moulding with Swan Foundry's new reclamation unit*, May 87, Foundry Trade Journal
126. *Thermal reclamation of furane sand*, Feb 92, Bailey, Foundry Trade Journal
127. *Evaluating an infrared reclaiming for clay-bonded sands*, Oct 91, Svoboda, M.J. Granlund, Modern Casting
128. *Belloi & Romagnoli "ECOGAL" Thermal Reclamation Plant for recovery of chemically bonded sands*, Sep 91, The Foundryman
129. *Régénération Thermo-mécanique des sables de fonderie Procédés "Sun Sand"*, Apr 92, Baudequin, Honoré, Figueras, Hommes et Fonderie
130. *La régénération électrique des sables de fonderie Sun Sand*, Mar 93, Baudequin, Mabilais, Hommes et Fonderie
131. *Récupération, réutilisation ou élimination des vieux sables de fonderies*, Ulmer, S. Ryser, Fondateur Fonderie D'aujourd'hui
132. *Etude de faisabilité de récupération de sables liés par combustion (gaz-oxygène)*, May 92, Fumagalli, Hommes et Fonderie

133. *Recyclage des sables de moulage -noyautage*, Mar 90, Rochier, Fondateur Fonderie D'aujourd'hui
134. *Récupération ou élimination des vieux sables de fonderie*, Apr 82, JP. Saujot, G. Ulmer, Fondateur Fonderie D'aujourd'hui
135. *Régénération Collective des sables en Europe*, Feb 94, Picourchon, Fondateur Fonderie D'aujourd'hui
136. *Régénération de sables et inertisation des poussières - Procédé Vapeur sous pression*, Nov 93, Schott, Hommes et Fonderie
137. *Regeneratie van furaanzand ; kwaliteit van het regeneraat*, Aug 88, Gielissen, H.W. Schut, Gietwerk Perspektief
138. *Aktuelle Anwendungstrends der Form- und Kernherstellverfahren; Altsand-regenerierung und Reststoffenentsorgung*, Oct 87, Weiss, U. Kleinheyer, Giesserei
139. *Beitrag zum einsatz und zum mechanisch regenerieren kunstharz- und wasserglas gebundener giessereisande*, Feb 94, Döpp, A. Alekassir, B. Xiao, Giesserei
140. *Grand Prix entreprise et environnement 1994*, May 94, Hommes et Fonderie
141. *Thermo-mechanische Regenerierung von Formstoffen mit einem Wasserglas-Ester-Bindersystem*, May 87, Ruzbehi, Giesserei
142. *Reclamation of Sodium Silicate bonded Sand*, Jan 85, Leidel, AFS Transactions
143. *Sodium Silicate Reclamation gets another try*, Sep 86, Granlund, Modern Casting
144. *The reclamation of sands bonded with alkaline phenolic resins*, Oct 86, Stevenson, The British Foundryman
145. *Reuse of reclaimed Phenolic Urethane Resin Bonded sand Mixtures*, Jan 87, Janagan, K. Cinnathambi, H. Roshan, AFS Transactions
146. *Reclamation of Ester Cured Nobake Sands*, Jan 88, Iyer, C. Johnson, AFS Transactions
147. *Thermomechanische Regenerierung von tongebundenem Altsand als auffrischungssand für die Formstoffaufbereitung*, Feb 87, Ruzbehi, Giesserei
148. *Reuse and reclamation of greensand*, Mar 89, Nicholas, Foundry Trade Journal
149. *Verslag van een seminar over "Mogelijkheden en grenzen bij de zandregeneratie"*, Aug 87, Gietwerk Perspektief
150. *Reclaiming of green sand to core quality*, Sep 83, Ruzbehi, D. S. Leidel, Modern Casting
151. *Sand Reclamation Equipment and Systems Review, Part 1*, Jul 85, Krohn, Modern Casting
152. *Regenerierung von Formstoffgemischen aus anorganisch und organisch gebundenen Systemen*, Jun 85, Krause, W. Conrad, E. Nielebock, Giesserei technik
153. *Entsorgung brennbarer Abfallstoffe aus der Regenerierung kunstharzgebundener Sande mit Hilfe des Kupolofens*, Mar 91, Kallsen, T. Hunecke, Giesserei
154. *Thermische Regenerierung von Giessereirestsande und inertisierung von Stäuben*, Feb 94, Franke, Giesserei
155. *Thermally Reclaiming Furan-Bonded Sands*, Jan 93, Bailey, Modern Casting
156. *Grundlagen zur Regenerierung von bentonitgebundenen Altsande aus Giesserei-nassgussanlagen und eisen verfahren*, Dec 94, Hofmann, Giesserei Praxis
157. *Ein- und mehrstufige Sandregenerieranlagen im Modulsystem - Anlagenkonzeption und Betriebsergebnisse*, Feb 92, Stutzmann, V. Godderidge, Giesserei
158. *Betriebserfahrungen mit der Regenerierung von Mischaltsanden und dem Einsatz des regenerats in der Kernfertigung*, Feb 92, Bauch, U. Dieterle, Giesserei
159. *Chemically bonded sand use and reclamation*, 1995, The Environmental Technology Best Practice Programme

160. *Handboek Milieuvergunningen, Metaalsmelterijen*, samsom
161. *Paris Convention for the prevention of marine pollution, sixth meeting of the group on industrial sectors*, 1994
162. *Dioxin- und Furanemissionen aus Schmelzanlagen in Eisen-, Temper- und Stahlgießereien*, 1996, UmweltBundesAmbt
163. *Werkboekmilieumaatregelen, Metaal- en elektrotechnische industrie*, 1998, VNG uitgeverij
164. *Project sectoriële bedrijfsafvalstoffen Rapido*, Gieterijen, 1994, STEM
165. *Studievoormiddag: Van Dioxines en PCB's naar Chemische Hygiëne*, 12 juni 1998, Technologisch Instituut VZW
166. *Literatuurstudie rond beste beschikbare technieken, beperking van dioxine emissies en van mogelijke emissiegrenswaarden voor industriële procesinstallaties*, juni 1998, Prof. Dr. ir. A. Buekens VUB, AMINAL
167. *Jaarlijkse nationale enquête*, 1998, Fabrimetal
168. *Cost effective management of Chemical binders in Foundries*, 1998, ETSU
169. *Dossier Nr. LD-388317.01, LD-329603, LD-343518, 95-R07051*, AMINAL afdeling Milieu-inspectie
170. *Reference Document on Best Available Techniques on the Production of Iron and Steel*, maart 2000, IPPC
171. *Reference Document on Best Available Techniques in the Non Ferrous metals Industries*, mei 2000, IPPC
172. *Beste Beschikbare Technieken voor de kleiverwerkende nijverheid* (p.146), 1999, Vlaams BBT-Kenniscentrum, Academia Press
173. *Foundry Greensand: use and reclamation*, Environmental Technology best Practice Programme, UK

LIJST DER AFKORTINGEN

AMINAL	Administratie voor Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer
BAT	Best Available Techniques
BBT	Beste Beschikbare Technieken
BIM	BedrijfsInterne Milieuzorg
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control
DMEA	DiMethylEthylAmine
NACE	Nomenclature générale des Activités économiques dans les Communautés Européennes
NIS	Nationaal Instituut voor de Statistiek
n.v.t.	niet van toepassing
OVAM	Openbare Afvalstoffenmaatschappij voor het Vlaamse Gewest
PAK	Poly Aromatische Koolwaterstoffen
TEA	TriEthylAmine
TEQ	ToxiciteitsEquivalentiehoeveelheden
TLV	Threshold Limit Value
tpu	ton per uur
Vito	Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek
Vlarebo	Vlaams Reglement betreffende de Bodemsanering
VMM	Vlaams Milieumaatschappij
VOS	Vluchtige Organische Stoffen
WTCM	Wetenschappelijk en Technisch Centrum van de Metaalverwerkende nijverheid

BIJLAGEN

OVERZICHT VAN DE BIJLAGEN

Bijlage 1: Adressen leden begeleidingscomité

Bijlage 2: Coördinaten Vlaamse gieterijen (1999)

Bijlage 3: Lijst van Vlaamse gieterijen en gebruikte gietlegeringen

Bijlage 4: Emissies van verschillende vormzandprocédés

Bijlage 5: Karakteristieken van smeltovens, emissiewaarden en reductietechnieken

Bijlage 6: Technische fiches kandidaat BBT

BIJLAGE 1: ADRESSEN VAN DE LEDEN VAN HET BEGELEIDINGSCOMITÉ

Kenniscentrum voor Beste Beschikbare Technieken

BBT-kenniscentrum
VITO
Boeretang 200
2400 MOL
tel: (014) 33 58 68
fax: (014) 32 11 85
e-mail: bbt@vito.be

Contactpersoon federatie België

Mevrouw Hilde Vermeulen
Agoria - Multisectorfederatie van de technologische industrie
August Reyerslaan 80
1030 BRUSSEL
tel.: (02) 706 78 21
fax: (02) 706 78 23

Contactpersonen bedrijven

De heer Ad Verkooijen
Dovre NV
Nijverheidsstraat 18
2381 WEELDE
tel.: (014) 65 91 91
fax.: (014) 65 90 09

De heer Guido Vandenbruwaene
Proferro NV
Polenlaan 3-7
8900 IEPER
tel. (057) 22 21 11
fax: (057) 22 20 01

Contactpersonen administraties/overheidsinstellingen

De heer Gabriel Van Der Stuyft
AMINAL
Milieuvergunningen
Graaf de Ferraris-gebouw
Koning Albert II-laan 20, bus 8
1000 BRUSSEL
tel.: (02) 553 80 57
fax: (02) 553 80 55

Mevrouw Martine Blondeel
AMINAL
Aminabel
Koning Albert II-laan 20, bus 8
1000 BRUSSEL
tel.: (02) 553 80 57
fax: (02) 553 80 55

De heer Paul Zeebroek
ANRE
Markiesstraat 1
1000 BRUSSEL
tel.: (02) 507 39 56
fax: (02) 507 44 38

De heer Peter Loncke
OVAM
Preventie en Recyclage
Kan. De Deckerstraat 22-26
2800 Mechelen
tel.: (015) 28 41 81
fax: (015) 20 32 75

Mevrouw Anne D'Haese
OVAM
Sturing afvalstromen
Kan. De Deckerstraat 22-26
2800 Mechelen
tel.: (015) 28 42 84
fax: (015) 20 32 75

Mevrouw Myriam Rosier
VMM
A. Van De Maelestraat 96
9320 EREMBODEGEM
tel.: (053) 72 66 24
fax: (053) 77 32 90

Expert

De heer Yves Veys
WTCM
Gieterijcentrum
Technologiepark 9
9000 GENT
tel.: (09) 264 56 99
fax: (09) 264 58 48

BIJLAGE 2: COÖRDINATEN VLAAMSE GIETERIJEN (WTCM 1999)

ADF
Koornbloemstraat 148
2610 Wilrijk

TEL: 03/8251921 *FAX:* 03/8278380
Alg. Dir.: P. Sloor *Personeel:* 42

AMBI-TIN, TINGIETERIJ

Wijkstraat 155
3700 Berg

TEL: 012/232435 *FAX:*
Alg. Dir.: *Personeel:* 2

BC

Kanaalkaai 6
3960 Bree

TEL: 014/472847 *FAX:* 011/472847
Alg. Dir.: *Personeel:* 10

BERTELOOT L. NV

Kazandstraat 55
8800 Beveren

TEL: 051/204773 *FAX:* 051/211179
Alg. Dir.: L. Berteloot *Personeel:* 19

BUYTAERT,GIETERIJ

Tweemontstraat 47
2100 Deurne

TEL: 03/3246329 *FAX:*
Alg. Dir.: *Personeel:* 1

CALMEYN,GIETERIJ

Beverse Steenweg 169
8800 Beveren

TEL: 051/200923 *FAX:*
Alg. Dir.: *Personeel:* 3

CLAEYS ALIDOR GIETERIJEN NV

Ruddervoordestraat 38
8210 Zedelgem

TEL: 050/209994 *FAX:* 050/201196
Alg. Dir.: R. Claeys *Personeel:* 85

CYRIEL JORISSEN PVBA, TINGIETERIJ

Hoger Opstraat 36
3700 Mal

TEL: 012/237418 *FAX:*
Alg. Dir.: *Personeel:* 5

D'HAESE, GIETERIJ

Victor Van Sandelaan 175
9230 Wetteren

TEL: 091/696230 *FAX:*
Alg. Dir.: *Personeel:*

ALUWIEL BVBA

John Kennedylaan 24
2520 Oelegem

TEL: 03/4750175 *FAX:* 03/4750173
Alg. Dir.: Everaert *Personeel:* 27

ART CASTING BVBA

Meersbloem 22
9700 Oudenaarde

TEL: 055/331134 *FAX:* 055/331121
Alg. Dir.: J. Norga *Personeel:* 4

BERGHMAN, GIETERIJ

Koornstraat 94
8800 Beveren

TEL: 051/201740 *FAX:*
Alg. Dir.: *Personeel:*

BLEYWEERT, TINGIETERIJ

Hasseltse Steenweg 300
3700 Berg

TEL: 012/233069 *FAX:*
Alg. Dir.: *Personeel:*

BY CAST NV

Kanaalweg 77
3980 Tessenderlo

TEL: 013/662651 *FAX:* 013/667353
Alg. Dir.: Vrancken *Personeel:* 36

CEYSENS,GIETERIJ

Hasseltsebaan 135
3940 Hechtel

TEL: 011/734528 *FAX:*
Alg. Dir.: Ceysens *Personeel:* 3

CLOCK-O-MATIC NV, KLOKKENGIETERIJ

Wijgmaalsesteenweg 168
3020 Herent

TEL: 016/220609 *FAX:* 016/204206
Alg. Directeur: *Personeel:*

D'EPPEGEM EMY PVBA, FONDERIE

Houtemstraat 74
1980 Eppegem

TEL: 015/611364 *FAX:*
Alg. Dir.: *Personeel:*

DE BLICK, KUNSTGIETERIJ

Dries 24
3380 Glabbeek (Zuurbemde)

TEL: 016/777921 *FAX:*
Alg. Dir.: *Personeel:*

DE BOECK & CIE, SCHROEVENGIETERIJ
 Vrijheidshoek
 2850 Boom
TEL: 03/8880072 *FAX:*
Alg. Dir.: *Personeel:*

DE GEYTER NV
 Bukestraat 48
 9620 Zottegem (Elene)
TEL: 09/3600483 *FAX:* 09/3603845
Alg. Dir.: *Personeel:* 11

DE ROUCK PVBA, IJZERGIEETERIJ
 Buke 45
 9620 Zottegem (Elene)
TEL: 091/600289 *FAX:*
Alg. Dir.: *Personeel:* 14

DE SWEEMER IJZER EN METAALGIETERIJ
 Industrielaan 38
 9900 Eeklo
TEL: 09/3771534 *FAX:* 09/3780688
Alg. Dir.: De Sweemer *Personeel:* 16

DEBAEDTS, GIETERIJ
 Victorialaan 69
 8400 Oostende
TEL: 059/321099 *FAX:* 059/321099
Alg. Dir.: *Personeel:* 4

DECLERCQ ETS, ALUMINIUMGIETERIJ NV
 Rijksweg 25 A
 8520 Kuurne
TEL: 056/714114 *FAX:* 056/718401
Alg. Dir.: *Personeel:* 8

DEREU GEBROEDERS PVBA, GIETERIJEN
 Westkerkestraat 165
 8480 Eernegem
TEL: 059/299147 *FAX:*
Alg. Dir.: Dereu *Personeel:* 6

DOVRE NV
 Nijverheidsstraat 18
 2381 Weelde
TEL: 014/659191 *FAX:* 014/659009
Alg. Dir.: L. Gehem *Personeel:* 137

FERROMATRIX NV
 Michel Van De Wielestraat 7
 8510 Marke
TEL: 056/243211 *FAX:* 056/243508
Alg. Dir.: Vandenbussche *Personeel:* 107

FRANCK, GIETERIJ
 Bredabaan 128
 2170 Merksem
TEL: 03/6453272 *FAX:*
Alg. Dir.: *Personeel:* 2

DE BOUTSFORT BVBA
 Geraardbergsestraat 171
 9660 Brakel
TEL: 055/421147 *FAX:*
Alg. Dir.: *Personeel:* 16

DE JONCKHEERE M. NV
 Lodewijk de Raetlaan 18
 8870 Izegem
TEL: 051/317320 *FAX:* 051/317602
Alg. Dir.: Rik De J. *Personeel:* 46

DE SUTTER, KUNSTGIETERIJ
 Edingensesteenweg 195
 1500 Halle
TEL: 02/3563196 *FAX:*
Alg. Dir.: *Personeel:*

DE WAELE, GIETERIJ
 Deerlijksteenweg 13
 8530 Harelbeke
TEL: *FAX:*
Alg. Dir.: *Personeel:* 9

DECLERCK PVBA, GIETERIJ
 Zandbergstraat 38
 8530 Harelbeke
TEL: 056/702511 *FAX:*
Alg. Dir.: *Personeel:* 4

DECLOEDT-DECOV
 Koning Albertstraat 173
 8210 Veldegem
TEL: 050/279389 *FAX:* 050/275107
Alg. Dir.: Allemeersch *Personeel:* 22

DESBECK E. FONDERIES SA
 Steenweg op Overijse 74
 1560 Hoeilaart
TEL: 02/6571201 *FAX:* 02/6573600
Alg. Dir.: Y. Desbeck *Personeel:* 29

FERRO BVBA
 Sint-Elooistraat 10
 9820 Lemberge
TEL: 091/629777 *FAX:*
Alg. Dir.: *Personeel:*

FONDATEL NV
 Lorengstraat 6
 1540 Herne
TEL: 02/3962395 *FAX:* 02/3962306
Alg. Dir.: L. Bauwens *Personeel:* 82

FRANCOIS, TINGIETERIJ BVBA
 Industrieweg 22
 3700 Diets-Heur
TEL: 012/230190 *FAX:* 012/262256
Alg. Dir.: *Personeel:* 7

GENKER METAALWERKEN

Gieterijstraat 137

3600 Genk

TEL: 011/382933*FAX:**Alg. Dir.:**Personeel:*

GVR CASTINGS BELGIUM NV

Oostnieuwkerkesteenweg 116-120

8800 Roeselare

TEL: 051/241144*FAX:* 051/229737*Alg. Dir.:* R. Vuylsteke*Personeel:* 5

HASSAL NV

Albertkanaalstraat 125

3500 Hasselt

TEL: 011/251781*FAX:* 011/871581*Alg. Dir.:* M. Bijmens*Personeel:* 8

HAYES LEMMERZ BELGIE NV

Lage Weg 392

2660 Hoboken

TEL: 03/8298211*FAX:* 03/8298235*Alg. Dir.:* G. Dallera*Personeel:* 669

HONDA FOUNDRY BELGIUM

Wijngaardveld 40

9300 Aalst

TEL: 053/710110*FAX:* 053/214782*Alg. Dir.:* Termonia*Personeel:* 44

KUNSTGIETERIJ VAN RANSBEEK

Pastoriestraat 29

2550 Waarloos

TEL: 015/317312*FAX:**Alg. Dir.:**Personeel:*

LANDUYT,ALUMINIUMGIETERIJ PVBA

Kortrijksestraat 213

8501 Heule

TEL: 056/355264*FAX:**Alg. Dir.:**Personeel:* 3

MAQ-PON bvba

Industrielaan 22

3730 Hoeselt

TEL: 089/416217*FAX:* 089/418953*Alg. Dir.:**Personeel:* 7

MARTIN,FIRMA NV

Mandelstraat 74

8870 Izegem

TEL: 051/314444*FAX:* 051/312474*Alg. Dir.:* Y. Martin*Personeel:* 35

MERIDIAAN, KLOKKENGIETERIJ

Bruggestraat 574

8930 Menen

TEL: 056/511212*FAX:**Alg. Dir.:**Personeel:*

GIESEN, METAALGIETERIJ NV

Lage Weg 390

2660 Antwerpen

TEL: 03/8298311*FAX:* 03/8298330*Alg. Dir.:* J. De Ridder*Personeel:* 250

HAESEN TIN

Harenstraat 48

3840 Borgloon

TEL: 012/743373*FAX:**Alg. Dir.:**Personeel:*

HASSELT TIN

St. Truidersteenweg 283

3500 Hasselt

TEL: 011/270477*FAX:* 011/281216*Alg. Dir.:**Personeel:* 7

HERMANS-VERVOORT, GIETERIJ

Heidestraat 49

3550 Zolder

TEL: 011/499702*FAX:**Alg. Dir.:**Personeel:*

KUNSTBRONSGIETERIJ CVBA

Melkerijstraat 24

9850 Hansbeke

TEL: 09/3717655*FAX:* 09/3717655*Alg. Dir.:**Personeel:* 7

LAMBERT-DHONDT

Zonder Naamstraat 38

9042 Desteldonk

TEL: 091/236927*FAX:**Alg. Dir.:**Personeel:* 4

MAES CONSTANT BVBA, GIETERIJEN

Lilsedijk 15

2340 Beerse

TEL: 014/611349*FAX:* 014/616699*Alg. Dir.:* C. Maes*Personeel:* 23

MARENCO CASTING NV

Turnhoutsebaan 209

2970 Schilde

TEL: 03/3841060*FAX:**Alg. Dir.:**Personeel:*

MELIS NV, AFD. GIETERIJ

Fred. Burvenichstraat 138

9050 Gentbrugge

TEL: 09/2304846*FAX:* 09/2316668*Alg. Dir.:**Personeel:* 7

METAKOR NV, AFD. GIETERIJ

Industrielaan 8

8501 Heule

TEL: 056/355761*FAX:* 056/355770*Alg. Dir.:* P. Jacobs*Personeel:* 84

MICHIELS, KLOKKENGIETERIJ

Korenmarkt 6
2800 Mechelen

TEL: 015/421296

FAX:

Alg. Dir.:

Personeel:

NEWCO TECHNOMET NV

Biezeweg 9, Kwatrecht Zone
9230 Wetteren

TEL: 09/2521845

FAX: 09/2522184

Alg. Dir.: Van London

Personeel: 46

No-Leak

Industrieweg 8
2280 Grobbendonk

TEL: 014/511629

FAX: 014/514003

Alg. Dir.: J. Kerkhofs

Personeel: 35

PATERNOSTER ANCIENNES FONDERIES

Vaucampsiaan 40
1654 Huizingen

TEL: 02/3565531

FAX: 02/3568628

Alg. Dir.:

Personeel: 15

PHLYPO, GIETERIJ

Gieterijstraat 13
8800 Beveren

TEL: 051/200171

FAX:

Alg. Dir.:

Personeel: 2

PROTEUS NV

Stasegemse Steenweg 110 E
8500 Kortrijk

TEL: 056/202390

FAX: 056/203693

Alg. Dir.:

Personeel:

RASKINE, GIETERIJ

Industriezone
3840 Borgloon

TEL: 012/744569

FAX:

Alg. Dir.:

Personeel:

RISKIN TININDUSTRIE NV

Neremstraat 240
3700 Tongeren

TEL: 012/390570

FAX: 012/390571

Alg. Dir.: J. Riskin

Personeel: 85

SCHELLYNCK, GIETERIJ

Bredestraat 136
9042 Mendonk

TEL: 091/510685

FAX:

Alg. Dir.:

Personeel:

SINT-ANDRIES NV, GIETERIJ

Pastoriestraat 22
9620 Zottegem (Elene)

TEL: 091/600663

FAX:

Alg. Dir.:

Personeel:

MONTEFIORE SA

Heideveld 52
1654 Huizingen

TEL: 02/3563870

FAX: 02/3600470

Alg. Dir.: J.L. Masse

Personeel: 47

NEWELL - ALLARD N.V.

Veedijk 51
2300 Turnhout

TEL: 014/421111

FAX: 014/425200

Alg. Dir.: J. Dijckmans

Personeel: 88

OMCO Metals Division

Industriepark Zwaarveld
9220 Hamme

TEL: 052/473400

FAX: 052/471790

Alg. Dir.: F. De Mey

Personeel: 70

PEDEO NV

Westerring 25
9700 Oudenaarde

TEL: 055/335880

FAX: 055/335890

Alg. Dir.: P. D'haeyer

Personeel: 80

PROFERRO NV

Polenlaan 3-7
8900 Ieper

TEL: 057/222111

FAX: 057/222001

Alg. Dir.: D. Todolidis

Personeel: 322

QUINCALUX, ETABLISSEMENT NV

Industriepark Zuid, Kouterstraat 7
8560 Wevelgem

TEL: 056/417195

FAX: 056/413111

Alg. Dir.: L. Desschans

Personeel: 23

RISKIN NV, GIETERIJEN

Luikersteenweg 579
3700 Tongeren

TEL: 012/390970

FAX: 012/390971

Alg. Dir.: L. Loyens

Personeel: 28

ROBIJN GEBROEDERS NV

Passtraat 125 / Europark ND. 47
9100 Sint-Niklaas

TEL: 03/7761564

FAX: 03/7765466

Alg. Dir.: Robijn

Personeel: 15

SCHUERMANS & VANDUNNEGEM PVBA

Antwerpsesteenweg 34
2940 Hoevenen

TEL: 03/6642753

FAX: 03/6050275

Alg. Dir.:

Personeel: 35

SMULDERS H & H NV

Cronjestraat 24
2140 Borgerhout

TEL: 03/2363524

FAX:

Alg. Dir.:

Personeel: 2

SOBINCO NV
Waregemstraat 5
9870 Zulte
TEL: 09/3888770 *FAX:* 09/3888821
Alg. Dir.: *Personeel:* 48

STUER PVBA, KOKIL
Nieuwstraat 49
2370 Arendonk
TEL: 03/7705402 *FAX:*
Alg. Dir.: *Personeel:* 3

TASSIGNON, GIETERIJ
Fonteinstraat 16 B
1502 Lembeek
TEL: 02/3563602 *FAX:*
Alg. Dir.: Y. Tassignon *Personeel:* 7

TOURNE ALUMINIUM PRODUCTS NV
Industrieweg 12
3620 Lanaken
TEL: 089/722996 *FAX:* 089/722995
Alg. Dir.: *Personeel:* 7

VAN DEN BROEK, GIETERIJ
Tervurensteenweg 137
2590 Berlaar
TEL: 015/614576 *FAX:*
Alg. Dir.: Van den Broek *Personeel:* 1

VAN HULLEBUS, AL-GIETERIJ BVBA
Passendalestraat 10
8980 Zandvoorde
TEL: 051/778630 *FAX:*
Alg. Dir.: *Personeel:* 3

VUYLSTEKE GEBROEDERS NV, GIETERIJ
Oostnieuwkerke 116
8800 Roeselare
TEL: 051/241408 *FAX:* 051/229737
Alg. Dir.: Vuylsteke *Personeel:* 123

ST.-LAMBERT TINCENTRALE BVBA
Gasthuisbosdreef 25
3700 Tongeren
TEL: 012/234781 *FAX:* 012/263129
Alg. Dir.: *Personeel:* 9

TACK, GIETERIJ
Polenstraat 7
9940 Sleidinge
TEL: 091/573025 *FAX:*
Alg. Dir.: *Personeel:*

THIJS GIETERIJ BVBA
Binnenweg 263
2570 Duffel
TEL: 03/4892172 *FAX:* 03/4891085
Alg. Dir.: *Personeel:* 15

V.F.M., NV VERK. & FABR. V. METAALPROD.
Fabriekstraat 15
3800 St. Truiden
TEL: 011/682338 *FAX:* 011/673395
Alg. Dir.: J. Driesmans *Personeel:* 39

VAN DIEST, GIETERIJEN NV
Nijverheidslaan 1 A
3290 Diest
TEL: 013/311148 *FAX:* 013/335949
Alg. Dir.: Van Diest *Personeel:* 19

VAN PANTHEGEM BVBA
Kortrijkse Heerweg 80
8540 Deerlijk
TEL: 056/712901 *FAX:*
Alg. Dir.: *Personeel:*

WILMA GIETERIJ PVBA
Kasteelstraat 98
9620 Zottegem
TEL: 09/3600301 *FAX:*
Alg. Dir.: *Personeel:* 9

BIJLAGE 3: LIJST VAN VLAAMSE GIETERIJEN EN GEBRUIK- TE GIETLEGERINGEN (WTCM 1999)

Bedrijf	Giet- staal	Gietijzer			AL	Cu	Zn	Sn
		grijs	nod.	ander				
ADF		x	x		x			
ALUWIEL BVBA					x			
AMBI-TIN, TINGIETERIJ								x
ART CASTING BVBA						x		
BC					x			
BERGHMAN, GIETERIJ								
BERTELOOT L. NV						x		
BLEYWEERT, TINGIETERIJ								x
BUYTAERT, GIETERIJ								
BY CAST NV		x						
CALMEYN, GIETERIJ								
CEYSENS, GIETERIJ								
CLAEYS ALIDOR GIETERIJEN NV		x	x	x				
CLOCK-O-MATIC NV, KLOKKENGIETERIJ								
CYRIEL JORISSEN PVBA, TINGIETERIJ								
DE BLICK, KUNSTGIETERIJ								
DE BOECK & CIE, SCHROEVENGIETERIJ								
DE BOUTSFORT BVBA								x
DE GEYTER NV					x			
DE JONCKHEERE M. NV								
DE ROUCK PVBA, IJZERGIEETERIJ		x						
DE SUTTER, KUNSTGIETERIJ								
DE SWEEMER IJZER- METAALGIETERIJ		x	x	x	x	x		
DE WAELE, GIETERIJ		x						
DEBAEDTS, GIETERIJ		x				x		
DECLERCK PVBA, GIETERIJ		x			x			
DECLERCQ ETS., ALUMINIUMGIETERIJ NV					x			
DECLOEDT-DECOV		x						
D'EPPEGEM EMY PVBA, FONDERIE								
DEREU GEBROEDERS PVBA, GIETERIJEN		x						
DESBECK E. FONDERIES SA		x	x	x				
D'HAESE, GIETERIJ								
DOVRE NV		x	x	x				
FERRO BVBA								
FERROMATRIX NV	x	x	x	x				
FONDATEL NV		x	x					
FRANCK, GIETERIJ								
FRANCOIS, TINGIETERIJ BVBA								x
GENKER METAALWERKEN								
GIESEN, METAALGIETERIJ NV					x			
GVR CASTINGS BELGIUM NV		x	x					
HAESSEN TIN								x
HASSAL NV					x			
HASSELT TIN								x
HAYES LEMMERZ BELGIE NV					x			
HERMANS-VERVOORT, GIETERIJ								
HONDA FOUNDRY BELGIUM					x			
KUNSTBRONSGIETERIJ CVBA		x			x	x		x
KUNSTGIETERIJ VAN RANSBEEK								
LAMBERT-DHONDT								

Bedrijf	Giet- staal	Gietijzer			AL	Cu	Zn	Sn
		grijs	nod.	ander				
LANDUYT, ALUMINIUMGIETERIJ PVBA					x			
MAES CONSTANT BVBA, GIETERIJEN		x	x					
MAQ-PON bvba								x
MARENCO CASTING NV								
MARTIN, FIRMA NV		x						
MELIS NV, AFD. GIETERIJ						x		
MERIDIAAN, KLOKKENGIETERIJ								
METAKOR NV, AFD. GIETERIJ					x		x	
MICHELIS, KLOKKENGIETERIJ								
MONTEFIORE SA	x			x		x		
NEWCO TECHNOMET NV	x	x	x					
NEWELL - ALLARD NV	x	x	x	x				
No-Leak						x		
OMCO Metals Division		x	x	x				
PATERNOSTER ANCIENNES FONDERIES		x			x			
PEDEO NV					x		x	
PHLYPO, GIETERIJ								
PROFERRO NV		x	x					
PROTEUS NV								
QUINCALUX, ETABLISSEMENT NV					x	x		
RASKINE, GIETERIJ								
RISKIN NV, GIETERIJ					x		x	
RISKIN TININDUSTRIE NV								x
ROBIJN GEBROEDERS NV		x	x					
SHELLYNCK, GIETERIJ								
SCHUERMANS & VANDUNNEGEM PVBA					x	x		
SINT-ANDRIES NV, GIETERIJ								
SMULDERS H & H NV								
SOBINCO NV					x	x	x	
ST.-LAMBERT TINCENTRALE BVBA								x
STUER PVBA, KOKIL								
TACK, GIETERIJ BVBA								
TASSIGNON, GIETERIJ					x	x		
THIJS GIETERIJ BVBA					x	x		
TOURNE ALUMINIUM PRODUCTS NV					x			
VFM	x							
VAN DEN BROEK, GIETERIJ								
VAN DIEST, GIETERIJEN NV					x			
VAN HULLEBUS, AL-GIETERIJ BVBA					x			
VAN PANTHEGEM BVBA								
VUYLSTEKE GEBROEDERS NV, GIETERIJ		x	x					
WILMA GIETERIJ PVBA		x						

BIJLAGE 4: EMISSIES VAN VERSCHILLENDE VORMZAND-PROCÉDÉS (WTCM 1999)

Procédé	TLV (ppm)	TLV (mg/Nm ³)	Bentonietgebonden zand			
			mengen	vormen	opslag	gieten / koelen
formaldehyde	1	1,2				
methanol	200	260				
furfurylalcohol	10	40				
alcoholen	10	40				
furfural	5	20				
fenol	5	19				
cresol	5	22				
benzeen	10	30				x
tolueen	100	375				x
xyleen	100	435				x
andere kws						x
CO	50	55				x
SO ₂	2	5				
H ₂ S	10	15				
HCN	10	10				
stikstofperoxide	3	6				
ammoniak	25	18				
triethylamine	10	40				
dimethylethylamine	25	75				
amines						
methylformiaat	100	250				
difenylmethaan isocyanaat	0,02	0,2				
onbekende pyrolyseproducten			x			x
fosfeen	0,3	0,4				
arsine	0,05	0,2				
pyridine	5	15				

Procédé	Silicaat				Fenol			
	mengen	vormen	opslag	gieten / koelen	mengen	vormen	opslag	gieten / koelen
formaldehyde					x	x	x	x
methanol								
furfurylalcool								
alcoholen								
furfural								
fenol					x	x	x	x
cresol								x
benzeen								x
tolueen								x
xyleen								
andere kws								x
CO				x				x
SO ₂					x	x	x	x
H ₂ S								x
HCN								
stikstofperoxide								
ammoniak								
triethylamine								
dimethylethylamine								
amines								
methylformiaat								
difenylmethaan isocyanaat								
onbekende pyrolyse producten				x				x
fosfeen								
arsine								
pyridine								

Procédé	Furaan				Polyurethaan			
	mengen	vormen	opslag	gieten / koelen	mengen	vormen	opslag	gieten / koelen
formaldehyde	x	x	x	x				x
methanol								
furfurylalcohol	x	x	x	x				
alcoholen								
furfural	x	x		x				
fenol					x			x
cresol								
benzeen				x				x
tolueen	x	x		x				
xyleen								
andere kws	x	x		x	x	x	x	x
CO				x				x
SO ₂				x				
H ₂ S				x				
HCN								
stikstofperoxide				x				
ammoniak	x	x		x				x
triethylamine						x	x	
dimethylethylamine						x	x	
amines						x	x	
methylformiaat								
difenylmethaan isocyanaat								x
onbekende pyrolyse producten				x				x
fosfeen								
arsine								
pyridine								

Procédé	Croning				Hot Box (fenol)			
	mengen	vormen	opslag	gieten / koelen	mengen	vormen	opslag	gieten / koelen
formaldehyde	x	x	x	x	x	x	x	x
methanol	x	x						
furfurylalcohol								
alcoholen	x	x						
furfural								
fenol	x	x	x	x	x	x	x	x
cresol	x	x	x	x				
benzeen				x				x
tolueen				x				
xyleen								
andere kws		x		x		x	x	x
CO		x		x				x
SO ₂								
H ₂ S								
HCN		x		x				x
stikstofperoxide						x		x
ammoniak	x	x	x	x		x	x	x
triethylamine								
dimethylethylamine								
amines								
methylformiaat								
difenylmethaan isocyanaat								
onbekende pyrolyse producten				x				x
fosfeen								
arsine								
pyridine								

Procédé	Hot Box (furaan)				SO ₂			
	mengen	vormen	opslag	gieten / koelen	mengen	vormen	opslag	gieten / koelen
formaldehyde	x	x	x	x	x			x
methanol								
furfurylalcool	x	x	x	x	x	x		x
alcoholen								
furfural								
fenol								x
cresol								
benzeen								x
tolueen								x
xyleen								x
andere kws		x	x	x	x			
CO				x			x	
SO ₂						x	x	x
H ₂ S								
HCN				x				
stikstofperoxide		x		x				
ammoniak		x	x	x				
triethylamine								
dimethylethylamine								
amines								
methylformiaat								
difenylmethaan isocyanaat								
onbekende pyrolyse producten				x				x
fosfeen								
arsine								
pyridine								

Procédé	Silicaat				Fenol			
	mengen	vormen	opslag	gieten / koelen	mengen	vormen	opslag	gieten / koelen
formaldehyde	x	x	x	x				x
methanol		x						
furfurylalcohol								
alcoholen								
furfural								
fenol	x		x		x			x
cresol								
benzeen			x					x
tolueen								
xyleen								
andere kws					x	x	x	x
CO			x					x
SO ₂								
H ₂ S								
HCN								
stikstofperoxide								
ammoniak								x
triethylamine						x	x	
dimethylethylamine						x	x	
amines						x	x	
methylformiaat		x	x					
difenylmethaan isocyanaat								x
onbekende pyrolyse producten								x
fosfeen								
arsine								
pyridine								

BIJLAGE 5: KARAKTERISTIEKEN VAN SMELTOVENS, EMIS- SIEWAARDEN EN REDUCTIETECHNIEKEN (WTCM 1999)

Vergelijking van filtertechnieken

Filtertechniek	investering ¹²¹ (BEF/Nm ³)	energieverbruik (kW/1000 Nm ³)
doekfilter	100 - 200	1 - 3
natte afscheider	60 - 200	1 - 3
biofilter	300 - 400	

Reductietechnieken

Reductie- ¹²² technieken	Droge systemen		Natte systemen	
	multicycloon	doekfilter	venturi	disintegrator
restconcentratie ¹²³	100 - 200 mg/Nm ³	< 20 mg/Nm ³ ¹²⁴	50 - 150 mg/Nm ³	50 - 150 mg/Nm ³
investeringskost	laag	hoog	laag	middel
energieconsumptie	laag	laag - middel	hoog	hoog
voordelen			deels SO ₂ -vang	installatie compact
nadelen	verminderde eff. bij verstoord stroomptraan (aangehecht stof in aanzuigleiding)	brandgevaar; groot volume; verstopping bij condensatie	nat slib; waterbehandeling noodzakelijk; verminderde wer- king met stijgende ouderdom	hoog energiever- bruik en afnemen- de werking; nat slib; waterbehandeling

¹²¹ zonder toevoerleidingen

¹²² samenvatting

¹²³ ervaringswaarden in de gieterij die kunnen behaald worden over de gehele leeftijd van de installatie

¹²⁴ voorbeeld: koepelovenrookgassen beladen met 10 g stof/Nm³ en gereinigd worden tot 20 mg/Nm³ betekent een afscheidingsrendement van 99,9998 %.

Proces	Staal			Gietijzer						
Type	VLAMBOOGOVEN		INDUCTIE.	INDUCTIE.	KOEPELOVEN					TROMMEL.
Subtype	Zuur bekleed	Basisch bekleed	Kroes	Kroes	Koude wind	Warme wind	Lange campagne	Cokesloos	Cokesloos - duplex	
Energiebron	elektriciteit	elektriciteit	elektriciteit	elektriciteit	cokes	cokes	cokes	gas/fuel	gas/fuel	gas/fuel
Thermisch rendement ¹²⁵ (%)	60-70	60-70	50-60	50-60	25-35	40-45	35-40	35-45	50-55	50-60
Primair thermisch rendement ¹²⁶ (%)	21-25	21-25	15-20	15-20	25-35	40-45	35-40	35-45	45-50	35-45 ¹²⁷
kWh/ton Fe	500-800	500-800	600-750	600-750	950-1200	800-900	950-1100	850-1100	700-800	600-800
Batch/continu	batch	batch	batch	batch	continu	continu	continu	continu	continu	batch
Productie ¹²⁸ (ton/h)					<10	>5	>10	<5	>5	
Ovencapaciteit (ton)	2-50	2-50	0,01-30	0,01-30						1-20
Smelttijd (hr)	1-4	1-4	1-2	1-2						2-4
Smeltzuivering	mogelijk	mogelijk	neen	neen	ja	ja	ja	neen	neen	neen
Investerings kost	hoog	hoog	hoog	hoog	laag	hoog	hoog	hoog	hoog	laag

¹²⁵ indicatieve waarden, verschillen sterk met operationele condities zoals taptemperatuur, oveninhoud en productie

¹²⁶ rendement elektriciteits-opwekking ondersteld op 35 %

¹²⁷ energieverbruik voor zuurstofproductie inclusief

¹²⁸ enkel voor continue processen

Proces	Staal			Gietijzer						
Type	VLAMBOOGGOVEN		INDUCTIE.	INDUCTIE.	KOEPELOVEN					TROMMEL.
Subtype	Zuur bekleed	Basisch bekleed	Kroes	Kroes	Koude wind	Warme wind	Lange campagne	Cokesloos	Cokesloos - duplex	
Stof emissie ¹²⁹ (kg/ton Fe)	5-8		0,06-1		5-13	4-12		0,8		0,9-1,5
Rookgas ¹³⁰ emissie (kg/ton Fe)										
CO ₂ ¹³¹	afh. van electriciteitsopwekking		afh. van electriciteitsopwekking		380-500	280-420		120-170		120
CO	7,5-25 (desoxidatie)		-		mogelijk ¹³²	mogelijk ⁴		-		-
SO ₂	minimaal		minimaal		<1	<1		afh. van brandstof		afh.v brandstof
NO _x	geen data									

¹²⁹literatuurwaarden

¹³⁰literatuurwaarden

¹³¹bij complete verbranding

¹³²functie van lokale operationele voorwaarden en constructie

BIJLAGE 6 : EMISSIEGEGEVENS OVER GIETERIJEN (BRON 162 EN 169)

Gegevens over emissies van dioxines en PAK's naar de atmosfeer zijn afkomstig van metingen over 3-4 dagen met telkens een bemonsteringsperiode van ± 6 uur per dag. Gegevens over de emissie van SO₂, NO_x, CO en KWS werden bekomen door metingen met een bemonsteringsperiode van ± 25 min. per dag. Van de slakken en vliegassen werden op regelmatige tijdstippen per dag monsters genomen, die op het einde van de dag werden gemengd tot één staal per fractie.

Op deze manier werden gegevens verzameld van 3 KW koepelovens, 3 WW koepelovens en 1 draaitrommeloven, welke hieronder worden weergegeven.

KW koepeloven (1) (1992) ingesmolten legering: gietijzer bedrijfsuren: 1.300 u/jaar*	Dag1	Dag2	Dag3
gasdebiet (Nm ³ /u)	17.801	16.235	18.100
capaciteit (ton/u)	6-7	6-7	6-7
GAS			
SO ₂ (mg/Nm ³)	156	176	189
NO _x (mg/Nm ³)	21	26	25
CO(mg/Nm ³)	-	12.368	11.411
KWS(mg/Nm ³)	18	25	23
Dioxines (ngTEQ/Nm ³)	0,531	0,309	0,696
STOF			
Dioxines (µgTEQ/kg droge stof)	2,25	6,69	5,62

(1) met voorgeschakelde cycloon
en doekfilter

KW koepeloven (2) (1992) ingesmolten legering: gietijzer bedrijfsuren: 816 u/jaar*	Dag1	Dag2	Dag3
gasdebiet (Nm ³ /u)	15.680	13.467	13.876
capaciteit (ton/u)	4-5	4-5	4-5
GAS			
SO ₂ (mg/Nm ³)	217	237	227
NO _x (mg/Nm ³)	24	34	35
CO(mg/Nm ³)	20.337	19.041	17.555
KWS(mg/Nm ³)	7	8	6
stof (mg/Nm ³)	2	4	3
Dioxines (ngTEQ/Nm ³)	0,0649	0,0961	0,0951
STOF			
Dioxines (µgTEQ/kg droge stof)	1,157	1,02	0,697

(2) met doekfilter

* Over het werkelijk aantal bedrijfsuren is echter geen enkele controle

KW koepeloven (3) (1999) ingesmolten legering: gietijzer bedrijfsuren: 1.620 u/jaar*	Dag1	Dag2	Dag3
gasdebiet (Nm ³ /u)	27.100	29.700	26.100
capaciteit (ton/u)	6		
GAS			
SO ₂ (mg/Nm ³)	147	147	135
NO _x (mg/Nm ³)	21	15,6	22
CO(mg/Nm ³)	4400	2.600	2.200
KWS(mg/Nm ³)	56	6,9	<5
HCl(mg/Nm ³)	0,6	7	10,4
HF(mg/Nm ³)	2,5	6,4	13,1
stof(mg/Nm ³)	1,4	1,6	1,6
Kwik(mg/Nm ³)	0,0022	0,0024	0,0018
Cadmium(mg/Nm ³)	0,0013	0,0012	0,0009
Thallium(mg/Nm ³)	0,0086	0,0088	0,0056
Arseen(mg/Nm ³)	0,0108	0,0109	0,0087
Nikkel(mg/Nm ³)	0,006	0,0009	0,0006
Cobalt(mg/Nm ³)	0,0009	0,0009	0,0006
Lood(mg/Nm ³)	0,0071	0,0069	0,0089
Chroom(mg/Nm ³)	0,0017	0,0009	0,0006
Koper(mg/Nm ³)	0,0026	0,0009	0,0011
Mangaan(mg/Nm ³)	0,0078	0,0053	0,0039
Antimoon(mg/Nm ³)	0,0138	0,0095	0,0072
Vanadium(mg/Nm ³)	0,0035	0,0044	0,0028
Tin(mg/Nm ³)	0,0077	0,0077	0,0043
Seleen(mg/Nm ³)	0,0077	0,0077	0,0043
Platina(mg/Nm ³)	0,0077	0,0077	0,0043
Palladium(mg/Nm ³)	0,0086	0,0088	0,0056
Rhodium(mg/Nm ³)	0,0108	0,0109	0,0087
Zink(mg/Nm ³)	0,3	0,097	0,085
Ijzer(mg/Nm ³)	0,22	0,186	0,113
chloor(mg/Nm ³)	0,55	0,83	0,63
Dioxines (ngTEQ/Nm ³)	5,1	4,2	0,127
PAK's (µg/Nm ³)			
Naftaleen	81	3,3	0,32
Fenanthreen	60	5,5	0,32
Anthraceen	6,9	0,28	0,32
Fluorantheen	11,7	2,9	0,32
Pyreen	10,4	1,14	0,32
Benzo(a)anthraceen	2,5	1,11	0,32
Chryseen	3,5	3,1	0,32
Benzo(a)fluorantheen	6,5	7	0,32
Benzo(b)+(k)fluorantheen	0,32	0,28	0,32
Benzo(a)pyreen	0,32	0,28	0,32
Benzo(e)pyreen	0,32	0,28	0,32
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	0,32	0,28	0,32
Dibenzo(a,h)+(a,c)anthraceen	0,32	0,28	0,32

* Over het werkelijk aantal bedrijfsuren is echter geen enkele controle

Benzo(g,h,i)peryleen	1,31	1,58	0,32
Peryleen	0,32	0,28	0,32
Anthanthreen	0,32	0,28	0,32
VLIEGASSEN			
Kwik(mg/kg droge stof)	0,56	0,32	1
Cadmium(mg/kg droge stof)	21	18	9,7
Thallium(mg/kg droge stof)	10	10	10
Arseen(mg/kg droge stof)	44	43	36
Nikkel(mg/kg droge stof)	240	190	160
Cobalt(mg/kg droge stof)	35	31	31
Lood(mg/kg droge stof)	2400	1600	910
Chroom(mg/kg droge stof)	320	270	250
Koper(mg/kg droge stof)	770	258	480
Mangaan(mg/kg droge stof)	3500	3400	3100
Antimoon(mg/kg droge stof)	58	52	34
Vanadium(mg/kg droge stof)	84	83	88
Tin(mg/kg droge stof)	290	250	180
Seleen(mg/kg droge stof)	10	10	10
Platina(mg/kg droge stof)	10	10	10
Palladium(mg/kg droge stof)	10	10	10
Rhodium(mg/kg droge stof)	10	10	10
Zink(mg/kg droge stof)	5200	3900	2400
Ijzer(mg/kg droge stof)	110000	100000	93000

(3) met doekfilter en
naverbrander

WW koepeloven (4) (1994) ingesmolten legering: gietijzer	Dag1	Dag2	Dag3	Dag4
gasdebiet (Nm ³ /u)	22.600	22.350	28.900	29.300
capaciteit (ton/u)	17,12	17,12	18,16	18,16
GAS				
SO ₂ (mg/Nm ³)	84	96	96	72
NO _x (mg/Nm ³)	92	110	102	86
CO(mg/Nm ³)	13	14	13	15
HCl(mg/Nm ³)	5	17,1	28	28,8
HF(mg/Nm ³)	3,6	2,8	3,4	6,4

(4) met doekfilter

WW koepeloven (5) (1997) ingesmolten legering:	Dag1	Dag2	Dag3
--	------	------	------

motorenschroot, shreddermateriaal, afbraakijzer bedrijfsuren: 1.870 u/jaar*			
gasdebiet (Nm ³ /u)	32.600	29.500	32.900
capaciteit (ton/u)	18-24		
GAS			
SO ₂ (mg/Nm ³)	28	16,2	17,6
NO _x (mg/Nm ³)	38	33	42
CO(mg/Nm ³)	2100	550	102
KWS(mg/Nm ³)	19,9	8,2	<5
HCl(mg/Nm ³)	6,2	25	13,4
HF(mg/Nm ³)	0,7	2	1,4
stof(mg/Nm ³)	1,2	1	1,1
Kwik(mg/Nm ³)	0,0006	0,0002	0,0002
Cadmium(mg/Nm ³)	0,0007	0,0006	0,0007
Thallium(mg/Nm ³)	0,0062	0,005	0,0055
Arseen(mg/Nm ³)	0,0074	0,005	0,0061
Nikkel(mg/Nm ³)	0,0006	0,0005	0,0006
Cobalt(mg/Nm ³)	0,0006	0,0005	0,0006
Lood(mg/Nm ³)	0,0129	0,0086	0,0073
Chroom(mg/Nm ³)	0,0006	0,001	0,0011
Koper(mg/Nm ³)	0,0006	0,0005	0,0006
Mangaan(mg/Nm ³)	0,0012	0,001	0,0011
Antimoon(mg/Nm ³)	0,0074	0,006	0,0066
Vanadium(mg/Nm ³)	0,0006	0,005	0,0006
Tin(mg/Nm ³)	0,0062	0,005	0,0055
Seleen(mg/Nm ³)	0,0091	0,0069	0,0066
Platina(mg/Nm ³)	0,0062	0,005	0,0055
Palladium(mg/Nm ³)	0,0062	0,005	0,0055
Rhodium(mg/Nm ³)	0,0062	0,005	0,0055
Zink(mg/Nm ³)	0,008	0,004	0,005
Ijzer(mg/Nm ³)	0,058	0,05	0,04
chloor(mg/Nm ³)	0,5	0,5	0,5
Dioxines (ngTEQ/Nm ³)	3	4,4	1,88
PAK's (µg/Nm ³)			
Naftaleen	29	11,4	1,57
Fenanthreen	11,9	4,2	1,33
Anthraceen	0,061	0,028	0,03
Fluorantheen	1,48	0,94	0,48
Pyreen	0,24	0,058	0,039
Benzo(a)anthraceen	0,061	0,036	0,03
Chryseen	1,12	0,86	0,63
Benzo(a)fluorantheen	0,036	0,028	0,03
Benzo(b)+(k)fluorantheen	0,036	0,028	0,03
Benzo(a)pyreen	0,036	0,028	0,03
Benzo(e)pyreen	0,036	0,028	0,03
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	0,036	0,028	0,03
Dibenzo(a,h)+(a,c)anthraceen	0,036	0,028	0,03

* Over het werkelijk aantal bedrijfsuren is echter geen enkele controle

Benzo(g,h,i)peryleen	0,036	0,028	0,03
Peryleen	0,036	0,028	0,03
Anthanthreen	0,036	0,028	0,03
SLAKKEN			
Kwik(mg/kg)	0,1	0,1	0,1
Cadmium(mg/kg)	0,4	0,4	0,4
Thallium(mg/kg)	34	37	16
Arseen(mg/kg)	4	4	6,2
Nikkel(mg/kg))	3	3	3
Cobalt(mg/kg)	5	5	5
Lood(mg/kg)	21	16	6,4
Chroom(mg/kg)	860	1100	620
Koper(mg/kg))	12	13	8,5
Mangaan(mg/kg)	30000	36000	24000
Antimoon(mg/kg)	10	10	10
Vanadium(mg/kg)	12	79	39
Tin(mg/kg)	10	10	10
Seleen(mg/kg)	31	36	23
Platina(mg/kg)	10	10	10
Palladium(mg/kg))	10	10	10
Rhodium(mg/kg)	10	10	10
Zink(mg/kg)	5	5	7,8
Ijzer(mg/kg)	11000	14000	7600
VLIEGASSEN			
Kwik(mg/kg droge stof)	0,1	0,1	0,1
Cadmium(mg/kg droge stof)	410	380	380
Thallium(mg/kg droge stof)	29	31	31
Arseen(mg/kg droge stof)	75	69	67
Nikkel(mg/kg droge stof)	100	82	90
Cobalt(mg/kg droge stof)	24	24	23
Lood(mg/kg droge stof)	19000	17000	14000
Chroom(mg/kg droge stof)	280	280	280
Koper(mg/kg droge stof)	1000	890	890
Mangaan(mg/kg droge stof)	35000	39000	36000
Antimoon(mg/kg droge stof)	170	160	150
Vanadium(mg/kg droge stof)	16	14	14
Tin(mg/kg droge stof)	2200	2000	1900
Seleen(mg/kg droge stof)	10	10	10
Platina(mg/kg droge stof)	10	10	10
Palladium(mg/kg droge stof)	10	10	10
Rhodium(mg/kg droge stof)	10	10	10
Zink(mg/kg droge stof)	22000	25000	20000
Ijzer(mg/kg droge stof)	98000	97000	89000
Dioxines (ngTEQ/kg droge stof)	1976	1113	1282
PAK's (µg/kg droge stof)			
Naftaleen	30	14	13
Fenanthreen	110	29	31
Anthraceen	10	10	10
Fluorantheen	100	21	42
Pyreen	21	10	10

Benzo(a)anthraceen	50	10	10
Chryseen	320	110	120
Benzo(a)fluorantheen	10	10	10
Benzo(b)+(k)fluorantheen	69	17	20
Benzo(a)pyreen	10	10	10
Benzo(e)pyreen	130	10	10
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	10	10	10
Dibenzo(a,h)+(a,c)anthraceen	10	10	10
Benzo(g,h,i)peryleen	10	10	10
Peryleen	10	10	10
Anthanthreen	10	10	10

(5) met doekfilter en
naverbrander

WW koepeloven (6) (1997) bedrijfsuren: 1.650 u/jaar*	Dag1	Dag2	Dag3
gasdebiet (Nm ³ /u)	36.200	37.000	36.000
capaciteit (ton/u)	15		
GAS			
SO ₂ (mg/Nm ³)	56	87	75
NO _x (mg/Nm ³)	38	33	66
CO(mg/Nm ³)	5	5	5
KWS(mg/Nm ³)	16,9	5	5
HCl(mg/Nm ³)	1,1	19,6	0,9
HF(mg/Nm ³)	2	3	2,2
stof(mg/Nm ³)	1,9	2,4	3,7
Kwik(mg/Nm ³)	0,0005	0,0004	0,0006
Cadmium(mg/Nm ³)	0,0002	0,0008	0,0005
Thallium(mg/Nm ³)	0,0043	0,003	0,0047
Arseen(mg/Nm ³)	0,0051	0,0037	0,005
Nikkel(mg/Nm ³)	0,0004	0,0003	0,0005
Cobalt(mg/Nm ³)	0,0004	0,0003	0,0005
Lood(mg/Nm ³)	0,025	0,0042	0,03
Chroom(mg/Nm ³)	0,0009	0,0003	0,0005
Koper(mg/Nm ³)	0,0056	0,0003	0,0009
Mangaan(mg/Nm ³)	0,023	0,0118	0,0199
Antimoon(mg/Nm ³)	0,0051	0,0037	0,005
Vanadium(mg/Nm ³)	0,0004	0,0003	0,0005
Tin(mg/Nm ³)	0,0043	0,003	0,0047
Seleen(mg/Nm ³)	0,0051	0,0037	0,005
Platina(mg/Nm ³)	0,0043	0,003	0,0047
Palladium(mg/Nm ³)	0,0043	0,003	0,0047
Rhodium(mg/Nm ³)	0,0043	0,003	0,0047
Zink(mg/Nm ³)	0,036	0,022	0,052
Ijzer(mg/Nm ³)	0,195	0,67	0,32
chloor(mg/Nm ³)	0,5	0,5	0,5
Dioxines (ngTEQ/Nm ³)	0,045	0,055	0,049

* Over het werkelijk aantal bedrijfsuren is echter geen enkele controle

PAK's ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)			
Naftaleen	3,1	3	2,2
Fenanthreen	0,68	1,23	0,76
Anthraceen	0,028	0,03	0,027
Fluorantheen	0,082	0,23	0,144
Pyreen	0,028	0,069	0,044
Benzo(a)anthraceen	0,028	0,03	0,027
Chryseen	0,22	0,28	0,25
Benzo(a)fluorantheen	0,028	0,03	0,027
Benzo(b)+(k)fluorantheen	0,028	0,03	0,027
Benzo(a)pyreen	0,028	0,03	0,027
Benzo(e)pyreen	0,028	0,03	0,027
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	0,028	0,03	0,027
Dibenzo(a,h)+(a,c)anthraceen	0,028	0,03	0,027
Benzo(g,h,i)peryleen	0,028	0,03	0,027
Peryleen	0,028	0,03	0,027
Anthanthreen	0,028	0,03	0,027
VLIEGASSEN			
Kwik(mg/kg droge stof)	0,2	0,1	0,9
Cadmium(mg/kg droge stof)	150	8000	72
Thallium(mg/kg droge stof)	10	10	10
Arseen(mg/kg droge stof)	83	81	74
Nikkel(mg/kg droge stof)	130	96	86
Cobalt(mg/kg droge stof)	26	27	25
Lood(mg/kg droge stof)	28000	15000	12000
Chroom(mg/kg droge stof)	370	280	230
Koper(mg/kg droge stof)	1200	810	660
Mangaan(mg/kg droge stof)	19000	17000	15000
Antimoon(mg/kg droge stof)	140	72	12
Vanadium(mg/kg droge stof)	48	48	38
Tin(mg/kg droge stof)	2300	1300	980
Seleen(mg/kg droge stof)	10	10	10
Platina(mg/kg droge stof)	10	10	10
Palladium(mg/kg droge stof)	10	10	10
Rhodium(mg/kg droge stof)	10	10	10
Zink(mg/kg droge stof)	27000	20000	18000
Ijzer(mg/kg droge stof)	180000	160000	150000
Dioxines (ngTEQ/kg droge stof)	412	286	480
PAK's ($\mu\text{g}/\text{kg}$ droge stof)			
Naftaleen	47	20	27
Fenanthreen	46	15	40
Anthraceen	10	10	10
Fluorantheen	29	10	22
Pyreen	10	10	10
Benzo(a)anthraceen	10	10	10
Chryseen	10	10	10
Benzo(a)fluorantheen	10	10	10
Benzo(b)+(k)fluorantheen	10	10	10
Benzo(a)pyreen	10	10	10
Benzo(e)pyreen	10	10	10
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	10	10	10

Dibenzo(a,h)+(a,c)anthraceen	10	10	10
Benzo(g,h,i)peryleen	10	10	10
Peryleen	10	10	10
Anthanthreen	10	10	10

(6) met doekfilter en
naverbrander

Draaitrommeloven (7) (1995) ingesmolten legering: gietijzer bedrijfsuren: 1.580 u/jaar*	Dag1	Dag2	Dag3
gasdebiet (Nm ³ /u)	7.710	10.907	8.499
capaciteit (ton/u)	1,4		
GAS			
SO ₂ (mg/Nm ³)	120	29	72
NO _x (mg/Nm ³)	211	131	136
CO(mg/Nm ³)	16	14	22
KWS(mg/Nm ³)	1	1	1
HCl(mg/Nm ³)	1,82	0,37	2,74
HF(mg/Nm ³)	1,24	0,32	1,15
stof(mg/Nm ³)	234	191	235
Kwik(mg/Nm ³)	0,3082	0,4699	0,2718
Cadmium(mg/Nm ³)	0,001	0,0009	0,0011
Thallium(mg/Nm ³)	0,0019	0,0013	0,0013
Arseen(mg/Nm ³)	0,0004	0,0001	0,0001
Nikkel(mg/Nm ³)	0,0117	0,0103	0,0244
Cobalt(mg/Nm ³)	0,0001	0,0001	0,0001
Lood(mg/Nm ³)	0,3553	0,125	0,658
Chroom(mg/Nm ³)	0,0303	0,0157	0,0208
Koper(mg/Nm ³)	0,1605	0,2183	0,2091
Mangaan(mg/Nm ³)	0,1949	0,1176	0,8146
Antimoon(mg/Nm ³)	0,0002	0,0001	0,0001
Vanadium(mg/Nm ³)	0,0131	0,0101	0,0097
Tin(mg/Nm ³)	0,0163	0,0111	0,0288
Seleen(mg/Nm ³)	0,0001	0,0001	0,0001
Platina(mg/Nm ³)	0,0007	0,0005	0,0005
Palladium(mg/Nm ³)	0,0035	0,0024	0,0028
Rhodium(mg/Nm ³)	0,0018	0,0015	0,0016
Zink(mg/Nm ³)	1,097	2,43	1,776
Ijzer(mg/Nm ³)	67,11	73,07	53,71
chloor(mg/Nm ³)	0,01	0,011	0,008
Dioxines (ngTEQ/Nm ³)		0,018	0,017
PAK's (ng/Nm ³)			
Naftaleen	108	1241	295
Fenanthreen	252	249	304
Anthraceen	8	11	9
Fluorantheen	85	90	129
Pyreen	38	56	69
Benzo(a)anthraceen	8	13	11

* Over het werkelijk aantal bedrijfsuren is echter geen enkele controle

Chryseen	70	68	83
Benzo(a)fluorantheen	2	5	3
Benzo(b)+(k)fluorantheen	5	48	38
Benzo(a)pyreen	2	17	20
Benzo(e)pyreen	7	19	34
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	2	5	23
Dibenzo(a,h)+(a,c)anthraceen	2	2	6
Benzo(g,h,i)peryleen	2	14	17
Peryleen	2	3	9
Anthanthreen	2	2	8
SLAKKEN			
Kwik(mg/kg)	0,06	0,06	0,06
Cadmium(mg/kg)	3,8	5,7	2,2
Thallium(mg/kg)	86	50	50
Arseen(mg/kg)	0,07	8,4	0,39
Nikkel(mg/kg))	260	63	60
Cobalt(mg/kg)	18	19	15
Lood(mg/kg)	36	5	21
Chroom(mg/kg)	243	332	195
Koper(mg/kg))	1632	265	307
Mangaan(mg/kg)	23000	17233	13841
Antimoon(mg/kg)	0,08	0,26	0,28
Vanadium(mg/kg)	310	104	137
Tin(mg/kg)	50	50	50
Seleen(mg/kg)	0,02	0,02	0,02
Platina(mg/kg)	0,36	0,36	0,36
Palladium(mg/kg))	1,7	1,7	1,7
Rhodium(mg/kg)	1	1,3	1,8
Zink(mg/kg)	50	82	33
Ijzer(mg/kg)	985277	166514	276111

(7) geen rookgasreiniging voorzien

BIJLAGE 7: TECHNIEKBLADEN

LUCHT

Naverbranding van de CO uitstoot van de koepeloven met energierterugwinning

Beschrijving

Koolstofmonoxide-houdende (CO) rookgassen afkomstig van de koude wind koepeloven kunnen worden naverbrand. Het naverbranden van de rookgassen en het terugwinnen van de warmte door middel van een stralingswarmtewisselaar biedt de mogelijkheid de verbrandingslucht van de oven voor te verwarmen tot temperaturen van 500 à 600 °C. Hierdoor verbetert het smeltrendement beduidend.

De teruggewonnen energie kan worden gebruikt om de verbrandingslucht van de koepeloven op te warmen en kan door middel van warmtewisselaars tot ruimteverwarming leiden.

Toepassingsgebied

Warme wind koepelovens gebruikt men voor de productie van gietijzer vanaf smeltpaciteiten van 10 ton per uur.

Milieuvoordelen

Reductie van CO uitstoot, naverbranding van de rookgassen, energierterugwinning door beter smeltrendement.

Investerings en exploitatiekosten

Indicatie	Investeringskosten	Exploitatiekosten
Naverbranding + warmtewisselaar	20 mio BEF	5 à 10% van de investeringskosten

Door deze ingreep zal voor een gelijkblijvende productie het cokesverbruik met 10 à 20 % afnemen.

Technische en economische haalbaarheid

De implementatie van een rookgas naverbrandingsinstallatie en warmtewisselaar is haalbaar voor nieuwe koepelovens. De aanpassing van een bestaande koude wind koepeloven brengt heel wat technische en constructieve problemen met zich mee. In dit geval zijn de kosten dermate hoog dat men beter kiest voor een milieuvriendelijker smeltinstallatie zoals de elektrische inductieoven of de trommeloven. Bovendien zijn koude wind koepelovens gebouwd voor capaciteiten van minder dan 10 ton per uur.

Reductie van de dioxine- en furaanemissies

Beschrijving

Aangezien dioxines gedeeltelijk op stofdeeltjes geabsorbeerd zijn, is een efficiënte ontstopping al een belangrijke stap in de goede richting. Verbrandingsinstallaties zijn daarom voorzien van één of meer efficiënte filtertrappen:

- Elektrofilter
- Mouwenfilter
- Een natte wassing kan ook een deel van het stof verwijderen

Het verwijderen van de gasvormig aanwezige dioxines is gezien de lage concentratie op het eerste gezicht geen eenvoudige opgave. Zoals veel moeilijke technische problemen bestaat de oplossing erin het te herleiden tot een eenvoudiger probleem. Daarom is de meest gebruikte techniek om dioxines te verwijderen het inspuiten van een stof in de rookgassen met hoge absorberende eigenschappen waarop de dioxines zich bij voorkeur zullen hechten. De rookgassen worden daarna door filtratie onstoft. De meest gebruikte absorberende stoffen zijn actief kool en actieve cokes, die in fijne poedervorm in de rookgassen ingespoten worden. Soms wordt een mengsel van actief kool of cokes met kalk gebruikt. De kalk dient dan voor het verwijderen van andere pollutanten (zuren).

De actieve kool biedt als bijkomend voordeel dat het ook nog bepaalde andere moeilijk te capteren pollutanten (bv. kwik) uit de rookgassen haalt (*bron 165*).

Toepassingsgebied

Deze maatregel kan van toepassing zijn voor koepelovens waar geen naverbranding van de rookgassen plaatsvindt. Het ontbreken van een naverbranding is echter geen voldoende oorzaak van te hoge PCDD/PCDF gehalten in de rookgasstroom.

Milieuvoordelen

Reductie van de PCDD/PCDF uitstoot in de rookgassen.

Investerings en exploitatiekosten

Indicatie	Investeringskosten	Exploitatiekosten
Naverbranding + warmtewisselaar + quench	20 mio BEF	5 à 10% van de investeringskosten
Adsorbens injectie	1 mio BEF	(*)

(*) Eén ton smelt levert ca. 3.000-10.000 m³ rookgassen op. Om dioxines te verwijderen moet men ca. 100 mg actief kool per m³ gebruiken. Actief kool kost ongeveer 45 BEF per kg. Het storten en stabiliseren kost ongeveer 6.000 BEF per ton residu (*bron 165*).

De volgende tabel vat de kosten samen:

- Verbruik van actief kool: 3.000 m³/kg smelt x 0,0001 kg actief kool/m³ x 45 BEF/kg actief kool = 13,5 BEF/ton smelt
10.000 m³/kg smelt x 0,0001 kg actief kool/m³ x 45 BEF/kg actief kool = 45 BEF/ton smelt
- Stortkost: 0,3 kg residu/kg smelt x 6,0 BEF/kg = 1,8 BEF/kg smelt
1,0 kg residu/kg smelt x 6,0 BEF/kg = 6,0 BEF/kg smelt
- Totale werkingskost : ongeveer 15-50 BEF/ton smelt

Technische en economische haalbaarheid

Het betreft hier een problematiek waar nog veel onderzoek naar gedaan wordt. Het ontstaan van PCDD/PCDF in de rookgassen en meer bepaald de “de novo synthese” wordt vandaag nog niet volledig begrepen. Vandaar ook het wisselende succes waarmee bovenvermelde technieken toegepast worden.

Behandeling van stofemissies

Beschrijving

Stofhoudende lucht of rookgasstromen moeten worden gefilterd vooraleer zij in de atmosfeer worden geloosd. In het algemeen worden de volgende technieken toegepast:

- droge ontstoffing:
 - doekfilter;
 - elektrostatische filter;
 - cycloon;
- natte ontstoffing:
 - gaswasser;
 - elektrostatische filter;
 - hogedrukventuri.

De stofemissie kan worden aangepakt door gerichte afzuiging gevolgd door één van de genoemde nabehandelingstechnieken.

De volgende specifieke randvoorwaarden zijn te noemen:

- bij het afzuigen van ovenrookgas moet de ingangstemperatuur bij het doekfilter begrensd worden tot ca. 150°C. Zo niet dan ontstaat het gevaar van ontbranding of explosie van het filter. Dit kan gebeuren door verdunning met omgevingslucht of door middel van een koelgroep. In hetzelfde verband moet voorkomen worden dat vonken (gloeïende delen) het filter binnentreden;
- ongeacht het filtertype moet ook de nodige aandacht besteed worden aan de uitvoering van de geleidingskanalen. Waar SO₂ in de roogassen voorkomt (koepelovenstof, thermische regeneratie van furaanzand) moeten de afgasleidingen in roestvast staal uitgevoerd worden;
- door zijn hoge vochtgehalte kan bentoniet gebonden zandstof snel aan de wanden kleven. Het is in dit verband aan te raden de leidingen te verwarmen.

Toepassingsgebied

Op diverse plaatsen in het gieterijproces komt stof afkomstig van stofvormige producten vrij. Te noemen zijn de emissies bij:

- transport en opslag van korrelvormige stoffen;
- afgieten;
- uitbreken van gietstukken;
- zandregeneratie;
- smelten.

Milieuvoordelen

Stofarme emissies in de atmosfeer

Investerings en exploitatiekosten

Indicatie per m ³ /h	Investeringskosten voor 1000 m ³ /u BEF (x 1000)	Exploitatiekosten BEF/m ³	Restemissie mg/m ³
doekfilter	200 à 600	10 à 60	<10
cycloon	20 à 30	0,002 – 0,008	50 - 100
gaswasser	200	0,002	
venturi	200	0,002	

Technische en economische haalbaarheid

Droge filtratietechnieken bieden het voordeel dat zij een droog product opvangen, waardoor het meer geschikt is voor hergebruik of alternatieve toepassingen. Hun afscheidingsrendement is doorgaans beter. De investeringskosten liggen hoger. Doekfilters moeten beschermd worden tegen te hoge intredetemperaturen en brandgevaar. Natte filters brengen verontreinigd water en slib met zich mee, vergen meer onderhoud, hebben een lager rendement.

Behandeling van gasvormige emissies

Beschrijving

Op diverse plaatsen in de gieterij ontstaan gasvormige emissies zoals bij het smelten, kernmakerij, het coaten van kernen en vormen, afgieten, koelen en uitbreken van gietstukken, het aanbrengen van koelsmeermiddel op permanente vormen enz...

Voor deze verschillende emissies bestaan behandelingstechnieken zoals gaswassers, naverbranding, adsorptiefilters (actieve kool), ...

Toepassingsgebied

Noodzakelijke voorwaarde voor het toepassen van deze behandelingstechnieken is het capteren van de rookgassen of dampen. Wanneer deze captatie hinderlijk of onmogelijk is vanwege constructieve redenen en is de emissie diffuus of dermate verdund dat de behandeling inefficiënt wordt.

Milieuvoordelen

Reductie van de atmosferische pollutie, verbetering van de arbeidsomgeving.

Investerings en exploitatiekosten

De aard, capaciteit en de wijze van inplanting maken het onmogelijk om een juiste kosten inschatting te maken voor de verschillende technieken.

Technische en economische haalbaarheid

De vermelde technieken hebben hun nut in de verschillende toepassingen reeds bewezen. Nochtans blijkt uit de praktijk dat de dimensionering en de bouw van deze installaties van cruciaal belang zijn. Het is dus aangeraden om samen te werken met gerenommeerde firma's die ervaring hebben in de gieterij specifieke problematiek.

Techniek	Investering (BEF)		Restemissie (mg/m ³)
Thermische naverbranding:	5000 m ³ /h	20000 m ³ /h	
- recuperatieve	1200-3000/m ³	500-1400/m ³	NO _x : 40-200 CO : < 200 VOS : <20
- regeneratieve	1200-3000/m ³	500-1400/m ³	NO _x : < 20 CO : < 20 VOS : 200 - <20
Gaswasser	2 mio (voor te behandelen gasstroom van 10.000 m ³ /h)		< 10 (VOS, SO ₂ , NO _x , CO, ...)
Aktief kool	400-4000 per m ³ /h		< 20

Toepassing van oxy-gas branders

Beschrijving

Het gebruik van zuivere zuurstof in plaats van lucht in branders voor het smelten van metalen verhoogt de vlamtemperatuur aanzienlijk. Hierdoor verloopt de warmteoverdracht naar het medium efficiënter, waardoor het energieverbruik daalt.

Toepassingsgebied

Voorverwarmen van giet of transportpannen, smelten met de trommeloven.

Milieuvoordelen

Verlaagd energieverbruik, minder CO₂ en NO_x uitstoot, zuivere rookgassen door hogere rookgastemperaturen.

Investerings en exploitatiekosten

Indicatie	Investeringskosten	Exploitatiekosten
Pan-brander	100.000 à 200.000 BEF	Afhankelijk van procesvoering

Technische en economische haalbaarheid

De snellere opwarmtijden compenseren doorgaans de meerkost voor het zuurstofverbruik. Bovendien is een betere procesbeheersing mogelijk.

Reductie VOS emissies door gebruik van alternatieve coatings voor vormen en kernen

Beschrijving

Voor het coaten van vormen en kernen worden tegenwoordig twee soorten coatingmaterialen op de markt aangeboden:

- coatings die minder organische oplosmiddelen bevatten, zoals coatings met een hoog gehalte aan vaste fase;
- coatings die geen organische oplosmiddelen bevatten, zoals coatings op waterbasis of droge bedekkingsmiddelen

Toepassingsgebied

De toepasbaarheid van alternatieve coatings is zeer afhankelijk van de complexiteit van het gietwerk. Voor het overschakelen op alternatieve coatings kan aanpassing van de aanbrengtechniek benodigd zijn.

Milieuvoordelen

De alternatieve coatings reduceren de VOS-emissie.

Indien geforceerde droging wordt toegepast zal het energieverbruik stijgen.

Investerings en exploitatiekosten

De kosten voor coatings zijn in ontwikkeling en vallen derhalve niet te geven.

Technische en economische haalbaarheid

Het probleem van watergedragen coatings is het feit dat er lange droogtijden noodzakelijk zijn. Dit betekent dat de kernen voldoende geventileerd moeten worden en daarom ook best opgehangen worden zodat de drooglucht hun volledige oppervlakte kan bestrijken. Voor kernintensief gietwerk betekent dit dat er een extra stockage ruimte nodig is, wat vaak niet het geval is. Versneld drogen in een droogoven kan, maar veroorzaakt logistieke problemen en men moet gepaste maatregelen nemen opdat de kernen niet beschadigd kunnen raken.

Aanpassen aanbrengmethode coatings voor vormen en kernen

Beschrijving

Bij het aanbrengen van coatings met de algemeen gebruikelijke technieken als dompelen, vloeien en kwasten, wordt op bepaalde plaatsen van de vorm of kern teveel coating aangebracht. Bij het spuiten van coatings treedt overspray (product dat niet op de vorm of kern terechtkomt) op.

Naast de conventionele aanbrengtechnieken zijn er nu ook nieuwe coatings en aanbrengmethoden ontwikkeld, met een lager coatingverbruik. Voorbeelden hiervan zijn airless of lagedrukspuiten, thixotrope dompelcoatings en speciale vloeicoatings.

Toepassingsgebied

Deze maatregel is toepasbaar bij grotere series. De aanbrengmethoden zijn volop in ontwikkeling.

Milieuvoordelen

Met deze maatregel wordt de VOS-emissie beperkt.

Investerings en exploitatiekosten

De kosten voor de aanbrengmethoden zijn in ontwikkeling en vallen derhalve niet te geven.

Technische en economische haalbaarheid

-

WATER

Recycling van gaswasserwater

Beschrijving

Verzadigd gaswasserwater van bv. aminewassers worden door een erkend verwerker opgehaald. Middels pH meting kan men de kwaliteit van het scrubberwater volgen en bijsturen.

Water van natte stofvangers kan maximaal worden gerecycleerd door gebruik te maken van bezinktanks, flocculatie- en flotatietechnieken, filterpersen, toevoeging van additieven tegen corrosieve of bacteriële werking, fysico chemische behandelingen.

Toepassingsgebied

Gaswassers en natte stoffilters.

Milieuvoordelen

Minder waterverontreiniging, verlaagd waterverbruik.

Investerings en exploitatiekosten

Indicatie	Investeringskosten	Exploitatiekosten
Bezinking (platen- of lamellenseparator)	800.000 BEF	11.000 BEF/jaar
Dissolved air flotation	3.000.000 BEF	1.140.000 BEF/jaar
Filterpers (tot 300 liter)	1.200.000 BEF	

Technische en economische haalbaarheid

Moderne installaties zijn van de vermelde opties voorzien. Het is echter mogelijk om bestaande installaties uit te breiden met bv. een filterpers of een fysico chemische behandeling van het was water.

Gesloten koelwater systemen

Beschrijving

Het gebruik van grondwater voor de koeling van industriële processen dient te worden vermeden. Het gebruik van koelwater (smeltovens) in gesloten kringloop of afkomstig van oppervlaktewater geniet de voorkeur.

Toepassingsgebied

Koeling van smeltovens

Milieuvoordelen

Beperking grondwaterverbruik

Investerings en exploitatiekosten

-

Technische en economische haalbaarheid

Bij inductieovens, waar de koeling een kritisch onderdeel is, wordt steeds in gesloten kringloop gewerkt. Dit biedt het voordeel van vrijwaring van de waterkwaliteit en een verzekerde procescontrole. Bij lange campagne koepelovens is de mantelkoeling eveneens van grote belang.

BODEM**Opslag van bindmiddelen****Beschrijving**

Onder de chemische bindmiddelen komen reactieve producten voor welke volgens gepaste regels moeten worden opgeslagen. Zo werkt men met een dagvoorraad in de productiehal, worden de gepaste inkuipingen voorzien, en worden hars en harder gescheiden opgeslagen.

Toepassingsgebied

Kernmakerij, harsgebonden vorm productie

Milieuvoordelen

Beperking risico op bodemverontreiniging.

Investerings en exploitatiekosten

-

Technische en economische haalbaarheid

Deze maatregel is overal toepasbaar, tegen lage kost

AFVAL

Terugvoer van oven- en metaalhoudend stof naar de koepeloven

Beschrijving

Stofvormige gieterijafvalstoffen kunnen in de koepeloven worden ingebracht en omgesmolten worden.

Er worden twee technieken toegepast:

- inblazen van het stof via de blaasgaten van de oven dmv. een persluchtstroom of dmv. een onderdruk gecreëerd door de verbrandingslucht in venturi.
- pelletiseren of briketteren van het stof met een bindmiddel. De pellets of briketten worden dan via de lading mee in de oven gebracht.

Toepassingsgebied

Terugvoer van stof kan worden toegepast in koepelovens van grotere capaciteit (>5 ton per uur). De toevoeging bedraagt 1 à 3 % van het ladingsgewicht.

Installaties voor pelletiseren of briketteren zijn enkel verkrijgbaar voor het verwerken van zeer grote volumes.

Milieuvoordelen

De metaalinhoud wordt gerecycleerd, mede door reductie van ijzeroxides, en het niet metallisch gedeelte wordt verslakt. Koepelovenslakken kunnen nuttig aangewend worden als secundaire grondstoffen.

Investerings en exploitatiekosten

Indicatie	Inblaassysteem	Pelletiseren
Investeringskosten	3 mio BEF	5 mio
Exploitatiekosten	1,5 mio BEF/jaar	2000 BEF/ton
Baten	5000 BEF/ton	5000 BEF/ton

Technisch-economische haalbaarheid

Het transporteren van het stof blijft een problematisch gegeven. De huidige inblaassystemen zijn zeer gevoelig aan verstoppingen en vergen veel onderhoud. Onderzoek en ontwikkeling terzake is nog volop aan de gang, zo wordt ook het briketteren van spanen onderzocht.

Verhogen van de hergebruiksgraad van vormzand

Beschrijving

Vormzand kan langer herbruikt worden door het optimaliseren van de vormzandbereiding. Door invoeren of aanpassen van de verschillende processtappen (breken, ontijzeren, zeven, koelen, ontstoften, opslag, homogenisatie en mengen) behoudt het zand langer zijn kwaliteit, welke bovendien beter beheersbaar wordt.

Algemeen is de keuze van bindmiddelen van grote invloed op de hergebruiksgraad. Zo kan men opteren voor chemische bindmiddelen die minder residuen in het zand nalaten, of voor bentoniet met een hogere thermische weerstand.

Toepassingsgebied

Door de relatief grote investeringskosten van zandbereidingsinstallaties zijn deze maatregelen slechts rendabel voor de grotere capaciteiten. (bv. 100 ton vormzand per dag). Bij kernintensief gietwerk kan de zandverversing dermate groot zijn waardoor hergebruikmaatregelen niet relevant zijn. In geval van externe recyclage van het vormzandafval moet opgemerkt worden dat door het intensifiëren van de vormzandbereiding de granulometrie van het afval verfijnd waardoor zijn externe aanwending in het gedrang kan komen.

De keuze van een "duurzamer" bindmiddel kan echter in elke gieterij worden geëvalueerd.

Milieuvoordelen

Door een hogere hergebruiksgraad worden primaire grondstoffen gespaard en ontstaat minder afval.

Investerings en exploitatiekosten

Indicatie	Investeringskosten	Exploitatiekosten
breken/zeven	15 mio BEF	5 à 10% van de investeringskosten
ontstopping	50 mio BEF	
ontijzeren	6 mio BEF	
koeler (chemisch gebonden)	12 mio BEF	
koeler/bevochtiger (kleigeb.)	6 mio BEF	

Baten: besparing op storkosten (ca. 2000 BEF) en inkoop grondstoffen (ca. 1500 BEF/ton)

Technische en economische haalbaarheid

De vermelde technieken zijn klassiek, hun performantie is bewezen. Voornamelijk voor kleigebonden zand zijn de investeringskosten belangrijk.

Verhogen hergebruiksgraad van kernzand

Beschrijving

Niet uitgehard vormzand kan in een speciale begassingsunit worden uitgehard. Samen met kernresten (gebroken kernen, poetszand) kan dit vervolgens in een breekinstallatie verkorreld worden en, gemengd met nieuw zand, opnieuw voor de kernproductie worden aangewend.

Toepassingsgebied

Hergebruik van kernzand is mogelijk voor polyurethaan (Cold box) en furaan harsen. Andere bindmiddelen laten deze techniek niet toe.

Milieuvoordelen

Door hergebruik kan tot 10 % van het kernzand herwonnen worden, dat normaal gestort wordt. Bovendien wordt nieuw zand gespaard.

Investerings en exploitatiekosten

Indicatie	Investeringskosten	Exploitatiekosten
Uitharden/breken	1 à 2 mio BEF	laag

Baten: besparing op storkosten (ca. 2000 BEF) en inkoop grondstoffen (ca. 1500 BEF/ton)

Technische en economische haalbaarheid

Vanzelfsprekend is deze techniek enkel rendabel bij kernintensief gietwerk. Het hergebruik van kernzand vraagt aanpassingen op het vlak van de processturing. Zo zal men moeten uitmaken in welke verhouding uitgehard-nieuw zand de kernproductie ongehinderd kan gevoerd worden. Mogelijks zijn ook aanpassingen noodzakelijk van de bindmiddel toevoeging of samenstelling.

Verminderen van vorm- en kernzand uitval

Beschrijving

Moderne vorm- en kernschietmachines bieden de mogelijkheid om de productieparameters per product vast te leggen in een elektronische databank. Hierdoor kan men zeer korte insteltijden realiseren doordat geen aanlooptijd verloren gaat om door “trial en error” de correcte instellingen terug te vinden. Bovendien kan men voor nieuwe producten machine-instellingen gebruiken van gelijkaardige types waardoor de optimale oplossing snel wordt bereikt tijdens een testfase.

Toepassingsgebied

Seriegietwerk van kleine reeksen met hoog productievolume. Het foutloos omstellen vergt wel een goede beheersing en permanente controle van vorm of kernzand kwaliteit.

Milieuvoordelen

Het zoeken naar de ideale vormparameters kan in principe tot een éénmalige test beperkt blijven. Hierdoor wordt afval en energie gespaard.

Investerings en exploitatiekosten

Indicatie	Investeringskosten	Exploitatiekosten
Kernschietmachine	6 mio BEF (5 liter) 15 mio BEF (100 liter)	5 à 10 % van de investeringskosten per jaar

Baten: besparing op storkosten (ca. 2000 BEF) en inkoop grondstoffen (ca. 1500 BEF/ton)

Technische en economische haalbaarheid

De investering in dergelijke apparatuur is enkel verantwoord indien de productie een snelle product wissel vraagt.

Scheiding van het afgezogen zandstof in een grove en een fijne fractie

Beschrijving

Het zandstof dat op verschillende plaatsen in de vormzandkringloop wordt afgezogen bevat doorgaans een fractie grovere zandkorrels. Door het aanpassen van de filterinstallatie of het voorschakelen van een cycloon voor de filter is het mogelijk deze van de stoffractie af te scheiden. Deze zandkorrels kunnen dan terug gevoerd worden naar de zandkringloop. Zodoende behoudt het vormzand zijn granulometrie. Bij kleigebonden vormzand kan ook een gedeelte van het stof herbruikt worden.

Toepassingsgebied

Algemeen toepasbaar, zeker voor grotere productievolumes. Wanneer het zandafval extern gerecycleerd wordt is deze maatregel niet nuttig. Door het fijner worden van het afval kan de toepassing als secundaire grondstof onmogelijk worden.

Milieuvoordelen

Beperking van de afvalhoeveelheid en verbruik primaire grondstoffen. Echter, verhoging van het energieverbruik.

Investerings en exploitatiekosten

Indicatie	Investeringskosten	Exploitatiekosten
Cycloon (+ verhogen ventilatorvermogen)	0,5 mio BEF	5 à 10 % van de investeringskosten per jaar

Baten: besparing op storkosten (ca. 2000 BEF) en inkoop grondstoffen (ca. 1500 BEF/ton)

Technische en economische haalbaarheid

Het nut van deze techniek hangt af van de bestemming van het afvalzand. Het fijnere stof kan doorgaans niet extern gerecycleerd worden en ook het verhandelen en storten kan problematisch worden (verhoogd gehalte aan organische producten, opslag in big-bags, enz...)

Koude interne recyclage van vormzandafval

Beschrijving

Een regeneratiebehandeling heeft tot doel het materiaal dat de zandkringloop ontvalt geschikt te maken voor hergebruik in de kernmakerij. Daarnaast kan het ook nieuw zand vervangen dat voor zandverversing wordt gebruikt. Het is dus een alternatief voor het storten van afvalzand.

Mechanische (slijpen) of pneumatische (wervelbedtechnieken) behandelingen kunnen met succes worden ingezet voor de regeneratie van bentoniet gebonden vormzand, omdat de bindmiddelfilm dik is en relatief zwak aan de korrel is gehecht. Het vochtgehalte moet wel beperkt worden door het materiaal vooraf te drogen.

Het vrijkomende stof bevat grote hoeveelheden bentoniet en glanskoolvormer, waardoor het gedeeltelijk terug in de kringloop kan worden gebracht. Het stof dat niet in de zandkringloop kan worden teruggevoerd, kan men bijvoorbeeld verbranden of inblazen in een koepeloven als alternatief voor het storten.

Toepassingsgebied

Het welslagen van een regeneratiebehandeling van bentonietgebonden zand hangt in eerste instantie af van de kwaliteitsvereisten die aan het geregenereerde zand moet worden opgelegd. Hierbij moet de zuiverheid van de korreloppervlakte en het stofgehalte een goede kernproductie garanderen. Hogere zuiverheidsgraden moeten niet worden nagestreefd daar dit enkel de granulometrie van het zand verstoort.

Een moeilijke opgave bij een koude regeneratiebehandeling is immers het behoud van de granulometrie van het zand op langere termijn en het voldoende ontstoffen van het regeneraat.

Koude zandregeneratie is in regel toepasbaar bij een zandverbruik van 3 ton per dag of meer.

Milieuvoordelen

Het primaire grondstoffenverbruik en daarmee de hoeveelheid af te voeren stortzand wordt door middel van deze maatregel beperkt. Daarnaast zal een belangrijke hoeveelheid organisch belast stof vrijkomen. Tevens zal het energieverbruik toenemen.

Investerings en exploitatiekosten

Indicatie	Investeringskosten	Exploitatiekosten
Mechanische recyclage	30 mio BEF	1000 BEF/ton
Pneumatische recyclage	10 mio BEF	5 à 10 % van de investeringskosten

Baten: besparing op storkosten (ca. 2000 BEF) en inkoop grondstoffen (ca. 1500 BEF/ton)

Technische en economische haalbaarheid

In de laatste decennia zijn veel recyclage-installaties op de markt gebracht. Veel zijn er echter weer verdwenen doordat zij niet de vereiste zandkwaliteit konden leveren tegen aanvaardbare kostprijs. Een belangrijk probleem is dat de zandopbrengst soms heel matig is, doordat gedurende de behandeling een belangrijk gedeelte van de zandkorrels vernietigd

wordt en in stof omgezet. Mede door de opkomst van hergebruiktoepassingen als secundaire grondstoffen is de interesse is en daarmee ook het aanbod van recyclageinstallaties heel beperkt geworden.

Thermische recyclage van vormzandafval

Beschrijving

Het zandafval kan worden gereinigd zodat het in de kernproductie kan worden toegepast, als alternatief voor nieuw zand. Het principe bestaat erin om het afvalzand in een wervelbed te verhitten tot een temperatuur van 700 tot 800°C, waarbij alle organische polluenten verbranden. Tegelijkertijd wordt door het wervelbed een ontstopping van het zand gerealiseerd.

Het type hars dat wordt gebruikt, bepaalt het succes van een thermische behandeling:

- polyurethaanharsen zijn zuiver organische polymeren die zich zeer goed laten reinigen bij relatief lage temperaturen (650-800 °C);
- furaan- en fenolharsen lenen zich eveneens tot een thermische zuivering. Waar fosforzuur als katalysator is aangewend, wordt de hergebruiksgraad beperkt door accumulatie van fosfor op het korreloppervlak (waardoor gietstukken oppervlaktefouten gaan vertonen);
- esterhardende resol- en silicaatharsen bevatten anorganische bestanddelen die laagsmeltende zouten vormen. Om het sinteren van de zandkorrels te vermijden, moet de oventemperatuur beperkt blijven. Voor deze zanden wordt een thermische fase enkel gebruikt om de bindmiddelfilm te verbrossen. De echte reiniging geschiedt dan in een nageschakelde koude regeneratie.

Toepassingsgebied

Zij kunnen toegepast worden voor harsgebonden vormzanden welke geen anorganische residuen nalaten zoals polyurethaan, sommige fenol en furaanharsen. Resol en silicaatharsen vormen op hogere temperatuur laagsmeltende zouten waardoor het de korrels vastsinteren. Voor deze laatste en ook kleigebonden zand kan een thermische behandeling op lagere temperatuur worden uitgevoerd als voorbehandeling om de nageschakelde koude recyclage stap efficiënter te laten verlopen.

Daar de investerings- en energiekosten voor deze technologie relatief hoog zijn, is deze alleen toepasbaar bij zeer grote capaciteiten.

Om de stilstandenverliezen te beperken moet de installatie nagenoeg vol continu bedreven worden. Dit houdt in dat een hoge graad van automatisering nodig is. Hierdoor zijn de investeringskosten niet evenredig met de capaciteit, waardoor de behandelingskosten per ton zand in een kleine installatie hoger liggen dan in een grote installatie.

Bij grote installaties voor regeneratie van furaan- en fenolharsen kan een ontzwaveling van de rookgassen noodzakelijk zijn.

Thermische zandregeneratie is in de regel toepasbaar bij een zandverbruik van 1 ton per uur of meer.

Milieuvoordelen

De hoeveelheid stortzand wordt met deze maatregel beperkt. De CO₂-emissie en andere procesafhankelijke emissies naar lucht nemen toe. Tenzij het geïnertiseerde stof lokaal ergens als secundaire grondstof kan worden toegepast, moet het worden gestort in verpakte of gebonden (bijvoorbeeld met bentoniet) vorm.

Het geeft wel een verhoogd energieverbruik (500 à 700 kWh/ton). (oven + ontstopping).

Investerings en exploitatiekosten

Indicatie	Investeringskosten	Exploitatiekosten
Thermische recyclage	20 à 40 mio BEF (capaciteit resp. 2 à 5 ton per uur)	1400 BEF/ton

Baten: besparing op storkosten (ca. 2000 BEF) en inkoop grondstoffen (ca. 1500 BEF/ton)

Technische en economische haalbaarheid

Praktisch gezien worden deze installaties hoofdzakelijk met succes toegepast voor furaan en polyurethaanzand. Gezien de hoge kosten is deze techniek enkel toepasbaar bij de grote productiecapaciteiten. Mede door de opkomst van hergebruiktoepassingen als secundaire grondstoffen is de interesse en daarmee ook het aanbod van recyclage-installaties heel beperkt geworden.

Aanwending van gieterij-afval als secundaire grondstof

Beschrijving

Het Vlaams Reglement voor Afvalstoffen (VLAREA) stimuleert de modaliteiten waaronder een afvalstof als secundaire grondstof kan worden toegepast. Uit talrijke onderzoeken en praktijkgevallen blijkt dat verschillende gieterijafvalstoffen met goed gevolg kunnen gebruikt worden als substituent voor primaire grondstoffen in o.a. de infrastructuurwerken (aanleg van wegen, stortplaatsen), productie van asfalt, cement, beton, baksteen, glaswol.

Toepassingsgebied

Koepelovenslakken en vormzandafval komen het meest in aanmerking voor secundaire aanwending. Enerzijds door hun fysische eigenschappen (technische compatibiliteit met primaire producten) en anderzijds door de hoeveelheden waarin zij kunnen worden aangeboden. Normaliter beantwoorden zij ruim aan de milieueisen qua samenstelling en uitlooggedrag die door het Vlarea worden opgelegd. Om aan de milieueisen te voldoen, moet gewaakt worden over de verontreiniging van het materiaal door:

- minimaliseren van bronnen zware metalen:
 - ferro: Cr (chromietzand); Cr & Ni (roestvast staal);
 - non ferro: Cu, Zn, Pb;
- minimaliseren van de organische belasting (mono-aromatische koolwaterstoffen en PAK's afkomstig van de pyrolyse van glanskoolvormer en kernharsen) door een gepaste keuze van de hulpstoffen;
- zuiver houden van de zandstroom: geen accidentele vermenging van het afvalzand met andere verontreinigde afvalstoffen (bijvoorbeeld filterstof, straalstof met verfresten, poetslappen);
- regelmatige analyse van kritische parameters om de statistische spreiding van de verontreiniging in te schatten en de gemiddelde waarde te kunnen correleren aan het gebruik van potentieel verontreinigde grondstoffen (*bron 163*).

Milieuvoordelen

Minder afval en verbruik van primaire grondstoffen

Investerings en exploitatiekosten

De investeringskosten voor gescheiden afval inzameling en stockage zijn minimaal. Vaak kan dit reeds worden gerealiseerd door het invoeren van enkele organisatorische maatregelen.

Daarnaast kunnen de operationele kosten (analyses, administratiekosten) oplopen tot 200.000 BEF per jaar.

Besparing op de stortkosten kan oplopen tot 5000 BEF per ton.

Technische en economische haalbaarheid

In de praktijk bestaan talrijke voorbeelden van externe recyclage van gieterijafval. Meestal wordt het materiaal op kosten van de producent (de gieterij) naar de gebruiker getransporteerd en opgeslagen. Deze kost kan de stortkost overstijgen wanneer het aan een verdergelegen werf moet worden aangevoerd.

Er bestaat een groot aanbod van secundaire materialen uit andere sectoren, waardoor het soms moeilijk is kandidaat verwerkers te vinden gezien het relatief lage volume dat de gieterij kan aanbieden.

Minimalisering van de thermische en mechanische slijtage van het vormzand door toepassing van controle- en regelapparatuur

Beschrijving

De thermische en mechanische slijtage van het vormzand kan worden geminimaliseerd door gebruik te maken van geschikte zandbereidingstechnieken (bijvoorbeeld snel koelen, goed ontstoffen, weeg- en doseerinstallaties, meetinstallaties) en geschikte rekenmodellen. Hiermee is het mogelijk om de vormzandsamenstelling uit te balanceren en het langetermijneffect van bepaalde acties te voorspellen. Zandverversing kan zo op regelmatige en gestructureerde wijze plaatsvinden, waardoor de vormzandsamenstelling in functie van de tijd op peil blijft.

Toepassingsgebied

Deze maatregel is toepasbaar bij grotere hoeveelheden bentonietgebonden vormzanden, waarbij buiten het kernzand om, extra nieuw zand toegevoegd wordt.

Met name bij een variabele productie heeft deze maatregel effect. Een bijkomende vereiste is wel dat er voldoende mengercapaciteit aanwezig is, zodat de tijdvertraging, die optreedt door de analyse van het gemengde zand en de nodige besturingen, kan worden opgevangen.

Milieuaspecten

Een afname van de zandverversingsgraad leidt tot een afname van de te storten hoeveelheid zand en een vermindering van het primaire grondstoffenverbruik.

Anderzijds zal het vormzand een hogere verontreinigingsgraad vertonen, doordat het langer in de zandkringloop blijft. Hierdoor kan een eventuele toepassing als secundaire grondstof in het gedrang komen.

Investerings en exploitatiekosten

Vanaf 1,5 mio BEF tot 4 mio BEF. De investeringskosten voor een computerondersteunde vormzandbereiding kunnen oplopen tot 30 mio BEF.

Besparing op de stortkosten: iedere ton zand die niet gestort wordt; 4.000 á 5.000 BEF per ton en besparing op de inkoop van primaire grondstoffen.

Technische en economische haalbaarheid

-

Optimalisatie van het retourzand

Beschrijving

Door het vormzand beter te homogeniseren zal de samenstelling van het retourzand constanter zijn, waardoor dosering en analyse eenvoudiger en representatiever worden. Correctieve maatregelen zullen sneller worden gedetermineerd en efficiënter doorwerken.

Homogenisatiesystemen zijn verkrijgbaar in de handel. Zo kan het retourzand bijvoorbeeld verdeeld opgeslagen en gelijktijdig betrokken worden uit verschillende kleine silo's in plaats van uit één grote centrale silo die bovenaan gevuld wordt en onderaan afgetapt.

Een andere mogelijkheid is het zand continu in rotatie te houden door het onderaan de opslagsilo af te tappen en bovenaan weer toe te voegen, waardoor het zich vermengt met het intredende retourzand.

Bentonietgebonden zand kan het beste zo snel mogelijk na het uitbreken worden voorbevochtigd. Hierdoor droogt het zand minder uit en heeft de bentoniet meer tijd om water op te nemen. Voorbevochtiging zal de bentoniet dus beter doen ontsluiten, waardoor het bentonietverbruik kan worden verminderd.

Voor nieuwe installaties komen ook mengkoelers in aanmerking. Hierin vindt tijdens het koelen en voorbevochtigen van het zand gelijktijdig een homogenisatie plaats.

Op het vlak van de productieplanning is het bijvoorbeeld mogelijk de productie zo aan te passen dat een in de tijd gelijkmatige toevoer van kernzand aan de vormzandkringloop wordt gerealiseerd (*bron 163*).

Toepassingsgebied

Deze maatregel is toepasbaar bij bentonietgebonden vormzanden en een variabele productie. De vormproductie moet voldoende groot zijn.

Milieuvoordelen

De hoeveelheid te storten bentoniet gebonden vormzand neemt af.

Investerings en exploitatiekosten

Investeringskosten:	- homogenisatie-installaties: 4 mio BEF en hoger; - mengkoelers: meer dan 16 mio BEF
Operationele kosten:	(op jaar basis) 5 - 10% van de investeringskosten.
Baten:	Besparing op de stortkosten: tot 4.000 á 5.000 BEF per ton.

Gebruik van een knollenbreekunit voor bentonietgebonden zand

Beschrijving

Bij het zeven van het retourzand blijven op de polygoonzeef zandknollen achter. Een breekunit kan worden ingezet om zandknollen voor de polygoonzeef te breken en in de zandkringloop terug te voeren (*bron 163*).

Toepassingsgebied

Deze maatregel is toepasbaar bij bentonietgebonden vormzand.

Milieuvoordelen

De hoeveelheid stortzand afkomstig van de polygoonzeef zal worden beperkt.

Investerings en exploitatiekosten

Investeringskosten:	1,4 mio BEF
Operationele kosten:	5 - 10% van de investeringskosten.
Baten:	Besparing op de stortkosten; iedere ton zand die niet gestort wordt; tot 4.000 á 5.000 BEF per ton en besparing op de inkoop van primaire grondstoffen.

Schoon schroot insmetten

Beschrijving

Bij verontreinigd schroot zullen kwartszand en andere siliciumhoudende verontreinigingen slakken met een hoog smeltpunt vormen, die zich aan de ovenbekleding vasthechten. Door het insmelten van schoon schroot wordt vermeden dat bepaalde verontreinigende elementen in de slak worden opgenomen of de ovenbekleding aantasten, zoals bijvoorbeeld kalk, ijzer en of mangaanoxiden, basische oxiden in combinatie met silicium-refractair (zuur). Wanneer de ovenlading weinig verontreinigingen bevat, zal dit rechtstreeks de hoeveelheid vrijkomende slak verminderen en de standtijd van oven en gietpanbekleding ten goede komen.

Alle verontreinigingen en oxiden die in de ovenlading aanwezig zijn, nemen een deel van de toegevoerde energie op. Om slakken, die als gevolg van de verontreinigingen zijn ontstaan te verwijderen tijdens het afslakken, is bovendien een hogere temperatuur van de smelt noodzakelijk om ze vloeibaar te houden.

Uit oogpunt van afvalpreventie en energiebesparing geniet het insmelten van schoon schroot de voorkeur. Schoon schroot moet droog worden opgeslagen om oxidatie te vermijden. Het retourmateriaal (omloopmetaal) kan het best worden gestraald om alle zandresten te verwijderen.

Toepassingsgebied

Deze maatregel is theoretisch overal toepasbaar, maar de keuze van de schrootkwaliteit is een productietechnische afweging.

Milieuvoordelen

De hoeveelheid te storten slakken en ovenstof en de VOS en dioxine-emissie worden met deze maatregel beperkt. Tevens wordt het energieverbruik (10 á 15%) wegens de kleinere slakhoeveelheid verminderd. Daarnaast kan het afzuigdebiet worden verkleind of mogelijk tot nul worden gereduceerd.

Investerings en exploitatiekosten

Operationele kosten:	De kostprijs van schoon schroot (1e soort) ligt minimaal 20 tot 30% hoger dan de 2e soort schroot.
Baten:	Het cokesverbruik kan met 10 tot 20% dalen; besparing storkosten door minder slak en ovenstof.

Refractaire bekleding van oven en gietpot uitvoeren in hoogwaardig materiaal

Beschrijving

De verbruikte hoeveelheid vuurvast materiaal (puin) kan worden beperkt door hoogwaardig refractair materiaal (bijvoorbeeld koolstofhoudend) met langere standtijd (hogere dichtheid) te gebruiken of materiaal in de vorm van een composietbekleding (gelaagde structuur van verschillende thermische geleidbaarheid), waardoor de werkt temperatuur van het refractair verlaagt.

Toepassingsgebied

De maatregel kan worden toegepast voor de koepeloven en de inductieoven (in overleg met de constructeur) en alle courante gietpantypes.

Milieuvoordelen

De te storten hoeveelheid vuurvast materiaal (puin) wordt verminderd.

Investerings en exploitatiekosten

Investeringskosten:	De prijzen van hoogwaardig refractair liggen 20 -100% hoger.
Baten:	Energiebesparing; kosten worden tevens bespaard door- dat de wand van de gietpot minder vaak hoeft te worden vervangen.

Ovenbekleding zo lang mogelijk gebruiken

Beschrijving

Een bewakingssysteem via impedantiemeting van het refractair laat toe de dikte van de ovenbekleding te volgen in functie van de gebruiksduur. Het is eveneens mogelijk lokale scheuren of beschadigingen op te sporen en tijdig te herstellen.

Toepassingsgebied

Deze maatregel is van toepassing op inductieovens.

Milieuvoordelen

De te storten hoeveelheid vuurvast puin wordt verminderd.

Investerings en exploitatiekosten

Investeringskosten: Bewakingssystemen zijn beschikbaar vanaf 1,5 mio BEF per oven.

GELUID EN TRILLINGEN

Verbeteringen uitschudrooster

Beschrijving

Trillingen afkomstig van het uitschudrooster planten zich voort via de bodem en de lucht. Door resonantie verschijnselen gaan elementen van gebouwen meetrillen door het laagfrequente karakter van de werkingsfrequentie (10 à 20 Hz). Men kan de hinderlijke gevolgen bestrijden door:

- verbeteren van de afivering van het rooster door het te plaatsen op een zwaar frame (3 tot 5 maal de massa van het rooster)
- versoepelen van de verbinding tussen rooster en ondergrond door het gebruik van een eigen fundering die via een elastische voeg met de bodem en vloerplaat wordt verbonden en het gebruik van stalen veren i.p.v. rubber dampingblokken onder het rooster.
- het wijzigen van de trillingsfrequentie buiten het resonantiegebied van sommige bouwelementen.
- verlagen van de trillingsamplitude, waardoor de trillingen minder sterk worden.

Toepassingsgebied

Schudroosters vindt men in de ijzergieterij terug. De trillingshinder is echter zeer eigen aan de lokale situatie.

Milieuvoordelen

Reductie van de geluids- en trillingshinder

Investerings en exploitatiekosten

Indicatie	Investeringskosten	Exploitatiekosten
Eigen fundering	afh. van lokale omstandigheden en bodemgesteldheid	-
Frequentie regeling	200.000 BEF	-
Amplitude regeling	afh. van bestaande uitvoering	-

Technische en economische haalbaarheid

Tenzij in speciale gevallen (zwakke ondergrond, plaatsgebrek,...) zijn deze maatregelen overal toepasbaar.

Beladen van smeltovens

Beschrijving

Wanneer een smeltoven beladen wordt kan, afhankelijk van het oventype, een sterk geluid optreden. Door het vermijden van grote valhoogten en het aanbrengen van elastische bekledingen op trilgoten en vangbakken kan dit geluid sterk gereduceerd worden.

Door het insmelten van klein schroot in de inductieoven wordt de emissie van geluid en trillingen gereduceerd.

Toepassingsgebied

Eerste maatregel is toepasbaar waar trilgoten gebruikt worden, de tweede maatregel kan worden toegepast bij middelfrequente inductieovens, afhankelijk van de vorm van het retourmateriaal.

Milieuvoordelen

Geluidsreductie

Investerings en exploitatiekosten

De optimale wanddikte van de bekleding bedraagt 1,5 à 2 maal de wanddikte van de trilgoot.

Kosten zijn uiteraard sterk afhankelijk van de lokale situatie.

ENERGIE

Warmteverlies beperken door beter transport van het gesmolten metaal

Beschrijving

In de periode tussen het aftappen van het metaal in de oven en het afgieten van de vorm moet het warmteverlies van het metaal zoveel mogelijk vermeden worden.

Afhankelijk van infrastructuur en gietproces zijn verschillende maatregelen mogelijk:

- afdekken uitloopgoten (koepeloven);
- afdekken en beter isoleren van transport- en gietpannen;
- transportafstanden verkorten;
- het toepassen van geautomatiseerde transportsystemen.

Het beperken van warmteverliezen heeft tot gevolg dat de taptemperatuur aan de oven verlaagd kan worden.

Toepassingsgebied

Deze maatregel is niet toepasbaar als de taptemperatuur niet kan worden verminderd door metallurgische en procestechnische overwegingen. Daarnaast is de toepasbaarheid afhankelijk van het gebruikte transportsysteem.

Milieuvoordelen

Een lagere temperatuur van de smelt betekent een vermindering van de smeltenergie en leidt dus tot een lagere CO₂-uitstoot.

Investerings en exploitatiekosten

Investeringskosten:	Deze zijn afhankelijk van de uitvoering.
Baten:	Energiebesparing.

Overschakelen op een inductiekroesoven met een hoger geïnstalleerd vermogen

Beschrijving

Hoe sneller de metaalcharge in een inductieoven wordt ingesmolten en getapt, des te lager is het specifieke energieverbruik (uitgedrukt in kWh per ton gesmolten metaal). Door de noodzakelijke waterkoeling van de inductiespoel en de begrensde wanddikte van het vuurvaste, wordt immers heel wat warmte aan de lading onttrokken (ordegrootte 20 á 30% van de toegevoegde energie). Als het metaal langer in de oven verblijft, zullen de warmteverliezen groter zijn.

Ovens met een klein geïnstalleerd vermogen (300 kW per ton kroesinhoud) moeten werken met een permanent smeltbad van ongeveer tweederde van de kroesinhoud om een aanvaardbare insmelttijd te behalen. Hierdoor zijn de warmteverliezen groter.

Een middelfrequente (MF) oven met een groot geïnstalleerd vermogen (750 á 1.000 kW per ton kroesinhoud) smelt met beduidend lagere warmteverliezen, doordat:

- de metaallading in een kleinere tijdsduur op temperatuur wordt gebracht;
- de oven na elke smeltbeurt volledig wordt leeggetapt en er met een koude lading weer wordt gestart;
- de oven, voor eenzelfde productiecapaciteit (ton gesmolten metaal per uur), compacter is gebouwd, waardoor minder wandverliezen optreden.

Toepassingsgebied

Deze maatregel is alleen toepasbaar voor nieuwe installaties.

Milieuaspecten

Minder smeltenergieverbruik dus minder CO₂-emissie.

Investerings en exploitatiekosten

Investeringskosten: De kosten van een MF-oven zijn zeer afhankelijk van het volume van de oven.

Baten: Energiebesparing.

Afzuiginstallaties beter op het proces afstemmen

Beschrijving

In vele toepassingen bedient één centrale afzuig- en filterinstallatie meerdere werkposten. Hierdoor ontstaan grote debieten en ladingsverliezen (door het vertakte leidingnet). Het energieverbruik van de ventilator, het persluchtverbruik (van het reinigingsmechanisme bij doekfilters) vermeerderd met de aan de werkruimte onttrokken warme lucht vertegenwoordigt een belangrijke energiehoeveelheid, waarop door de volgende maatregelen kan worden bespaard:

- aanpassen van het aanzuigdebiet aan de behoefte per werkpost;
- controleren van het reinigingsmechanisme (klopfrequentie);
- koppelen van de bedrijfstijd van de afzuiging met de werktijd aan iedere werkpost (onnodig draaien voorkomen);
- voor gesloten werkposten, zoals straalcabines, kan de aanzuiglucht van buitenaf worden betrokken.