NIEUW

Bewerking: Geert van den Handel

Het hoogovenproces

NIL

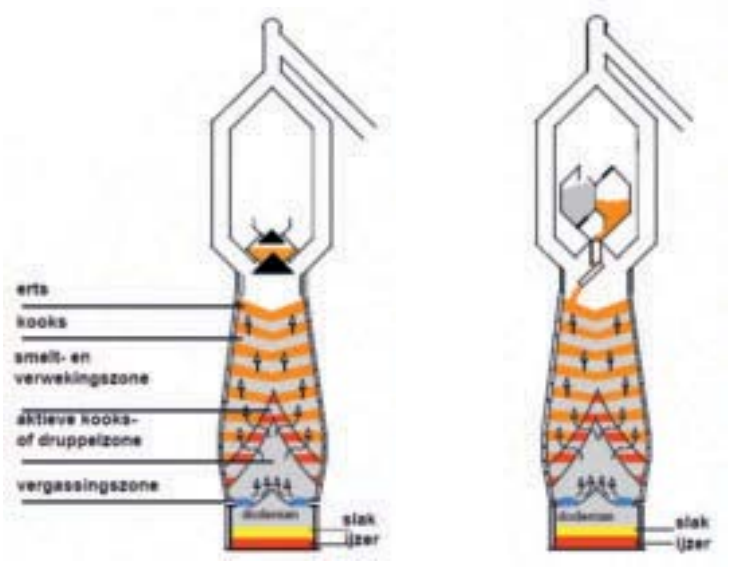
In navolging van de succesvolle serie Laskennis Opgefrist is het moment aangebroken om een andere kant van de lastechniek te gaan belichten. In deze nieuwe rubriek zal de focus meer komen te liggen op de materiaalkundige kant van het vakgebied, met een directe relatie naar het lassen. Voordat er kan worden gelast, zal er ook enige voorkennis moeten zijn van het te lassen basismateriaal en hoe dit tot stand is gekomen. In deze eerste aflevering van 'Materialenkennis voor de laspraktijk' belichten we het materiaal staal en het hoogovenproces.

De grondstof voor de productie van staal en gietijzer is ruwijzer, het product van het hoogovenproces. De hoogoven is een schachtoven met een cirkelvormige dwarsdoorsnede. In figuur 1 is hiervan een langsdoorsnede gegeven, terwijl in figuur 2 een schema van de materiaalstromen rondom de hoogoven wordt getoond.
In de hoogoven worden ijzerertsen bij hoge temperatuur gereduceerd met cokes*. Vroeger werden de ertsen na malen tot een bepaalde stukgrootte samen met cokes en een toeslag - voornamelijk bestaande uit kalksteen - direct in de hoogoven gestort. Tegenwoordig ondergaan de ertsen meestal een uitgebreid voorbereidingsproces om fijnkorrelige ertsen te kunnen verwerken en om de reductie te versnellen, waardoor de capaciteit van de hoogoven groter wordt.

Ertsvoorbereiding
De ertsvoorbereiding gebeurt op twee manieren om de voor de hoogoven meest gunstige vorm te verkrijgen. Het erts wordt óf gesinterd óf tot 'pellets' (knikkers) verwerkt. Dit is afhankelijk van de korrelgrootte van het uitgangsmateriaal. Indien het erts niet in poedervorm aanwezig is, wordt het gesinterd, wat als volgt wordt uitgevoerd:
Na het breken tot korrelgrootten kleiner dan zes millimeter worden de ertsen gemengd met brandstof (poederkool of cokes) en toeslag (meestal kalksteen). Dit mengsel wordt op de lopende band van een doorloopoven gebracht en aangestoken. Door de verbranding van de kool wordt de temperatuur hoog genoeg om de ertsen aan elkaar te laten bakken (sinteren) tot een poreuze koek. Deze wordt, na afkoeling, gebroken tot de voor de hoogoven meest geschikte brokgrootte (twintig tot veertig millimeter). De goede gasdoorlaatbaarheid van het gesinterde erts maakt een snelle reductiereactie in de hoogoven mogelijk.
In de pelletsfabriek wordt zeer fijn gemalen ertspoeder - 0,01 tot 0,1 millimeter - dat niet geschikt is om gesinterd te worden, gemengd met water en bindmiddelen in de vorm van klei, kalksteen en koolpoeder. Dit poedermengsel wordt in draaiende trommels omgevormd tot knikkers van tien tot dertig millimeter diameter. Deze worden vervolgens gebakken in

Hoogoven 6 bij Corus Strip Products IJmuiden. Hier wordt circa 6,9 miljoen ton staal per jaar geproduceerd. Kernmarkten van Corus IJmuiden zijn automobiel-, verpakking- en bouwindustrie.

een doorloopoven, waardoor ze voldoende sterkte en poreusheid verkrijgen om in de hoogoven te worden geladen.
Door deze ertsvoorbereiding wordt een gelijkmatige vulling mogelijk met minder kans op verstoppen van de hoogoven, terwijl de ertsen zodanig gemengd kunnen worden dat men steeds met nagenoeg dezelfde samenstelling werkt. De oven werkt jarenlang continu door. Van boven worden er afwisselend lagen cokes en ertssinter of pellets ingestort via een gasdichte sluis; van onderen wordt er hete lucht ingeblazen. De cokes levert de voor het hoogovenproces benodigde warmte en werkt als reductiemiddel. Het thermische effect kan worden versterkt door olie en poederkool te injecteren in de verbrandingslucht waarbij cokes wordt bespaard. Aan het erts wordt kalksteen toegevoegd om de silicaten* uit het ganggesteente te binden tot een dun-vloeibare slak.
Onder in de haard verzameld zich het neerdruppelende ijzer waarin 3,5 tot 4,5 procent koolstof is opgelost, zodat het smeltpunt circa 1150 ˚C bedraagt. Dit ruwijzer* wordt met regelmatige tussenpozen afgetapt. De slak waarin een deel van de verontreinigingen wordt opgenomen, wordt gescheiden afgetapt en gegranuleerd. Deze slak dient onder andere als grondstof voor de fabricage van cement. De ontwijkende hoogovengassen, die gedeeltelijk uit brandbaar CO bestaan, worden opgevangen en na reiniging benut voor het voorwarmen van de blaaslucht of voor de opwekking van elektriciteit.



Figuur 1 - Doorsnede van de hoogoven met de belading

Reacties in de hoogoven
De onderin de hoogoven toegevoerde, tot circa 900 ˚C voorverwarmde, lucht verbrandt de cokes volgens de reactie:

$2C + O_2 \rightarrow 2\ CO$

Het gevormde gasmengsel bestaat dan uit 33 procent CO en 67 procent N_2 met een temperatuur van zo'n 1800 ˚C. Dit gasmengsel stijgt in de oven omhoog, verwarmt daarbij de ovenlading en reduceert de in de vorm van FeO aanwezige vloeibare ijzeroxiden* volgens de reactie:

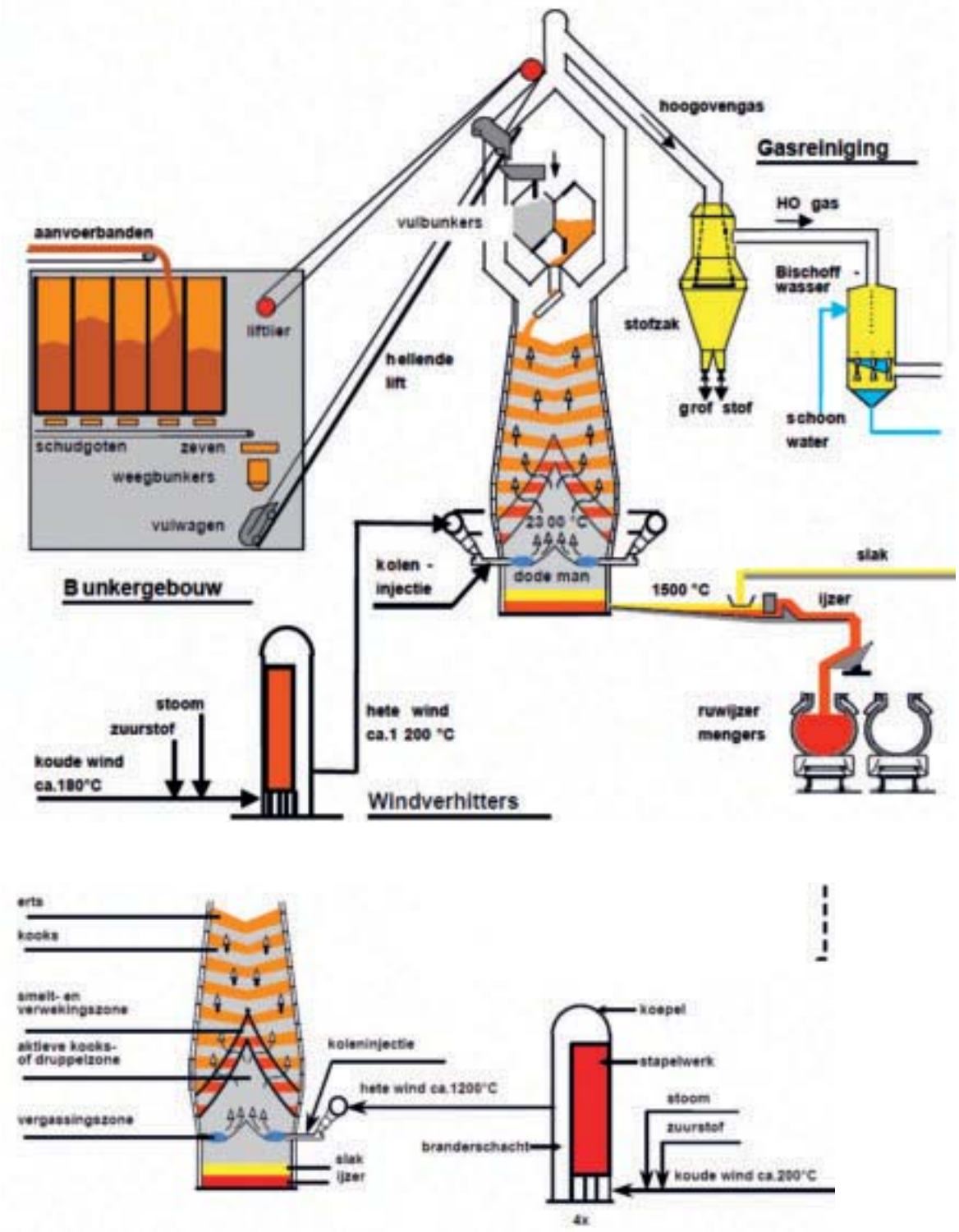
$FeO + CO \rightarrow Fe + CO_2$

De nog in overmaat aanwezige koolstof zet de CO_2 weer om in CO, waardoor de ijzeroxiden-reductie kan blijven doorgaan:

$CO_2 + C \rightarrow 2\ CO$ (Boudouard-reactie)

Het gevormde vloeibare ijzer sijpelt door de cokeslading omlaag en wordt daarbij verzadigd met koolstof tot een gehalte van 3,5 tot 4,5 procent. Tenslotte verzamelt het ruwijzer zich onderin de hoogoven. Het verder opstijgende en door opwarming en smelting van de hoogovenlading afkoelende mengsel van CO en N_2 bereikt ongeveer midden in de hoogoven de temperatuur van 900 ˚C. Beneden deze temperatuur verloopt de Boudouard-reactie niet meer. Door de onder deze omstandigheden toch nog optredende ijzeroxiden-reductie zal het hoogovengas rijker worden aan CO_2 en langzaam het vermogen verliezen om FeO te reduceren. Wel kunnen dan de ijzerertsen Fe_2O_3 en Fe_3O_4 nog worden omgezet in FeO onder verdere vorming van CO_2.
Boven in de hoogoven vindt voornamelijk nog een opwarmen en drogen van de hoogovenlading plaats door de opstijgende gassen, die ten slotte de hoogoven verlaten met een temperatuur van zo'n 200 ˚C en een samenstelling van 25-30% CO, 10-15% CO_2, 60% N_2 en verder kleine hoeveelheden H_2O, SO_2 en vliegas, die in de gasreinigingsinstallatie worden verwijderd.
Behalve ijzeroxiden worden in de hoogoven ook kleine hoeveelheden andere oxiden uit de ijzerertsen of uit de toeslag gereduceerd. Deze worden opgenomen in het vloeibare ruwijzer, dat daardoor zijn uiteindelijke samenstelling krijgt.

Productiecapaciteit moderne hoogovens
Het hoogovenproces is de laatste 150 jaar niet principieel veranderd. Wel is de productiecapaciteit van de hoogovens voortdurend opgevoerd, onder meer door



Figuur 2 - Materiaalstromen rondom de hoogoven

vergroting van de diameter van de hoogovens, door verbetering van de ertsvoorbereiding en door vergroting van de gasdruk in de ovens. De modernste hoogovens hebben een inwendige diameter van circa veertien meter en een productie van ongeveer 10.000 ton ruwijzer per etmaal. In Nederland wordt ruwijzer via dit proces geproduceerd bij Corus, het hoogoven- en staalbedrijf in IJmuiden. Hier wordt al het ruwijzer omgezet in staal en verder verwerkt. Een andere mogelijkheid is om een deel van het ruwijzer uit te gieten in gietbroodjes of gietelingen*, die in gieterijen verwerkt kunnen worden tot gietijzer.

Het ruwijzer bevat naast 3,5 à 4,5 procent koolstof als voornaamste bijmengsels silicium (ten gevolge van reductie van het ganggesteente), mangaan (in veel ertsen aanwezig), fosfor (uit ertsen en ganggesteente) en zwavel (uit ertsen en cokes). Afhankelijk van de ladingssamenstelling, de toeslagstoffen zoals kalk en nog enkele procesvariabelen kunnen verschillende soorten ruwijzer worden geproduceerd. Voor de staalfabricage is de globale samenstelling: 3,5-4,5% C, 0,3-1% Si, circa 1% Mn, P < 0,5%, S < 0,06%, en de rest Fe. ■

** Een verklaring van dit woord is opgenomen in de Vakjargonlijst elders in deze uitgave*