



## De behandeling van staal

In de eerste twee afleveringen van deze rubriek gingen we in op het hoogovenproces (aflevering 1) en de bereiding van staal (aflevering 2). Deze maand belichten we de verdere behandeling van het vloeibare staal. Voordat het staal gereed is om gegoten te worden, ondergaat het nog een speciale behandeling waarbij een groot deel van de uiteindelijke eigenschappen wordt bepaald.



Bij de bereiding van staal uit ruwijzer\* wordt door het blazen van zuurstof de in het ruwijzer aanwezige koolstof (circa 3,5 procent) grotendeels verwijderd. Aan het einde van dit proces bevat het vloeibare staal een koolstofgehalte van ongeveer 0,1 procent en een overmaat aan opgelost zuurstof. Voordat het staal verder verwerkt kan worden, moet eerst de opgeloste zuurstof verwijderd worden.

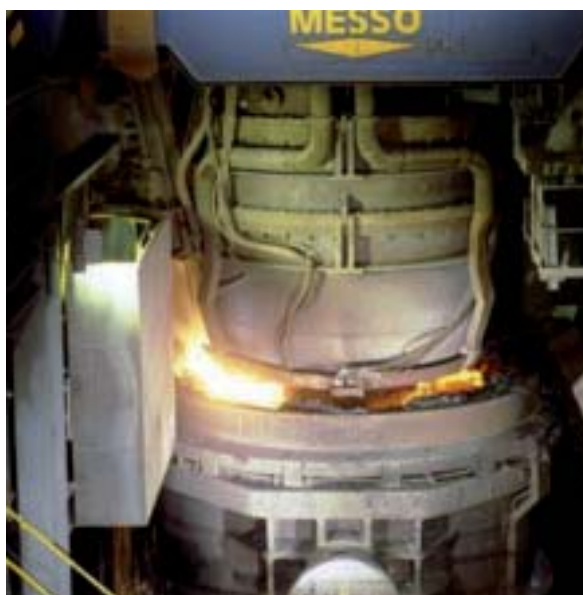
Als de temperatuur van het staal daalt, neemt de oplosbaarheid van de zuurstof in het staal af. Hierdoor reageert de vrijgekomen zuurstof met de koolstof die aanwezig is in het staal tot koolstofmonoxide, wat als gas zal ontwijken. Bij stolling zullen er gasbellen ontstaan met de kans op gasinsluitingen en dit is uiteraard ontoelaatbaar.

De zuurstof wordt uit het staal gehaald door ferromangaan toe te voegen. Dit is een legering van ijzer, mangaan en koolstof. De zuurstof bindt zich voor een groot gedeelte aan mangaan tot MnO en wordt opgenomen in de slaklaag die bovenop het vloeibare staal drijft. Het mangaan bindt tevens de laatste resten zwavel aan zich tot MnS. De koolstof uit het ferromangaan heeft tot doel het koolstofgehalte van het staal op het gewenste niveau te brengen.

### Sterke oxidatiemiddelen

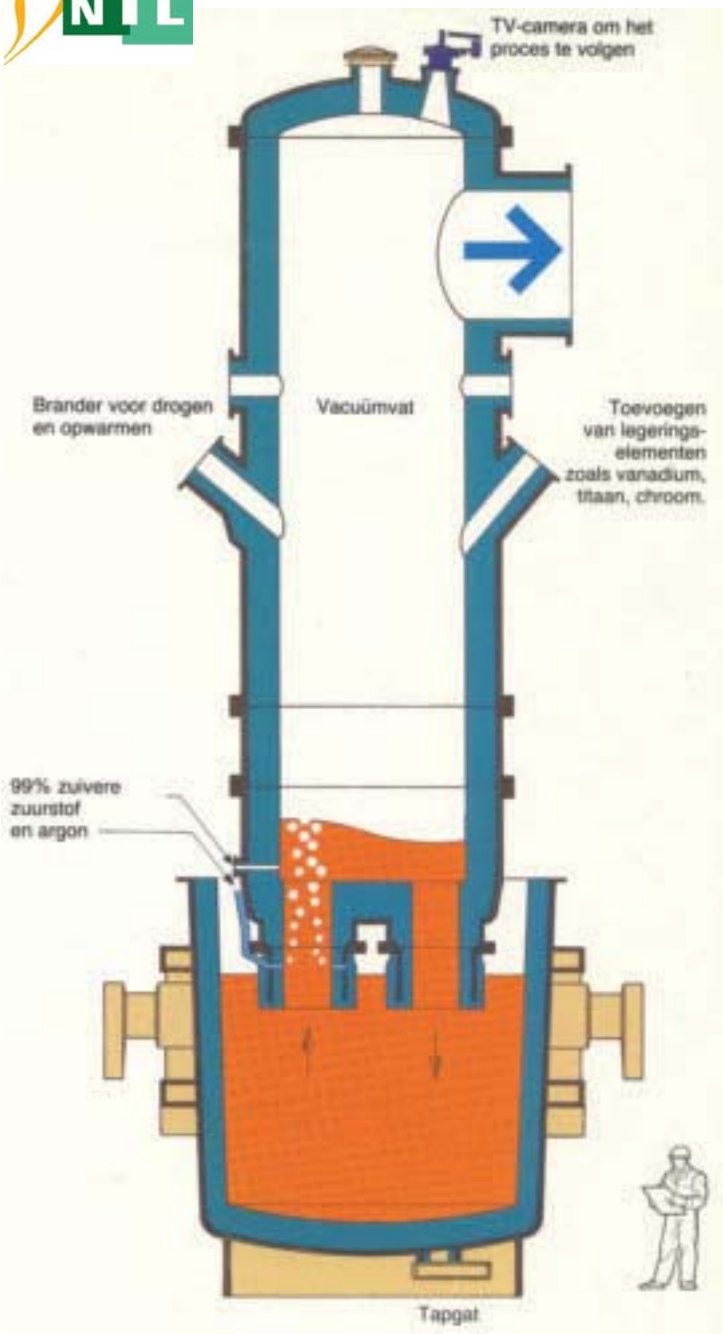
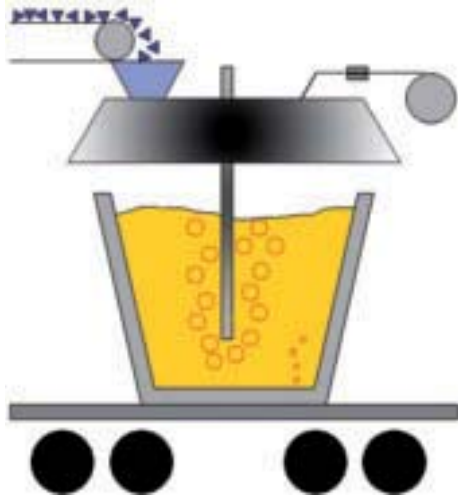
Niet alle zuurstof kan door het ferromangaan worden gebonden. Daarvoor zijn sterkere oxidatiemiddelen nodig zoals silicium en aluminium. Deze middelen zorgen ervoor dat er bij de stolling geen CO-vorming meer kan optreden. Men spreekt dan van gedesoxideerd of gekalmeerd staal. Het wordt ook wel rustig staal genoemd, omdat er bij stolling geen gasontwikkeling plaatsvindt waardoor het stollen rustig verloopt.

De overmaat aan silicium, dat altijd nodig is om de desoxidatie snel en zo volledig mogelijk te laten verlopen, lost in staal op. Gekalmeerd staal zal dus vrijwel altijd silicium bevatten en omgekeerd: als staal silicium bevat (meer dan 0,1 procent), is het gekalmeerd. Het desoxidatieproces wordt gewoonlijk afgerond door toevoeging van een kleine hoeveelheid aluminium aan het staal. Aluminium heeft een nog grotere affiniteit met zuurstof dan silicium. Het nadeel is dat de gevormde aluminiumoxiden Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hard en bros zijn en moeilijk door het staal omhoog stijgen naar de slak. Daarom wordt er doorgaans niet alleen met aluminium gedesoxideerd, maar altijd met een combinatie van silicium en aluminium.



Pan met vacuümvat tijdens en net na de vacuümbehandeling bij Corus IJmuiden. In gemiddeld 25 minuten tijd wordt 320 ton staal behandeld.

Om de gevormde aluminiumoxiden uit het vloeibare staal te krijgen, wordt in de pan met argon gespoeld.



Het onbehandelde staal gaat vanaf de converter direct naar de vacuüm panbehandelingsstand, waar een installatie in de pan wordt geplaatst.

### Spelstand

Voor speciale toepassingen zoals koud vervormbaar staal, bijvoorbeeld voor de automobiellindustrie, is desoxideren met silicium geen optie. Het silicium heeft namelijk een negatieve invloed op de koudvervormbaarheid. Voor deze toepassing wordt het desoxidatieproces daarom alleen met aluminium uitgevoerd. Deze behandelingen vinden plaats in de spelstand of in de vacuümpanbehandeling.

Om de gevormde aluminiumoxiden uit het vloeibare staal te krijgen, wordt in de pan met argon gespoeld. Het spoelen vindt plaats door middel van een speciale spoelsteen in de bodem van de staalpan of met behulp van een holle lans (zie figuur linksboven). De argonbellen nemen de gevormde aluminiumoxiden op hun weg door het staal mee naar de slak. Door het spoelen met argon wordt de panlading gehomogeniseerd\*, zowel naar samenstelling als naar temperatuur. Er kan ook worden gekozen om de pan direct naar de vacuümpanbehandeling te sturen.

Toevoeging van een kleine overmaat aan aluminium zorgt er ook voor dat de aanwezige stikstof wordt gebonden tot aluminiumnitride (aluminium-stikstofverbinding). Het staal wordt hierdoor minder gevoelig voor veroudering\*. Daarnaast zorgt het aluminiumnitride voor een korrelverfijning van het staal, waardoor de sterkte en de taaheid toenemen.

Als laatste stap in deze fase van het proces wordt de temperatuur van het staal gemeten en wordt er een monster genomen om de samenstelling te controleren. Als deze goed zijn, gaat de pan met staal verder naar bijvoorbeeld de continue gietmachine of naar de panoven.

### Vacuümpanbehandeling

Voor een aantal toepassingen moet het staal nog schoner zijn, bijvoorbeeld voor dieptrekkwaliteiten. Bij het dieptrekken wordt de wand van het product dusdanig uitgerekt dat er geen insluitsels in het staal mogen zitten, omdat er anders scheurtjes kunnen ontstaan. Dit staal wordt onder meer toegepast in de verpakkingindustrie, bijvoorbeeld in batterijhulzen en drankenbussen.

Het onbehandelde staal gaat vanaf de converter direct naar de vacuüm panbehandelingsstand, waar een installatie in de pan wordt geplaatst (zie figuur links-onder). Door het vacuüm en het blazen van argon in één pijp ontstaat een opwaartse stroom en wordt het staal uit de pan omhoog in de installatie gestuwd. Hierdoor ontstaat een circulatie. De desoxidatie vindt nu plaats onder vacuüm door CO-emissie. De natuurwetten geven een vaste verhouding tussen het opgeloste koolstof en zuurstof in het staal. Deze verhouding is afhankelijk van de druk waaraan het staal bloot staat. Als de druk wordt verlaagd, verandert de



verhouding en zal er minder koolstof in het staal kunnen oplossen. Hierdoor ontstaat een natuurlijke ontgassing in de vorm van koolstofmonoxide. Door het ontkolen in het vacuümvat ontstaat de mogelijkheid om ultralaag koolstofstaal te maken en kunnen onder toevoeging van zuivere zuurstof extra lage koolstofpercentages worden gehaald van circa 0,002 procent. Door de stroming ontstaat een zeer homogene samenstelling van de lading. Hierdoor hoeft er veel minder aluminium aan het staal te worden toegevoegd om het rustig te maken. Tevens is de hoeveelheid van andere ongewenste insluitsels zoals silicaten een stuk minder. Tijdens de behandeling kunnen er toeslagstoffen aan het staal worden toegevoegd. Het gehele proces wordt met videocamera's bewaakt. Na de vacuümpanbehandeling is het staal klaar om gegoten te worden.

### **Panoven**

Een panoven is een installatie die het staal in de pan op temperatuur kan houden, maar indien nodig ook kan verhitten tot de gewenste temperatuur. Over de

pan wordt een deksel geplaatst met daarin elektroden die een groot elektrisch vermogen afgeven. Door de kortsluiting tussen het staalbad en de elektroden ontstaat een vlamboog die het oppervlak van het staalbad verhit. Voor een gelijkmatige verhitting wordt door middel van spoelen met argon via een bodemsteen in de staalpan het staal geroerd.

Vaak kunnen dezelfde behandelingen zowel worden uitgevoerd in de panoven als in de spoelstand. Een panoven biedt mogelijkheden voor een flexibelere bedrijfsvoering. Als er problemen zijn met bijvoorbeeld de gietmachine, kan het staal niet gelijk worden uitgegoten. In dat geval kan de panoven uitkomst bieden door het staal langer op de juiste temperatuur te houden. ■

### **Referenties**

- Metaalkunde deel 2, B.M. Korevaar, G. den Ouden, 1991.
- Productinformatiecyclus Corus.

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