

Complexe processen met complexe én eenvoudige wiskunde

De deksel van de jampot, de sleutel van de voordeur, het frame van je fiets ... overal om je heen vind je ijzer en staal. Het begint als ijzererts dat in enorme hoogovens wordt gesmolten. Een grootschalig en ingewikkeld proces. Chemisch technoloog Alida Veerman vertelt over 'haar' ovens bij Tata Steel en hoe ze met behulp van wiskunde miljoenen euro's bespaart.



Alida Veerman

Op de kasten rond haar werkplek staan allerlei brokstukken materiaal en potten met kleine brokjes. Het zijn monsters van de ingrediënten voor een goedlopende oven. Alida Veerman weet als geen ander wat je moet doen om een hoogoven jaren achter elkaar, 24 uur per dag, 7 dagen per week in bedrijf te houden en gesmolten ijzer te leveren van een constante kwaliteit. Het is een boeiend verhaal.

Rekenen en optimaliseren

In een hoogoven wordt ijzererts (ijzeroxide) met zuurstof en koolstof gemengd en verhit. Bij hoge temperaturen vinden een aantal chemische reacties plaats. De belangrijkste zijn:

- de vorming van CO: $2C + O_2 \rightarrow 2CO$
- de reductiereactie $Fe_2O_3 + 3CO \rightarrow 3CO_2 + 2Fe$ waarbij ijzeroxide wordt omgezet in ijzer
- de reactie $CO_2 + C \rightarrow 2CO$ waarbij CO_2 weer wordt omgezet in CO dat vervolgens opnieuw een reactie met ijzeroxide aan kan gaan.



Een tapgat van een hoogoven wordt open geboord en het ruwijzer stroomt naar buiten.

Het gas dat uit de hoogoven komt, is een mengsel van CO_2 en CO en gaat als brandstof naar een energiebedrijf. Het slakzand dat bij het verbrandingsproces vrijkomt wordt verwerkt in cement. Het vloeibare ijzer gaat in enorme 'thermosflessen' naar de staalfabriek. "De afgetapte vloeistof bestaat voor ongeveer 94% uit ijzer. Er zitten altijd nog kleine hoeveelheden van andere componenten in zoals koolstof en zwavel. Als de staalfabriek 100 ton ijzer bestelt, moet ik dus meer dan 100 ton vloeistof opsturen. Hoeveel precies moet ik dan eenvoudig berekenen."

Als een hoogoven eenmaal is opgestart, blijft hij jarenlang, non-stop in bedrijf. In die tijd wordt hij continu bijgeladen met grondstoffen. Veerman laat twee potten met monsters zien: één met grillig gevormde brokjes en één met kleine, grijze knikkers. "De grillige brokjes zijn sinter", legt ze uit. "Sinter bevat ijzererts en heeft een mooie open structuur. Hierdoor kan het CO-gas makkelijk bij het erts. De bolletjes zijn pellets, samengeperst poeder van ijzererts. Een eigenschap van pellets is dat ijzererts in deze vorm veel sneller reduceert." Om van beide eigenschappen te kunnen profiteren, gebruikt Veerman een mix van sinter en pellets. "Een derde belangrijke grondstof is cokes, een soort gezuiverde steenkool. Cokes dient als reductiemiddel en levert de koolstof die nodig is om CO-gas te vormen."

De grondstoffen worden bovenin de oven geladen: een laag sinter en pellets, een laag cokes, weer sinter en pellets en zo door, een beetje zoals lasagne. In ongeveer acht uur zakt het materiaal door de oven naar beneden. In die tijd vinden de chemische reacties plaats en smelt het ijzer uit het ijzererts.

De kwaliteit van het ovenproces hangt nauw samen met de kwaliteit van de grondstoffen. Pellets kunnen te bros zijn. Cokes kan te nat zijn. "Het is makkelijk om alleen de beste grondstoffen te gebruiken", vertelt Veerman, "maar daar hangt wel een prijskaartje aan. Als je goedkope, maar slechtere sinter en pellets gebruikt, heb je extra cokes nodig om de oven gaande te houden. Dan ben je dus nog duur uit. Ik ben constant op zoek naar een mix van grondstoffen waarmee de oven goed blijft draaien en de kosten laag blijven." Een hoogoven verwerkt enorme hoeveelheden ijzererts en cokes. Een kleine besparing kan op jaarbasis miljoenen euro's schelen.

Een wereld van wiskunde

De effecten van temperatuur, vocht, koolstofgehalte, brosheid van de grondstoffen en veel meer, worden uitgebreid bestudeerd in het laboratorium. Als het regent, is de lucht die in de oven wordt geblazen vochtiger dan bij mooi weer. Kolen met een iets andere samenstelling kan een hogere temperatuur geven. "Aan de hand van grafieken probeer ik zoveel mogelijk trends te volgen", aldus Veerman. "Onze researchafdeling ontwikkelt uitgebreide modellen die allerlei invloeden nauwkeurig beschrijven. Voor de dagelijkse praktijk hebben we dat teruggebracht naar een model van een paar regels. Hiermee kunnen de operators het ovenproces bijregelen. Het is een klein en krachtig model waar een wereld van wiskunde achter zit."

Een van de ergste scenario's is dat een hoogoven 'invriest'. Een beetje misleidende term die aangeeft dat het materiaal in een (gloeïend hete) oven vastzit. De lagen met grondstoffen zakken niet meer naar beneden. Het enige dat je dan kunt doen is de oven stilleggen. "Dit dreigde bij een Zweeds staalbedrijf een keer te gebeuren met een nieuwe partij pellets. Onderzoek wees uit dat die pellets in een bepaald gebied van de oven gingen uitzetten." Modellen kunnen helpen dit soort problemen te voorkomen.

Nog steeds een raadsel

Ondanks alle modellen is het nog steeds een raadsel wat er precies in een hoogoven gebeurt. Labtesten kun je niet zomaar opschalen. Ovens met een diameter van 20 meter blijven een soort 'zwarte doos'. Veerman vindt het dan ook zeer waardevol dat een Zweeds pelletbedrijf een soort proeftuin heeft gebouwd, een kleine hoogoven met een doorsnede van een meter. "Die wordt twee keer per jaar opgestart en draait dan tien weken. We noemen dat een campagne. Veel staalbedrijven maken gebruik van de mogelijkheid om hier testen te doen."

Veerman heeft aan een aantal Zweedse campagnes meegedaan. "Gewoon meedraaien in de ploegendienst. Daarna praten we nog weken na over de resultaten." De modellen en simulaties worden hiermee steeds verder aangescherpt. Zo wordt het raadsel van de hoogoven stukje bij beetje ontsluit.

In de schooltv-serie 'Wiskunde voor de brugklas' krijgt u een kijkje in de praktijk van Alida Veerman. In aflevering 2 van 31 maart 2011 vertelt zij over de toepassing van formules in de staalfabriek van Tata Steel. U vindt deze aflevering op <http://player.omroep.nl/?afIID=12334582>.