

math inside

Productie van flessen

verrassende wiskunde

© LIME BV
Esp 405
5633 AJ Eindhoven

T +31 40 75 16 116
E info@limebv.nl
I www.limebv.nl



Deze teksten vallen onder een Creative Commons Naams-vermelding-Niet-Commercieel-GeenAfgeleideWerken 3.0 Unported-licentie.



A SIOUX COMPANY

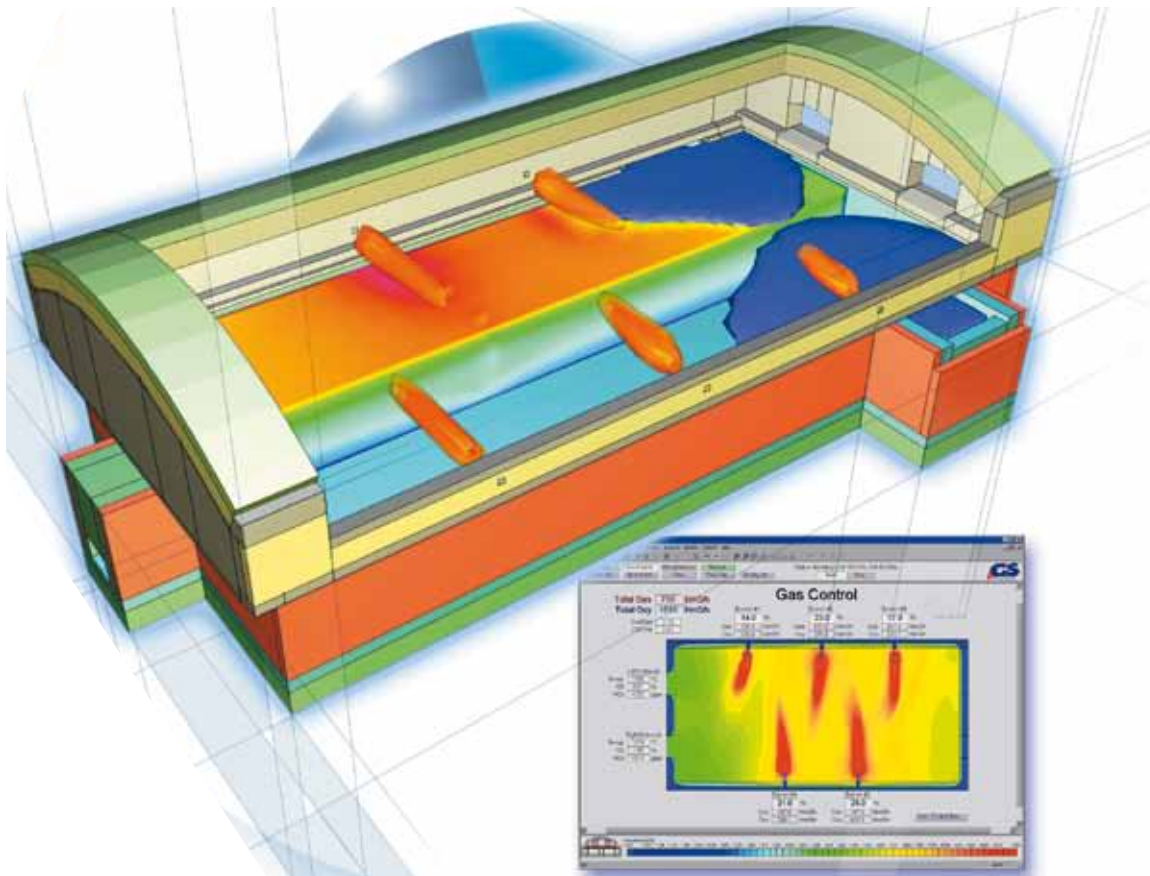
INNOVATION THROUGH COMPUTATION



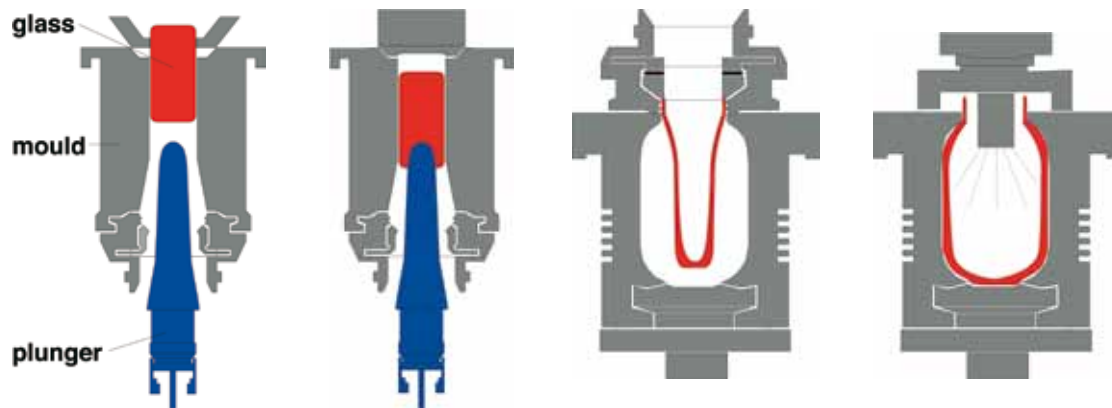
Productie van flessen

Glas is een materiaal dat bruikbaar is voor uiteenlopende toepassingen. Het kan breekbaar zijn maar ook zeer buigzaam, zoals glasvezel. Glas kan in allerlei vormen geperst, geblazen of gegoten worden. Het wordt gemaakt van zand en soda, dat in een grote oven gedurende 24 uur gesmolten en gemengd wordt om uiteindelijk tot fles, pot of vensterglas verwerkt te worden.

Het beheersen van het hele proces, van glasoven tot vorm, leunt sterk op simulatiemodellen. De reden hiervoor is dat het vrijwel ondoenlijk is om bijvoorbeeld de geometrie van een glasoven experimenteel te bepalen, anders dan op grond van ervaring.



Hetzelfde geldt voor de uiteindelijke vormgeving van bijvoorbeeld gebruiksglas. Glazen flessen en potten worden in twee stappen gemaakt. Eerst wordt uit het vloeibare glas door persen of blazen een voorvorm gemaakt. Die wordt daarna uitgeblazen tot de gewenste fles of pot. Beide stappen kunnen gemodelleerd worden als een kruipstroom, omdat glas erg viskeus is. Dit levert de zogenaamde vergelijkingen van **Stokes** op.



Het probleem is complex, mede omdat het glas gekoeld wordt door de mal. De viscositeit neemt exponentieel sterk toe bij een lagere temperatuur. Een van de manieren waarop warmteoverdracht plaatsvindt is straling. Bij hogere temperaturen is straling zelfs de belangrijkste vorm. Stralingssimulatie is dan ook een belangrijk aandachtspunt. Door de grote complexiteit wordt geprobeerd vereenvoudigde stralingsmodellen te gebruiken. Een bekend model is genoemd naar de astronoom **Rosseland**. Dit model geldt echter alleen in een optisch dicht medium, wat neerkomt op voldoende dikte van het glas. De geometrie van de voorvorm bepaalt de uiteindelijke verdeling van het glas in de eindvorm, waarbij de dikte zo gelijk mogelijk moet zijn. Omdat flessen steeds lichter moeten worden (lichter glas betekent minder energie per fles nodig), maar ook vanwege de transportkosten, en omdat, tenslotte, experimenteren duur is, zijn simulatiemodellen de aangewezen manier om de optimale vorm en procesgang te berekenen.

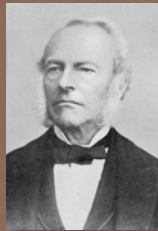
Sir George Gabriel Stokes, 1st Baronet

* 1819 Skreen, Ierland -

† 1903 Cambridge

Stokes studeerde in Cambridge waar hij later de beroemde Lucasian leerstoel kreeg.

Hij was, net als Newton, secretaris en later president van de Royal Society (1885-1890). Hij deed onderzoek op het gebied van stromingsleer en optica. Met Maxwell en Kelvin vormde hij het beroemdste drietal fysici in het negentiende-eeuwse Cambridge. In 1889 werd hij in de adelstand verheven.



Svein Rosseland

* 1894 Hardanger, Noorwegen -

† 1985 Oslo

Rosseland studeerde natuur- en sterrenkunde in Oslo waar hij later hoogleraar werd. Rosseland bezocht een tijdlang Niels Bohr in Kopenhagen en werd beroemd met zijn boek *Theoretical Astrophysics* (1936) waar de naar hem genoemde stralingsbenadering beschreven wordt. In 1857 werd hij commandeur in de (Noorse) St Olavs orde. Het sterrenkundig instituut in Oslo is naar hem genoemd. Overigens het feit dat een model uit de astronomie ook op huishoudschaal van nut is, is een aardige demonstratie van het begrip dimensieloos schalen: de ruimten tussen sterren en sterrenstelsels, waar zich alleen uiterst ijel gas bevindt, is kennelijk optisch dicht genoeg dankzij de enorme onderlinge afstand.

