

# math inside

## Stirlingkoelers

### verrassende wiskunde

© LIME BV  
Esp 405  
5633 AJ Eindhoven

T +31 40 75 16 116  
E [info@limebv.nl](mailto:info@limebv.nl)  
I [www.limebv.nl](http://www.limebv.nl)



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



A SIOUX COMPANY

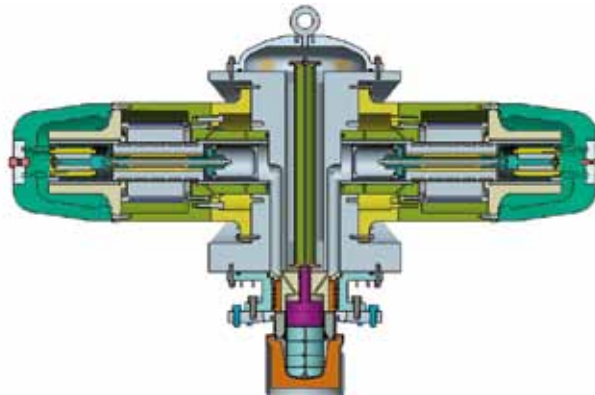
INNOVATION THROUGH COMPUTATION

# Stirlingkoelers

Voor het harden van metalen voorwerpen, temperen genaamd, zijn zeer lage temperaturen nodig, de zogenaamde cryogene temperaturen. Cryogene temperaturen zijn over het algemeen temperaturen beneden de  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Cryogenic hardening is een behandeling van het materiaal waarbij het gekoeld wordt tot een temperatuur van ongeveer  $-185\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Dit gebeurt gewoonlijk met vloeibare stikstof.

Deze lage temperatuur heeft met name invloed op de samenstelling van staal. Het minder harde austeniet wordt dan omgezet in het hardere martensiet. Het proces is erg complex, maar wiskundige modellering hiervan is een nuttig hulpmiddel om de juiste verhouding van deze omzetting te helpen voorspellen.

Een andere belangrijke toepassing is die van supergeleiding. Bij temperaturen dicht bij het absolute nulpunt ( $0^{\circ}\text{ Kelvin} = -273,15^{\circ}\text{ Celcius}$ ) verliezen metalen praktisch hun elektrische weerstand en kan er vrijwel zonder weerstand stroom lopen. Een belangrijke toepassing is die in een MRI-scanner waar een magnetveld (tot 7 Tesla) wordt opgewekt door spoelen die met vloeibaar Helium gekoeld worden.



Voor het bereiken van temperaturen rond die van vloeibaar stikstof ( $-196^{\circ}\text{ C}$ ) is de Stirlingkoeler een efficiënte koelmachine. Deze werkt op basis van twee onafhankelijke zuigers die heliumgas achtereenvolgens samenpersen, verplaatsen en weer laten expanderen, en dit 25 keer per seconde. Bij dit proces wordt warmte van de ene naar de andere plek getransporteerd, hét kenmerk van koelsystemen. In feite is dit op hetzelfde principe gebaseerd als de Stirlingmotor, die echter niet zo geschikt is om een sterk wisselend vermogen dat bij een auto gewenst is, te leveren.





Om het rendement van de Stirlingkoeler te verbeteren is wiskundige modellering nodig. De stroming van de koelvloeistof is turbulent. Met standaardpakketten duurt de simulatie van een cyclus daarom erg lang. Door modellen te vereenvoudigen door speciaal aan de wanden nauwkeuriger te rekenen, kan dit tot redelijke proporties teruggebracht worden. Modellering is ook noodzakelijk bij verdere opschaling naar grotere koelers om dure experimentele tussenvormen overbodig te maken.

## Robert Stirling

\* 1790 Methven, Schotland –

† 1878 Galston, Schotland

De Schotse dominee Stirling is de uitvinder van de naar hem genoemde soort motoren. Als dominee was hij erg bezorgd over de gevaren die zijn parochianen liepen die met stoommachines moesten werken. De stoommachines ontploften namelijk vaak vanwege de slechte kwaliteit van de ijzeren kookplaat. Zijn ontwerp van een alternatieve, minder gevaarlijke machine, die met veel lagere temperaturen werkte, werd in 1817 gepatenteerd, maar het idee werd pas later echt begrepen.



## Heike Kamerlingh Onnes

\* 1853 Groningen –

† 1926 Leiden

Kamerlingh Onnes studeerde wis- en natuurkunde in Groningen en was een tijd leerling van Kirchhoff (Heidelberg). In 1882 werd Kamerlingh Onnes hoogleraar in de experimentele natuurkunde aan de universiteit van Leiden. In 1913 kreeg hij de Nobelprijs voor de Natuurkunde voor zijn onderzoek naar de eigenschappen van materie bij lage temperaturen, wat onder andere leidde tot de productie van vloeibaar helium. De ouders van Kamerlingh Onnes hadden gewoon 'Onnes' als achternaam. Kamerlingh was zijn tweede doopnaam. Bij geboorte was het dus nog H.K. Onnes. Later heeft hij dat laten veranderen in H. Kamerlingh Onnes.

