

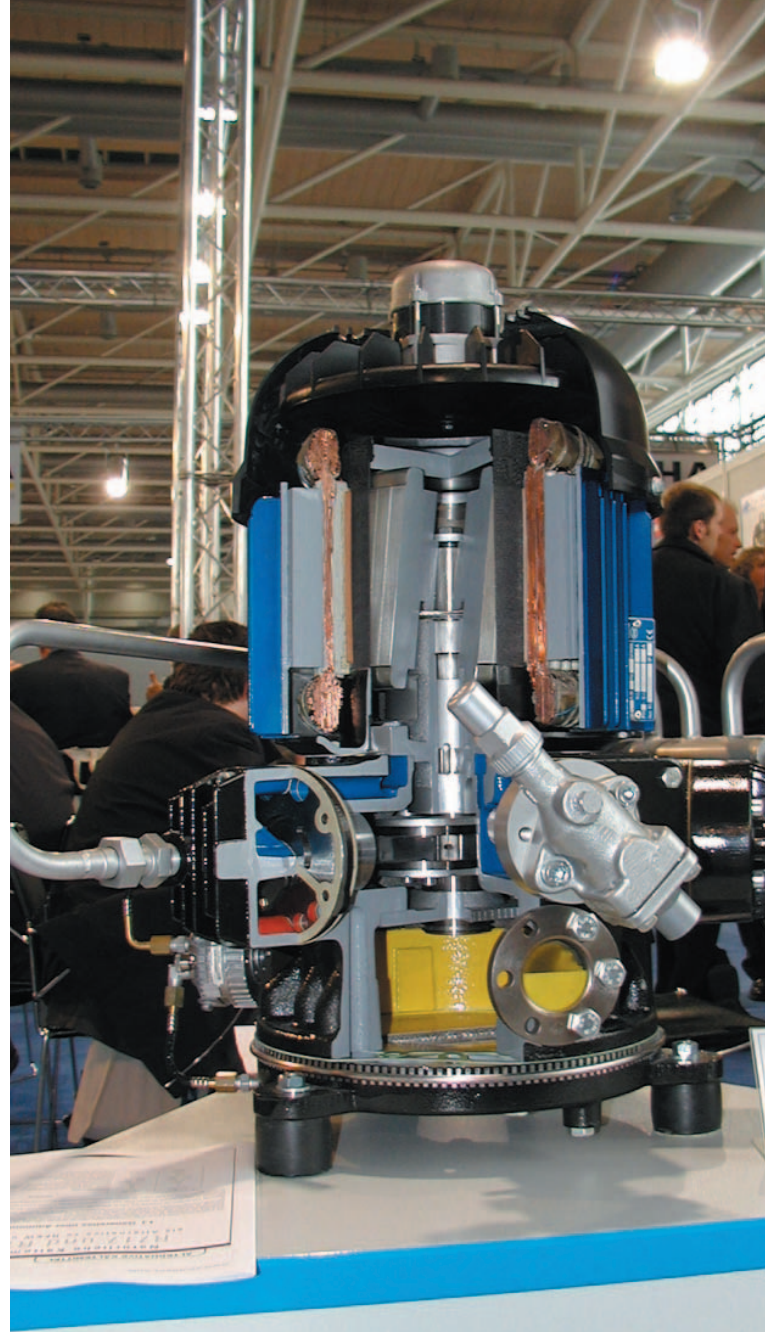
# Koeltechniek

Kooldioxide is een milieuvriendelijk koudemiddel dat vooral voor lage temperaturen wordt gebruikt. Voor toepassing bij hogere temperaturen, zoals in airconditioning en warmtepompen, wordt de druk te hoog. Of toch niet? Op de IKK2003 in Hannover bleek dat de ontwikkelingen snel gaan.

In de beginjaren van de koeltechniek waren het natuurlijke stoffen die als koudemiddel werden gebruikt in koelinstallaties. Behalve ammoniak werden ze geleidelijk verdrongen door synthetische koudemiddelen. Maar toen R11, R12 en R22 massaal werden gebruikt, kwam men tot het inzicht dat deze middelen een ernstige kwaal hadden. Ze veroorzaakten een gat in de ozonlaag. De CFK's R11, R12 en intussen ook de HCFK R22 zitten nu in de strafbank en mogen niet meer mee doen. Er zijn andere, chloorvrije synthetische middelen voor in de plaats gekomen, zoals R134a, R407, R410a en R507.

Deze koudemiddelen presteren iets minder goed, maar ze zijn niet schadelijk voor de ozonlaag. Jammer genoeg zijn ze toch ook weer niet zo milieuvriendelijk als eerst werd gedacht. Het zijn namelijk superbroeikasgassen. Het broeikas effect is zelfs het duizendvoudige tot het tienduizendvoudige van dat van CO<sub>2</sub>, het als grote boosdoener bekend staande broeikasgas. Het broeikas effect van tien kilo R134a dat door lekkage of bij een reparatie vrijkomt, is gelijk aan een emissie van dertien ton CO<sub>2</sub>. Bij R410a is een dergelijke lekkage zelfs gelijk aan 37,5 ton CO<sub>2</sub>. Dat tikt aan. De invloed van lekkage van koudemiddelen op het klimaat blijkt dan ook niet te verwaarlozen. In Kyoto hebben landen daarom afspraken gemaakt om deze koudemiddelen op termijn te gaan vervangen.

Eigenlijk is het dan ook niet zo gek, dat men weer terug gaat naar de natuurlijke koudemiddelen. Op de recente internationale tentoonstelling voor koudetechniek en klimaatinstallaties IKK2003 in Hannover waren er twee duidelijke favorieten: ammoniak (NH<sub>3</sub>) - R717 in de vaktaal van de koeltechniek - en koolzuur ofwel CO<sub>2</sub> (R744). Beide hebben prima koeltechnische eigenschappen en zijn onschadelijk voor de ozonlaag. Ammoniak is wel een onprettige stof bij lekkages. CO<sub>2</sub> heeft ten opzichte van



*Semi-hermetische compressor van Frigopol voor ammoniak en R723*

## KORT

Synthetische koudemiddelen worden vanwege hun ozonaantastende en broeikaswerking steeds meer vervangen door de natuurlijke koudemiddelen ammoniak en kooldioxide. Op de internationale tentoonstelling voor koudetechniek en klimaatinstallaties IKK2003 in Hannover waren veel innovaties op dit gebied te zien. Zo stonden er de eerste warmtepompboiler met CO<sub>2</sub> als koudemiddel en prototypes van transkritische CO<sub>2</sub>-compressoren. En wat te denken van een absorptiekoelmachine op zonne-energie. TNO-MEP was de enige Nederlandse vertegenwoordiger op de beurs met onder andere de air cycle, een systeem met lucht als koudemiddel.

# gaat terug naar de natuur

andere koudemiddelen een uiterst gering broeikas effect en levert geen grote veiligheidsproblemen op. In de koeltechniek wordt dit koudemiddel daarom alweer gebruikt voor lage temperaturen, meestal in combinatie met ammoniak als tweede trap. Maar voor airconditioning en warmtepompen heeft CO<sub>2</sub> nog een boeiende ontwikkeling te gaan. Daar wordt van verschillende kanten hard aan gewerkt.

**Superkritisch** Bij hogere temperaturen zoals voor airconditioning en warmtepompen zorgt CO<sub>2</sub> als koudemiddel voor een bijzonder effect. De stof komt voorbij zijn kritische punt en vloeibaar maken in een condensor is dan onmogelijk. Het koelproces verloopt iets anders dan gebruikelijk. De compressor brengt het kooldioxide op hoge druk en temperatuur. Vervolgens wordt het afgekoeld en daarna geëxpandeerd waarbij de temperatuur fors daalt. Na gebruik als koelmiddel gaat het weer terug naar de compressor. Voor warmtepompen is dit een aantrekkelijke situatie. De warmte die bij het afkoelen vrijkomt, kan in tegenstroom met een glijdend temperatuurverloop worden teruggewonnen. Dat maakt het mogelijk om heet water te produceren met een warmtepomp op een conventionele warmtebron, iets dat met synthetische koelmiddelen niet gaat. De bekende warmtepompen hebben al veel moeite om de vanwege legionella vereiste watertemperatuur van zestig graden voor tapwater te behalen. Het rendement is dan niet aantrekkelijk meer. Sanyo had op de IKK2003 de eerste warmtepompboiler met CO<sub>2</sub> als koudemiddel. Deze eersteling was nog een versie voor de Japanse markt, maar men komt binnenkort ook met een Europese versie. Het apparaat haalt de warmte uit de buitenlucht en kan zelfs tot -20 graden Celsius buiten de boiler boven de zestig graden Celsius houden.

Een probleem bij de ontwikkeling van waterkoelmachines en warmtepompen met dit koudemiddel is de hoge druk. De superkritische installaties draaien met persdrukken van honderd bar of hoger. Dat is nog even wennen in de koeltechniek, maar de compressorfabrikanten trekken hard aan deze ontwikkeling. Verschillende bedrijven zoals Dorin, Bock, Danfoss en Bitzer hadden een zogenaamde transkritische CO<sub>2</sub>-compressor op de stand. Weliswaar waren het allemaal nog prototypes, maar het is duidelijk dat er een boeiende ontwikkeling op gang komt. Ook in de automobiellindustrie wordt aan CO<sub>2</sub> als koudemiddel voor airco's en warmtepompen gewerkt. Bock toonde al een prototype van een compressor voor autobussen op CO<sub>2</sub>.

**Bierbrouwer** Op de gezamenlijke stand van het instituut voor koudetechniek en warmtepompen van TNO-MEP met haar Duitse partner FKW werden een paar

uiterst fraaie ontwikkelingen met CO<sub>2</sub> getoond. Zo werkt men voor de Oostfriese bierbrouwer Jever aan een gasexpansiemachine voor CO<sub>2</sub>. Bij Jever wordt het koolzuur dat vrijkomt bij de gisting, onder hoge druk opgeslagen om vervolgens op lage druk te worden gebruikt bij het vullen van de bierflesjes. Het is de bedoeling om de drukverlaging te gebruiken voor het opwekken van koude en van groene stroom met een kleine gasexpansiemachine. Dirk Gebhardt van FKW (Forschungszentrum für Kältetechnik und Wärmepumpen) verwacht dit project volgend jaar te kunnen realiseren met een speciaal ontwikkelde *low budget* expansiemachine. Het concept is volgens hem bruikbaar bij alle bierbrouwerijen.

In Hannover wordt ook gewerkt aan de ontwikkeling van een bodemwarmtewisselaar voor warmtepompen, die niet werkt met water en glycol als antivries maar met CO<sub>2</sub>. Dat is niet alleen milieuvriendelijk, maar spaart ook pompenergie uit. Vloeibare CO<sub>2</sub> stroomt naar beneden, verdampt en stijgt op naar boven, waar de damp weer gecondenseerd wordt in een warmtewisselaar.

Ook TNO-MEP werkt aan CO<sub>2</sub>. Voor dit koudemiddel staat in Apeldoorn een speciale testfaciliteit. Maar TNO-MEP werkt evenals partner FKW ook aan andere natuurlijke koudemiddelen zoals ammoniak en water. Daarbij wordt gekeken naar toepassing in sorptiekoelmachines, één van de aandachtsgebieden van TNO-MEP. Zelfs lucht als koudemiddel is mogelijk. In Apeldoorn is een installatie gebouwd met dit koudemiddel met een cyclus van comprimeren, koelen, expanderen en warmte opnemen. Behalve als toepassing in vliegtuigen en supersnelle treinen lijkt de *air cycle* echter nog niet de belangstelling te hebben van koelmachinefabrikanten.

**Voorzorg** Ammoniak heeft prima eigenschappen voor de koeltechniek. In de industrie is dit koudemiddel dan ook nooit weg geweest, maar nu zijn er ook in de klimaattechniek en voor warmtepompen weer nieuwe ontwikkelingen. De voordelen van onschadelijkheid voor de ozonlaag en het broeikas effect en het lage energieverbruik wegen op tegen de extra voorzorgsmaatregelen voor veiligheid. Uiteraard vraagt ammoniak in de bebouwde omgeving wel extra voorzorg, maar door de koelmiddelinhoud te minimaliseren komt men steeds verder. De Engelse fabrikant van schroefcompressoren J&E Hall introduceerde een waterkoelaggregaat met luchtgekoelde condensor in een vermogensgebied van 400 tot 1.400 kilowatt. De machines zijn bedoeld voor buitenopstelling en zijn vanaf januari commercieel beschikbaar. De fraaie eigenschappen van ammoniak als koudemiddel zorgen ervoor dat deze koelmachines over een bijzonder groot temperatuurbereik kunnen worden ingezet en een lager energieverbruik hebben dan koelmachines met de gebruikelijke koudemiddelen.



*Mini-absorptiekoelmachine voor gebruik met zonnecollector*

De Oostenrijkse compressorfabrikant Frigopol bouwt een unieke semi-hermetische compressor die ook geschikt is voor ammoniak als koudemiddel. Deze compressoren hebben een speciaal scheidingsschot dat voorkomt dat de motorwikkelingen met het koudemiddel in aanraking komen. Naast ammoniak ofwel R717 gebruikt Frigopol ook R723. Dit is een azeotroop mengsel van ammoniak en dimethylether. De voordelen zijn hogere capaciteit, lager energieverbruik, lagere eindtemperatuur van het gas uit de compressor en betere eigenschappen ten aanzien van smeerolie. Ten opzichte van het al gunstige ammoniak kan een besparing op energieverbruik van circa zeven procent worden bereikt. De voorzorgsmaatregelen voor dit koudemiddel zijn echter nog belangrijker dan bij ammoniak, omdat dit mengsel brandbaarder is.

**Water** Kan er een prettiger koudemiddel zijn dan water. Het is onschadelijk voor de ozonlaag, het broeikas effect is minimaal, het is niet brandbaar of giftig en ook nog eens supergoedkoop. Vervelend is alleen dat bij temperaturen boven nul onder vacuüm moet worden gewerkt om water te kunnen verdampen. Dat lukt overigens prima in absorptiekoelmachines. Veel aandacht voor deze bewezen techniek was er niet op de IKK2003. Alleen EAW uit Westenfeld presenteerde een noviteit op dit gebied. De wkk-fabrikant maakt sinds enkele jaren absorptiekoelmachines voor combinaties met gasmotoren. EAW leverde bijvoorbeeld zo'n koelmachine aan Deutsche Telekom voor een combinatie met een brandstofcel van 250 kilowatt. Nu heeft men ook een minikoelmachine met een koelcapaciteit van slechts vijftien kilowatt. Een eerste



*Dorin-compressor voor superkritische compressie van CO<sub>2</sub>*

opdracht voor deze mini is al binnen. Deze gaat gebruik maken van de warmte van zonnecollectoren, een supermilieuvriendelijke oplossing. Maar water als koudemiddel in een compressiekoelmachine kan ook. Het researchinstituut ILK uit Dresden heeft koelmachines met een tweetraps centrifugaalcompressor ontwikkeld met water als koudemiddel. Vier van deze machines, elk met een vermogen van duizend kilowatt, zijn geleverd aan Daimler Chrysler voor proceskoeling en twee aan VW. Menerga introduceerde in Hannover een fraaie koelmachine die maximaal gebruik maakt van vrije koeling met buitenlucht. De eerste trap is koeling van het proceswater aan de buitenlucht via een droge warmtewisselaar. In de tweede trap wordt gebruik gemaakt van water, dat aan de buitenlucht wordt verdampt zoals in een koeltoren. Met dit adiabatisch effect wordt het proceswater verder gekoeld als de droge koeler onvoldoende oplevert. Ten slotte komt bij warm weer een conventionele koelcompressor aan de beurt om het proceswater op de gewenste temperatuur te krijgen, maar die mag in de filosofie van Menerga maar heel weinig uren draaien. Al met al laat de Duitse industrie zien dat men door innovatie de concurrentie met Azië aan wil gaan. Dat is ook nodig want landen als China en Korea produceren al massaal conventionele koelmachines en hebben de weg naar de Europese markt duidelijk gevonden. In Hannover waren de Aziatische fabrikanten zelfs in de meerderheid. De Nederlandse industrie was nauwelijks zichtbaar in Hannover. Alleen TNO-MEP was aanwezig om te laten zien dat Nederland kennisland is. ■