
VAN SCANDIUM TOT LUTETIUM

Hoe om te gaan met afhankelijkheid van zeldzame aardmetalen?

Verreweg de grootste hoeveelheid aan zeldzame aarde metalen komt uit China. Gezien de groeiende vraag naar dit soort stoffen, die onder meer in elektrische auto's onmisbaar zijn, maakt een dergelijke bijna-monopoliepositie een lastig gegeven. Zijn er geen andere materialen beschikbaar, die dezelfde functies kunnen vervullen?

RIJKERT KNOPPERS

Wat hebben elektrische auto's, windturbines, smartphones, luidsprekers en bijvoorbeeld brandstofcellen met elkaar gemeen? Het antwoord is dat al deze technische toepassingen zeldzame aardelementen bevatten. Hoewel de definitie niet heel nauwkeurig omschreven is, verwijst deze verzamelterm naar zeventien scheikundige elementen, die binnen de meest uiteenlopende producten te vinden zijn. Om nog maar wat concrete voorbeelden te noemen: permanente magneten bevatten neodymium en dysprosium, in batterijen en accu's zit lanthaan, glaspolijstmiddel bestaat uit onder meer cerium, katalysatoren zijn voor een deel gemaakt van praseodymium en beeldschermen werken niet goed zonder europium. Een opvallend gegeven rond deze zeldzame aardelementen is, dat het overgrote deel van dit materiaal afkomstig is uit China. Dat dit een kwetsbare situatie is, kwam duidelijk naar voren toen de Chinese overheid in 2008 besloot om de uitvoer van zeldzame aardmetalen te gaan beperken. Dat gebeurde: in april 2011 exporteerde nog 1819 ton zeldzame mineralen, 53 procent minder dan in april van het jaar daarvoor, schrijft Reuters. "Er was in feite sprake van een boycot", vertelt geoloog Jack Voncken van de TU Delft. "China leverde op een gegeven moment geen zeldzame aardmaterialen aan het buitenland. Het gevolg was dat de verkoopprijs binnen een mum van tijd omhoogschoot." Als reactie op deze ontwikkeling gingen diverse nieuw opgerichte ontginnings- en mijnbouwbedrijven aan de slag om elders zeldzame aarde mineralen te gaan winnen. Dit gebeurde onder meer in Australië, Canada en Denemarken (Groenland). "In de Verenigde Staten was een mijn eigenlijk uitgeput, tenminste, economisch gezien", aldus Voncken. "Dat noemen ze in mijnbouw-

termen 'below cut-off grade', wat betekent dat het duurder is om de grondstof eruit te halen dan wat je eraan verdient. Maar toen de prijzen zo sterk omhooggingen, kwam de situatie anders te liggen en zijn ze verder gegaan met het winnen van de betreffende materialen." Toen de Wereldhandelsorganisatie WTO eind 2014 China sommeerde om weer aan de wereldmarkt te gaan leveren, dumpte China zijn opgeslagen voorraad aan zeldzame aardmetalen op de markt, waardoor de prijzen kelderden. Vervolgens kwamen diverse nieuwe mijnbouworganisaties in de problemen, omdat ze op eens onder hun kostprijs moesten leveren.

Recycling

Inmiddels is de positie van China enigszins veranderd. Bezat het land vroeger nog 95 procent van de wereldmarkt aan zeldzame aardmetalen, dat aandeel is nu gezakt tot 85 procent. China levert de hoofdmoot van de zogenaamde zware zeldzame aardmetalen, ofwel de reeks vanaf gadolinium tot lutetium. "En dan heb je het juist over de kritieke zeldzame aardmetalen", aldus Voncken. "De metalen uit de reeks van lanthaan tot en met europium komen veel meer voor over de gehele wereld, en zijn daardoor ook minder duur." Is in deze kwetsbare situatie geen verandering te brengen, bijvoorbeeld door de schaarse materialen zo optimaal mogelijk te recyclen? Die optie is nog niet zo eenvoudig, zegt Voncken. "In de magneten van de microfoon en de luidspreker van een smartphone zit





bijvoorbeeld neodymium, terwijl in het beeldscherm yttrium, europium en terbium aanwezig is. Het gaat om hele kleine hoeveelheden, dat maakt het lastig om die materialen eruit te halen. Zelfs als je een heel grote flatscreen televisie zou vernalen, komt er pakweg een theelepeltje aan zeldzame aardmetalen tevoorschijn. Met andere woorden, je moet ontzettend veel apparaten verzamelen wil het hergebruik de moeite waard zijn. Je ziet dan ook dat bij massaal ingezamelde producten, zoals spaarlampen, het wel lonend is om zeldzame materialen terug te winnen.”

Elektrische auto's

Toch zijn er op het gebied van hergebruik van zeldzame aarde diverse initiatieven, die perspectiefvol lijken. Zo loopt er momenteel het Europese DEMETER trainingsproject, onder leiding van de KU Leuven. In samenwerking met onder andere autotechnologieontwikkelaar Valeo richt het onderzoek zich op het ontwerp en het hergebruik van zeldzame aardelementen uit de permanente magneetmotoren van elektrische auto's. “Een van de onderwerpen is de ontwikkeling van een motor, waarbij de magneten eenvoudig te verwijderen zijn en waarbij recycling van bijvoorbeeld neodymium mogelijk is”, vertelt Peter Tom Jones, expert duurzaam materialenbeheer aan de KU Leuven. “Het probleem is namelijk dat de elektrische motoren van hybride of gewone elektrische voertuigen heel moeilijk te recyclen zijn, omdat de magneten op zo'n

manier in de motoren zitten dat ze heel lastig te verwijderen zijn. Dat kost veel tijd en geld.” Volgens Jones ligt het probleem in de ontwerpfase van de motor, omdat die niet gericht is op een 'design-for-disassembly'. Inmiddels is binnen het DEMETER project een prototype ontwikkeld van een kleine elektrische motor voor een hybride wagen, waarbij de magneten goed bereikbaar zijn. “Bovendien zijn in deze nieuwe elektrische motor gerecyclede magneten toegepast, uit milieuoogpunt bezien dus een dubbel voordeel”, aldus Jones. “Het bedrijf Valeo, dat onderdelen voor de auto-industrie maakt, gaat dit concept nu verder ontwikkelen. Er zullen echter nog wel de nodige stappen noodzakelijk zijn voordat dit product marktrijp is.” Jones wijst er in dit verband op, dat het recyclen van zeldzame aarde materialen in het algemeen niet zozeer een technisch probleem is, maar eerder een economisch.

Alternatieve stoffen

Een andere strategie om het probleem van de zeldzame aardelementen op te lossen is het gebruik van alternatieve stoffen, bijvoorbeeld in permanente magneten. Dit gebeurt meestal volgens een 'trial and error' procedure, wat een tijdrovende en kostbare aangelegenheid is. Op zoek naar een efficiëntere aanpak hebben onderzoekers van het Fraunhofer Institute for Mechanics of Materials (IWM) in het Duitse Freiburg nu het computermodel MagnetPredictor ontwikkeld om een groot aantal materialen te kunnen testen. “Onze methode is niet gericht op het bepalen welk percentage mangaan, kobalt of borium geschikt zou zijn, maar we laten de computer vele aannemelijke varianten simuleren”, aldus Johannes Möller van het IWM. Door de eigenschappen van diverse materialen in kaart te brengen is het mogelijk om de magnetische eigenschappen van nieuwe materialen vast te stellen. Maar minstens zo belangrijk is het bepalen van de zogeheten anisotropische constante, wat iets zegt over of bepaalde eigenschappen in iedere richting al dan niet dezelfde zijn. “Het bepalen van deze waarde is een enorme uitdaging voor de computergestuurde wetenschap op het gebied van magnetische materialen”, aldus Möller. Uit het simulatie-onderzoek tot september 2018 is gebleken dat er tot ongeveer tienduizend geschikte materialen zijn. De uitdaging is nu om dat specifieke materiaal te vinden, dat de meest optimale eigenschappen heeft.

Windturbine met supergeleiders

Een van de denkbare oplossingen om het aandeel aan zeldzame aarde materialen terug te schroeven is om andere technieken toe te gaan passen, die geen of minder van het kritieke materiaal nodig hebben. Zo is eind vorig jaar een windturbine langs de Deense kust bij Thyborøn geplaatst, waarbij de conventionele generator met permanente magneten vervangen is door een exemplaar met supergeleiders, die in veel mindere mate gebruik maken van zeldzame aardmetalen zoals neodymium. Het gaat om een GC1-type molen van fabrikant Envision met een vermogen van 3,6 megawatt. De twee rotorbladen hebben met een totale diameter van 128 meter, de toren is 88 meter hoog. Die nieuwe turbine is half zo zwaar, veel compacter en is toch in staat hetzelfde vermogen te leveren als een traditionele windturbine. Het is nu afwachten of het nieuwe windmolenconcept voldoet aan de verwachtingen: zal de supergeleidende generator even goed presteren als een conventionele windturbine, ook onder de sterk wisselende weersomstandigheden aan de Noordzeekust?