

Supergeleiding: Die verlede, hede en toekoms

'n Elektriese stroom word o.a. gebruik om energie van een punt na 'n ander te vervoer. 'n Gedeelte van die energie word egter a.g.v. die elektriese weerstand van die geleier in hitte omgesit en gaan aldus as bruikbare energie verlore. Selfs in hoogspanningstransmissielyste behels dit verliese van sowat 20%. Heike Kammerlingh Onnes het in 1911 ontdek dat kwik wat in vloeibare helium gedoop word en op hierdie manier tot sowat 4,2 K afkoel, supergeleidend word, dit wil sê sy elektriese weerstand verloor. In teoretiese terme beteken dit dat die materiaal — kwik in dié geval — 'n oorgang na 'n supergeleidende fase ondergaan het. So 'n oorgang vind by 'n kritieke temperatuur T_c plaas; $T_c = 4,2\text{K}$ vir kwik. Die supergeleidende fase kan slegs onderkant T_c bestaan. Baie metale het ook superleiding by 4,2K vertoon.

Die opwindende implikasie is dat 'n supergeleier elektriese energie sonder verliese vervoer en dus ook hitteontwikkeling, wat ongewens mag wees, uitskakel. Weens die finansiële beperkings verbonde aan afkoeling tot temperature van 4,2K, het hierdie verskynsel geen praktiese aanwending gevind nie. Die groot ideaal was dus om materiale en metodes te vind om T_c op te stoot; met kamertemperatuur (20°C) as ideaal.

In die 1950's is ontdek dat sekere niobiumlegerings hulle supergeleiding by hoër temperature behou as dit aan 'n intense magneetveld onderwerp word. Teen 1973 is T_c tot 23K verhoog in 'n niobium-germaniumlegering Nb_3Ge . 'n Groot deurbraak is in 1985 deur Karl Alex Müller en Georg Bednorz by IBM in Zürich gemaak, toe hulle die keramiek $\text{La}_{2-x}\text{BaCuO}_{4-d}$ ($x \approx 0,15$, $d \approx 1/8$ suurstof-leemtekonsentrasie) met $T_c = 35\text{K}$ vervaardig het. Hierna het die tempo waarmee T_c opgestoot is — nuwe supergeleidende keramieke ontwikkel is — baie vinnig toegeneem. Die hoogste kritieke temperature wat tans algemeen verkry word, is

ongeveer 122K. 'n Kenmerkende eienskap van die betrokke (verbinding-) materiale is dat lae van CuO_2 in hulle struktuur ingebou is. 'n Interessante supergeleidende verbinding, wat nie CuO_2 bevat nie, is $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{BiO}_3$ ($x \approx 0,4$), maar met $T_c = 30\text{K}$.

Bardeen, Cooper en Schrieffer het 'n aanvaarde teorie (BCS-teorie) vir lae T_c -supergeleiers ontwikkel en het ook in 1970 die Nobelprys daarvoor gekry. Teoretici glo egter dat die BCS-teorie glad nie toepaslik is op hoë T_c -keramieke nie. Die fisiese eienskappe van oksiedverbindinge (keramieke) is baie gevoelig vir die suurstofstoïgiometrie. Die algemene beskouing is dat die suurstofinhoud die valensietoestand van die koper, wat die kritieke parameter vir die voorkoms van supergeleiding is, bepaal. Klaarblyklik is heelwat navorsing nog nodig om die voorkoms van supergeleiding by hoë T_c -keramieke op te klaar.

Die tempo waarmee T_c sedert 1985 opgestoot is, verskaf rede tot optimisme vir die bereiking van werkbare kritieke temperature. Opwindende toepassings word in die vooruitsig gestel: (i) supergeleidende, elektriese transmissielyste, (ii) supergeleidingsmagnete vir (a) magnetieseresonansie-afbeeldingstoerusting vir mediese diagnostiek en (b) hoëspoedtreine met magnetiese swewing, (iii) elektriese motors en elektries-aangedrewe voertuie, (iv) elektriese stroombane en supervinnige skakelaars in die elektronika, ens. By hierdie toepassings op bekende stelsels moet gevoeg word dié wat nog onbekend is.

Tans is die primêre doelwit in die realisering van hierdie ideale, die ontwikkeling en vervaardiging van hoë T_c -supergeleiermateriale. 'n Vername struikelblok in die bereiking van hierdie ideaal is die geheimhouding verbonde aan die verkryging van patentregte, asook die natuurlike wedywing tussen wetenskaplikes.

J. H. van der Merwe