

Simposia en Konferensies

Toekomstige Materiaalontwikkelings in Suid-Afrika

Mineraaltegnologie

Dr. L. Alberts

President, Raad vir Mineraaltegnologie

Dit is algemeen bekend dat Suid-Afrika oor buitengewoon groot mineraalreserwes beskik. 'n Land wat minder as 1 % van die aarde se oppervlakte beslaan (oseane uitgesluit) en tog verreweg die grootste reserwes van 'n hele aantal minerale het, is 'n besondere verskynsel. Daar moet egter onthou word dat ons in die algemeen met laegraadse ertse te doen het. Byvoorbeeld, vir elke ton gouderts wat uitgehaal word, word sowat 7 tot 8 gram goud gewen. Phalaborwa verwerk waarskynlik die laagste graad kopererts in die wêreld. Ons minerale kom in groot uitgestrekte ertsliggame voor wat meebring dat daar op groot skaal ontgin moet word ten einde ekonomies kompetend te wees. In die algemeen is die tegnologie verbonde aan sulke ertsliggame eiesoortig.

Vanuit geologiese oogpunt is hierdie land eenvoudig net opwindend. Die Witwatersrand is uniek op die planeet. Hierdie ertsliggam het sy ontstaan te danke aan die vroeëre aanwesigheid van 'n groot sekelvormige binnelandse meer. Noord van die meer was daar berge wat goud en ander minerale bevat het. Die berge het verweer en vinnigvloeiende riviere het die minerale en kwartsiet vervoer en in die genoemde meer gedeponeer. As gevolg van o.a., die enorme skaal waarop alles plaasgevind het, is die minerale gekonsentreer in riwwe. Dit het sowat 2,4 biljoen jaar gelede plaasgevind.

Ongeveer 'n halfbiljoen jaar later stoot 'n massiewe rotssmelting stadig na bo – net noord van die Witwatersrand – en in plaas daarvan om uit te bars, koel dit stadig af, net onder die oppervlakte, oor 'n tydperk van 'n kwartmiljoen jaar. Die gevolg was die Bosveldstollingskompleks met die grootste chroom- en platinumgroep afsettings ter wêreld. Daar is geen ander vergelykbare geologiese verskynsel nie en weer eens vind dit by dieselfde punt op die planeet plaas. Om alles te kroon, bied die stadig afkoelende rotssmeltsel 'n langtermynhittebron wat in die nabyliggende sedimentêre gesteentes mineraalafsettings soos andalusiet laat uitkristalliseer het, en aan die land van die grootste afsettings ter wêreld besorg.

Die Westerse wêreld is afhanklik van die Suid-Afrikaanse mineraalbronne. Hierdie afhanklikheid kan gehandhaaf word as die R.S.A steeds sy mineraalprodukte op ekonomies kompetende basis lewer en dan op 'n *gereeld beskikbare basis*, soos in die verlede. Om te illustreer: Suid-Afrika beskik oor nagenoeg viervyftes van die wêreld se mangaanreser-

wes op land. Mangaanodules uit die Atlantiese Oseaan hoef nooit 'n ernstige mededinger vir ons te word nie omdat dit nooit op ekonomies kompetende basis uit die see ontgin kan word nie.

Die *navorsings- en ontwikkelingswerk* op die gebied van ekstraksie van Suid-Afrikaanse minerale hou veel beloning en belofte in. Om te illustreer:

1) Goudeksstrasie

Die tegnologie het vir byna 'n eeu nagenoeg konstant gebly. Mintek, in samewerking met die nywerheid, het oor die afgelope paar jaar die koolstof-in-pulptechnologie ontwikkel. Na die oplossing van goud deur 'n sianied word dit in koolstofkorrels geabsorbeer en daarna word die goud van die gelaaiete korrels af met 'n chemiese tegniek gestroop. Heelwat prosesstappe word hiermee uitgeskakel, wat lei tot 'n kostevermindering van ongeveer 30 % op die betrokke deel van die hele aanleg. So 'n nuwe tegnologie kan nie oornag ingevoer word nie, want honderde miljoene rand se bestaande toerusting kan nie summier geskrap word nie. Die oorskakeling moet geleidelik plaasvind, soos tans die geval is. 'n Verdere moontlikheid is om die koolstof met 'n hars te vervang wat beide goud en uraan sal onttrek. Hierdie metodes bring ook opwindende moontlikhede mee vir die ekonomiese herwinning van die metale uit mynhoop en ander laegraadse ertse.

2) Ligte metale

'n Ander onderwerp van belang is dié van ligte metale wat waarskynlik in die toekoms 'n baie belangrike rol gaan speel, veral by die vervaardiging van voertuie. Ons dink hier aan aluminium, magnesium en titaan. Aluminium voer ons in die vorm van alumina uit Australië in. Met verbeterde metodes kan ons ons eie laegraadse aluminiumbronne waarskynlik in die toekoms ekonomies ontgin. In alle geval sal ons ten minste onafhanklik kan word indien buitelandse voorsiening sou staak. Die mark vir titaan het aansienlik toegeneem weens sy gunstige eienskappe. Dit is lig, sterk, nie-magneties, wat dit byvoorbeeld geskik maak vir duikbote, en het 'n baie hoë smeltpunt. Ons het geweldige voorrade titaan, maar ons voer dit nogtans as titaanoksied uit. As ons titaanmetaal hier ekonomies kan produseer, skep ons 'n betekenisvolle nuwe mark. Die probleem lê by die stroping van die oksied van die metaal. Uit 'n strategiese oogpunt het ons hier te doen met een van die belangrikste metale en ons behoort binne die volgende 20 jaar titaanuitvoerders te word.

3) Koper

Wat koper betref, beskik ons m.i. oor een van die

mees suksesvolle koperaanlegte in die wêreld. Phalaborwa werk met 'n erts wat ongeveer 0,5 % kopersulfied bevat, en bly kompetender selfs in tye wanneer die mark swak is. Die kopermark word natuurlik bedreig deur niemand minder nie as fisici self. Met die ingebruikneming van mikrogolwe en optiese vesels in die kommunikasieveld word koper se vernaamste rol bedreig. Om die kopermark te red, sal navorsing gedoen moet word om nuwe gebruike vir koper te vind. Die belangrikheid van hierdie soort navorsing word hierdeur weer eens beklemtoon. Dit is 'n aantying teen ons dat ons met die grootste platinumreserwes in die wêreld nog nie 'n enkele gebruik vir platinum in die R.S.A. ontdek het nie. Daar bestaan ook nie eers so 'n navorsingsprogram nie. In sterk kontras hiermee, staan die geskiedenis van die Climax Molybdenumaatskappy, wat deur navorsing oor 30 jaar molibdeen feitlik op die mark gedwing en dit bykans onmisbaar gemaak het.

4) Kontroletegnologie

'n Terrein van groot toekomstige belangrikheid in die mineraalbedryf is dié van kontroletegnologie. Die optimalisering van bestaande prosesse is net so belangrik as die groot deurbrake. Laasgenoemde, in kontras met optimalisering, behels normaalweg groot kapitaalbelegging, relatief groter risiko's en langer wagtye vir dividende op belegging. Met kontroletegnologie word hier bedoel die monitering van elke stap in die metallurgiese vloeidiagram en optimalisering deur middel van komperbeheer. Dikwels moet die apparatuur *de novo* ontwerp word, maar die resultate is seer sekerlik uiters belowend.

5) Plasmategnologie

Een van die opwindendste nuwe terreine is dié van plasmategnologie. Gewoonlik word die term plasmategnologie geassosieer met die uiters duur navorsing wat oor kernsamesmelting gedoen word. Hier word aan plasmatemperatuur in die orde grootte van 100 miljoen °C gedink. Nader aan die praktyk, is die aanwending van plasmas by ongeveer 10 tot 20 duisend °C. In optiese spektroskopie word induktief gekoppelde plasmas met groot sukses aangewend vir analitiese doeleindes. Trouens, dit vorm die mees suksesvolle enkele analitiese tegniek wat tans by Mintek aangewend word.

Die toepassing van die laertemperatuurplasmas op die metallurgiese prosessegebied word tans nagevors. 'n Hoëtemperatuurreaksiesone word geskep deur 'n elektriese ontlading tussen twee elektrodes in 'n oond. Die minerale, bv. 'n metaaloksied, steenkool en slakvormers, word in poeivorm ingevoer na die reaksiesone. Materiaal- en energiekontrolle kan veel beter uitgevoer word as in die massiewe dompelboog-oonde wat tans in gebruik is. Die chroomerts van die Bosveldstollingskompleks is bros en word grootliks in poeivorm gemyn. In plaas daarvan om die poeier eers te briketteer, kan die laasgenoemde duur stap nou uitgeskakel word.

Daar is 'n reeks moontlike aanwendings van plasmategnologie op die gebied van ekstraksiemetal-

lurgie en ons staan aan die vooraand van 'n belowende navorsings- en ontwikkelingsprogram.

In die geheel gesien, word daar op die mineraaltoneel uitdaging en belofte vir navorser sowel as entrepeneur in die voorsienbare toekoms gebied.

Materiaaltegnologieë

Dr. N. Stutterheim

Direkteur van Maatskappye

Die gebied van die materiaaltegnologie is geweldig groot en gevolglik sal net 'n paar onderwerpe van besondere belang uitgesoek word vir bespreking. Eerstens enkele aanduidings oor die ontwikkeling van nuwe katalisators vir die chemiese bedryf. Hierdie stowwe speel 'n sleutelrol by die vervaardiging van sekere produkte by chemiese bedrywe soos SASOL, AECI en Sentrachem. So byvoorbeeld vorm yster die basis van die katalisators in gebruik by die vervaardiging van olie uit steenkool. In dié ingewikkelde proses word 'n hele spektrum van stowwe as byprodukte byvoorbeeld harde wasse, geproduseer. Nie alle byprodukte is nuttig of gewens nie en daar word getrag om met behulp van navorsing katalisators so te kies dat daar meer gewenste produkte en minder ongewenste geproduseer sal word. 'n Ander voorbeeld is die gebruik van sink en koper as katalisators by die vervaardiging van metanol uit waterstof en sure, wat heelwat probleme oplewer. Die gebruik van kunsmatig vervaardigde zeolietkristalle (aluminiumsilikaat) in plaas van die metale het die voordeel dat hulle fisiese en chemiese eienskappe na willekeur beheer kan word. Met verdere navorsing behoort die proses so verfyn te word dat die katalisators presies ontwerp kan word om die gewenste eindproduk te lewer. 'n Mens kan met ander woorde begin praat van molekulêre ingenieurswese. Hierdie navorsingsgebied bied die moontlikheid van die ontwikkeling van olies op 'n meer ekonomiese basis as wat tans by die Sasols die geval is. As dit byvoorbeeld blyk dat 'n ekonomies ontginbare gasveld aan die Kaapse seekus voorkom, moet ons oor die tegnologie beskik om hierdie gas in vloeibare brandstowwe of ander nuttige produkte te omskep.

Kunsharsontwikkeling wat vir ons land groot moontlikhede inhou, word ook met behulp van katalisators bevorder. Een baie suksesvolle tipe is 'n polivinielverbinding wat teen baie hoë temperature en chemiese aanval bestand is, en dus uiters geskik is om asbesvesels (wat karsinogenies is) in byvoorbeeld hittebestande kleredrag, te vervang. 'n Ander indrukwekkende kunshars word gebruik om ankerkabels, byvoorbeeld vir boorplatforms in die Noordsee, te maak omdat dit 'n kristallyne stof is wat sterker as staal of glasvesels is, met 'n hoër treksterkte en groter bestandheid teen korrosie. Hierdie hars word ook gebruik vir koeëlvaste onderhemde. Die moontlikhede van harstoepassings is haas onbeperk. Samestellings van hars en vesels word gebruik vir die bou van bote, motors, vliegtuie en selfs ruimtetuie. Wat veral gunstig is, is die sterkte-

tot-massaverhouding in vergelyking met ander strukturele materiale.

'n Verdere interessante onderwerp is dié van superharde materiale. Diamant is die hardste materiaal aan ons bekend. Die hardheid daarvan is toe te skryf aan die tetrahedriese vorm van die kristal met ontsaglik hoë kovalente bindings. Nie alleen is diamant baie duur nie, maar ook moeilik om mee te werk; byvoorbeeld by die sny van staal vind 'n reaksie plaas wat die diamant laat slyt. Boornitried in kubiese vorm is geskik gevind vir die sny van metale, bv. op 'n draaibank, teen tempo's veel hoër as wat tans met wolframkarbid moontlik is.

Daar is vroeër verwys na die moontlikheid van 'n silikonindustrie. Ons voer tans silikon van redelik hoë suiwerheid uit na lande wat dit tot 'n hoër graad van suiwerheid verwerk, geskik vir gebruik in sonselle en nog suiwerder vir die halfgeleierindustrie. Alhoewel sonenergie nog nie in hierdie stadium op groot skaal ekonomies ontwikkel word nie, is dit tog belangrik om in ons sonnige land ontwikkeling in dié rigting te bevorder. Die eerste sonselle is met die duur en moeilike tegniek van enkelkristalgroei verkry. Die tegnologie om die verlangde hoë graad van suiwerheid te kry is geweldig ingewikkeld en uiters gesog.

Namate die telekommunikasiewese en die rekenaarwetenskap nader aan mekaar beweeg, word die vastetoestandtegnologie van al groter belang. Ons het reeds in Suid-Afrika begin met digitale elektroniese telefoonsisteme waardeur elke telefooneienaar uiteindelik 'n uitgebreide reeks dienste en selfs toegang tot databanke sal verkry. Hierdie sisteem hou die moontlikheid in om ons hele lewenstyl te verander deur heelwat vervoer met die oordrag van inligting uit te skakel. Met die ingebruikneming van optiese vesels wat byna 'n oneindige aantal boodskappe kan dra, kom nog meer voordele na vore. Dit berus alles op die vastetoestandkennis wat ons van materiale opdoen.

Ferrolegerings en Spesiale Stale

J.P. Hoffman

Bestuurder, Metallurgiese Dienste, Middelburg Steel and Alloys

Die doeltreffende benutting van ons veelbesproke mineralerykdom verg deeglike oorweging van die navorsings- en ontwikkelingsrigtings wat ingeslaan behoort te word. Hier word veral aandag gegee aan vlek-vry (roes-vry) stale, stale wat bestand is teen oksidasie by hoë temperature, en spesiale hoëlegeringstale wat ontwikkel is om te kan voldoen aan die hoë teenkorrosievereistes wat aan hulle gestel word. Korrosie kos Suid-Afrika jaarliks miljoene rande, soveel as 3 % van die BNP. In die goudmynbedryf alleen bedra dit ongeveer R100 miljoen per jaar. Daar is ook 'n toenemende vraag na beter, sterker en meer korrosiebestande stale met uiteenlopende vereistes. Al hierdie stale bevat chroom as basiese legeringselement. Hiervan het ons baie, met die addisionele voordeel van relatief goedkoop energie.

Grondstowwe

Alhoewel Suid-Afrika slegs 1 % van die oppervlakte van die aarde beslaan, beskik ons op een na (molibdeen) oor al die grondstowwe vir die produksie van vlek-vry staal en ander spesiale stale en legerings. Tans is molibdeen nog goedkoop en vrylik beskikbaar, maar dit sal nie deug om op die langtermyn van die invoer van so 'n sleutelement afhanklik te wees nie.

Ferrolegerings

Die produksie van ferrolegerings in Suid-Afrika neem steeds toe. 'n Groter vraag na chroombevattende roesbestande stale, soos die pas ontwikkelde 3CR12, veral met die oog op die moontlike wêreldmark, sal die vraag na ferrochroom laat styg. Daar sal 'n verskuiwing wees na groter, energie-effektiewe smelteenhede met rekenaarbeheer vir optimale produktiwiteit. Die nuwe plasmasmeltproses sal lei tot 'n rewolusie in ferrolegeringproduksie, veral van ferrochroom.

Wat ferromangaanproduksie betref word daar beoog om die erts te konsentreer om 'n Mn:Fe-verhouding van 8 : 1 te lewer. Fyn erts sal ook gesinter word om as voermiddel vir die groter oonde te dien. Minder laekoolstofferromangaan asook laekoolstofferromangaan sal geproduseer word omdat die totale omskakeling na die argonsuurstofontkoolingsketels (AOD) as raffineringseenheid verag word. Hierdie proses lewer 'n elementopbrengs vir chroom van 98 % en vir mangaan van 93 %. Groot mangaanafsettings is onlangs in Suid-Afrika ontdek en namate ander lande se bronne uitgeput word, sal Suid-Afrika 'n al groter bydrae lewer.

Vanadium as legeringselement in staal verbeter die sterkte. Vanadiumstaal word veral gebruik vir olie- en gaspyleidings en ligte vervoertoerusting. Ferrovanadium (80 % V) word hier tans op klein skaal geproduseer, maar produksie kan maklik op kort kennisgewing verhoog word. Ferrotitaan word nog nie kommersieel in Suid-Afrika geproduseer nie, maar indien nodig, kan dit maklik geskied.

Suid-Afrika se moderne en tegniese doeltreffende ferrolegeringsaanlegte kan enige opswaai in die mark die hoof bied.

Vlek-vry en spesiale stale

Deur verskillende kombinasies en verhoudings van elemente te varieer, kan verskillende eienskappe, soos korrosiebestandheid, verhardbaarheid, meganiese sterkte, bestandheid teen slytasie, en so meer, bewerkstellig word. Moderne behoeftes skep verhoogde eise aan die staalvervaardigers. Byvoorbeeld, spesiale stale is nodig om dieper boorgate vir die ontginning van gas en olie te kan boor. Hier word nie net sterker meganiese eienskappe verlang nie, maar beter bestandheid teen hoër temperature (200 °C) en teen organiese sure en ander chemiese agense wat met die staal mag reageer.

By Southern Cross Steel (Middelburg), in samewerking met die Metallurgiese Departemente van die Universiteite van die Witwatersrand, Pretoria en

Kaapstad, die WNNR, Mintek, SABS en die Kamer van Mynwese, is 'n korrosiebestande staal 3CR12 ontwikkel. Die doel was om 'n staal te produseer wat die gaping tussen gewone koolstofstale en die austenitiese vlekvrystale sou oorbrug. Die staal bevat 12 % chroom, kan maklik verwerk word, en is sweisbaar tot diktes van 20 mm. Na vier jaar se uitgebreide toetse word hoë verwagtings vir die staal gekoester.

'n Groot leemte in Suid-Afrika is dat daar nie 'n sweisnavorsingsinstituut is wat gekontroleerde sweistoetse op spesiale stale kan doen nie.

Energie

Ten spyte van Suid-Afrika se tekort aan natuurlike gas en olie, is die land ryklik geseën met groot steenkool- en uraanreserwes wat as energiebronne kan dien. Ontginbare steenkool word geskat op 61 biljoen ton, grootliks op 'n diepte van minder as 100 m.

Die huidige kapasiteit van EVKOM word tot die uiterste bedryf. Industriële aanvraag (wat 45 % van die totale elektrisiteitsgebruik verteenwoordig), groei teen ongeveer 8–10 %. Mynbou neem 'n verdere 30 % in beslag. Nuwe kragstasies soos Drakensberg sal in 1982 in bedryf gestel word, Koeberg in 1983, Tatuka (Standerton), Lethabo (Sasolburg) en Matimba (Ellisras) in 1990. Een van die grootste kragstasies in die wêreld (Stasie C), met 'n opwekkingskapasiteit van 5 100 MW, sal teen 1988 in bedryf wees. Desnieteenstaande kan daar oor die korttermyn tog kragvoorsieningsprobleme voorkom wat die groeikoers van die mineraal- en metaalbedryf kan raak.

Tegniese personeel

Tegniese en metallurgiese kundigheid is 'n voorvereiste vir die benutting van ons mineralerykdom. Teen die jaar 2000 sal Blankes maar 15 % of minder van die totale bevolking uitmaak en sal die land swaar aangewys wees op Swart geskoolde en halfgeskoolde arbeid. Dit is dus dringend noodsaaklik dat geskikte werkers opgelei word om 'n hoër vlak van geskoolde te bereik. Verder word 'n tekort aan ingenieurs, veral metallurgiese ingenieurs, ook in die buiteland ondervind en kan ons gevolglik nie meer vir lank staatmaak op die werwing van tegnoloë uit die buiteland nie.

Tegnoloë wat navorsing kan doen, is nodig, en die industrie behoort instansies soos Mintek, die WNNR, universiteite en teknikons finansiële steun ter bevordering van betekenisvolle navorsing. Sodoende kan die regte kaliber leerkragte aan universiteite en navorsingsinrigtings behoue bly, wat anders aan die industrie afgestaan sal word. Regeringsbeurse in metallurgiese rigtings vir jong mense behoort ernstig oorweeg te word.

Suid-Afrika het die potensiaal om 'n betekenisvolle industriële moondheid te word. Ons het die grondstowwe, ons het die energiebronne, ons het die tegniese kundigheid, ons het die mannekrag om op te lei; dit verg slegs die wil om dit te bereik.

Poeiermetallurgie

Dr. G.P. Cowley

Bestuurder, Metallurgie-afdeling, Debex

Poeiermetallurgie het in die afgelope tyd heelwat tegniese vooruitgang gemaak en word reeds in 'n paar gevalle hier kommersieel bedryf. Wat die totale metaalproduksie betref, is die bydrae van die poeiermetallurgiese metode ongelukkig nog gering.

Die tegnologie om metaalpoelier in sekere vorms te pers, is al vir duisende jare in gebruik. Die moderne gebruik het eintlik in die jare twintig sy beslag gekry met die vervaardiging van wolframkarbied en die massaproduksie van poreuse bronsbussies vir lasers. Gedurende die Tweede Wêreldoorlog is 'n groot verskeidenheid yster- en nie-ysterprodukte op dié manier vervaardig. Teen die jare sestig het die industrie vinnig begin uitbrei as gevolg van die besef van die voordele wat dié tegniek vir massaproduksie inhou, naamlik wat materiaalbenutting betref, maklike onderdeelvervaardiging en energiekostebesparing. Die proses is baie vinnig, ekonomies en leen homself tot hoëvolumeproduksie van presisie-onderdele.

Daar is ook verwante konsolidasietegnieke van hoe poeiers in fynplaat gerol, in stawe uitgepers en in isostatiese perse gekompakteer kan word. In die afgelope dekade is poeiersmeding gebruik om poeier in presisie-ingenieurskomponente te vervaardig met eienskappe wat goed vergelyk met dié wat deur middel van konvensionele smee-tegnieke gemaak is. Ook vir die ontwerp-ingenieurswese hou die veelsydigheid van die poeiermetallurgietegniek heelwat voordele in vir die vervaardiging van onderdele en bied dit 'n groter verskeidenheid materiale vir die verskillende sektore van die nywerheid.

In Suid-Afrika word slegs 700 ton PM-onderdele met yster as basis vervaardig, in vergelyking met die V.S.A se 400 000 ton. Die twee ander hoofvervaardigers is Brittanje en Japan met 85 000 en 75 000 ton onderskeidelik. Daar is dus in hierdie stadium geen sprake van kompetisie nie. Die gesamentlike konvensionele produksie van yster en staal in al vier lande beloop 300 miljoen ton. Die markpenetrasie van poeiermetallurgie is dus baie klein.

Poeiermetallurgie word in twee soorte ingedeel: Eerstens, die Geen-ander-maniergroep waar daar geen alternatiewe produksiemetode is nie; die tweede is die Plaasvervangergroep, waar PM die geriefliker metode is. Die eerste groep behels vuurvaste materiale, gesementeerde karbiede, produkte met gekontroleerde porositeit en spesiale legerings, soos magnetiese legerings. Hierdie materiale kan prakties slegs deur middel van PM-metodes vervaardig word, of die metode verleen gunstige eienskappe aan die produkte wat nie met konvensionele metodes bereik kan word nie. Hierdie groep het 'n baie groot kans op kommersiële sukses indien vervaardigers oortuig kan word van hulle potensiaal.

Die Plaasvervangergroep sluit hoofsaaklik onderdele met 'n ysterbasis in en die PM-metode berus op die voordeel van gerief en koste, maar verkeer gedurig onder die druk van kompetisie.

Een van die voordele van die poeiermetallurgiemetode is dat dit minder energie as die konvensionele metodes gebruik, maar dit word slegs 'n faktor wanneer energieuitgawes 'n groot rol in die proses speel.

In Wes-Duitsland en die V.S.A. is daar reeds 'n betekenisvolle begin gemaak met hierdie metode en dit lyk asof universiteits- en tegniese kursusse in materiaalkunde en metallurgiese ingenieurswese ook poeiermetallurgie in hulle leerplan sal begin insluit.

In Suid-Afrika is dit nog slegs in die gesementeerde karbiedveld, aangespoor deur die vraag na myngereedskap, dat ons enigsins op groot skaal van hierdie metode gebruik maak. Die volume van ons uitvoermark wat betref gesinterde items en myngereedskap, regverdig in hierdie stadium nog nie grootskaalse produksie of kompetisie op die wêreldmark nie.

Vanuit 'n ekologiese oogpunt, vergelyk die metode ook baie gunstig met ander. Ons weet reeds dat dit energiedoeltreffend is; dit bespaar daarby ook grondstowwe omdat dit van hergesirkuleerde stowwe gebruik maak; die proses dra nie by tot geraasbesoedeling nie en dit gee nie skadelike gasse of vloeibare besoedelstowwe af nie. Hierdie eienskappe alleen is al genoeg om die proses vir die toekoms aan te beveel. Ongelukkig is die instelling en bevordering van enige nuwe tegnologie afhanklik van die aanvaarding daarvan deur die gemeenskap en moet dit die nodige versekerde finansiële steun van handelsinstansies hê om te kan slaag.

Die bevordering van poeiermetallurgie in Suid-Afrika is ook gekoppel aan die algemene nywerheidssituasie en die land se ekonomiese vooruitgang. Ons is in die posisie om uit ander geïndustrialiseerde lande se foute te kan leer en om betyds die nodige stappe te doen om ekonomiese verval deur inflasie en tegnologiese stagnasie die hoof te bied. Die toekoms van poeiermetallurgie is dus in ons eie hande.

Glas

Dr. M.A. Res

Hoof, Glasseksie, Nasionale Fisiese Navorsingslaboratorium

Die glasnywerheid in Suid-Afrika berus op die masaproduksie van verbruikersgoedere. 'n Baie hoë professionele standaard is bereik met glashouers, glas vir vertoonvensters en ligbronne, en industriële veselglas. Glas vir tegniese doeleindes word om ekonomiese redes nie hier vervaardig nie – die aanvraag is te klein. Daar is egter een uitsondering, naamlik 'n klein optiese glasnywerheid wat met die hulp van die WNNR gestig is. Die firma beskik oor 'n hoogs gevorderde tegnologie en voorsien in Suid-Afrikaanse behoeftes. Navorsing oor glas is hoofsaaklik beperk tot die Nasionale Fisiese Navorsingslaboratorium (NFNL) van die WNNR en is maar vir die afgelope tien jaar in bedryf. Die toekoms vir glas lyk egter baie goed. Vir die doeleindes van hierdie artikel sal die bespreking beperk wees tot die veld van tegniese glassoorte.

Optiese glas

Optiese glas het silika as basis en die optiese eienskappe word bepaal deur die toevoeging van verskillende metaaloksiede. So is glasfilters plaaslik ontwikkel wat spesifieke golflengtes deurlaat of afsny van die infrarooi af deur die sigbare gebied tot die ultraviolet in stappe van omtrent 3 nm. Voorheen moes verskillende lense gekombineer word om hierdie effek te verkry, wat sowel meer ingewikkeld as duur was.

Laserglas

Die ontwikkeling van laserglas vir kragopwekking deur middel van lasergeïnduseerde termokernversmelting het die glasnywerheid se vernuf tot die uiterste beproef. Die versmeltingsproses vereis twee soorte glas. Die een, 'n met neodimium gedoteerde glas, wat die groot aantal hoë-energiepulsse kan weerstaan, en die ander wat kan dien as houër vir die deuterium-tritiummengsel. In 1974 was die fokusseerbare krag in laserglassisteme ongeveer 200 megawatt. Vandag word 20 terawatt vereis. Verbetering van laserglas is dus noodsaaklik. Glas met 'n lae refraksie-indeks, soos fluorofosfaat- en fluoroberrillaatglas, is by uitstek geskik vir laserversmelting.

Chalkogeenglas

Waar gewone glas op oksiede gebaseer is, is die oksiede by chalkogeenglas vervang met elemente uit die VIB-groep, soos selenium, swael en tellurium, terwyl die netwerkvormers uit die IVB- en VB-groepe kom (germanium, silikon, arseen, antimoon, ens.). Die glassoorte is deurlaatbaar in die nabye infrarooi, is halfgeleidend en het 'n skakelingseffek onder invloed van 'n elektriese veld. Laasgenoemde eienskappe maak die glas veral geskik vir geheuetoeestelle. Sogenaamde drumpelskakelaars het 'n wye verskeidenheid toepassings en behoort 'n toenemende rol in die moderne elektronika te speel.

Optiese golfleiers

As gevolg van 'n ligbundel se baie hoë frekwensie en dus groter bandwydte kan dit baie meer inligting dra as 'n metaalkabel. Glasveselkabels bestaande uit honderde vesels kan duisende telefoongesprekke dra sonder enige eksterne elektriese versteuring.

'n Golfleier van optiese vesel bestaan uit 'n kern van baie hoëgraadse optiese glas omring deur 'n glaslaag met 'n effens laer refraksie-indeks, sodat die ligstraal beperk is tot die kern en deur middel van totale refleksie daarlangs loop. Sulke golfleiers vereis hoogs gespesialiseerde vervaardigingstegnieke.

Glaskeramiek

Wanneer sekere glassoorte aan spesifieke hittebehandelingsprosesse onderwerp word, word glaskeramiek gevorm. Die termiese skokbestande eienskappe van die materiaal maak dit geskik vir 'n verskeidenheid toepassings, van kookapparaat, pype, kleppe tot vuurvaste onderdele vir gasturbines. Afhangend van die samestelling en hittebehandeling, is daar ook glaskeramiek met elektrooptiese effekte,

en wat gemasjineer kan word met gewone metaalge-reedskap.

Metaalglas

Sekere metaallegerings kan van die gesmelte na die soliede toestand geblus word sonder om te kristal-liseer. Hierdie materiaal is, danksy die manier waarop die atome daarvan gebind is, smeebaar, elek-tries geleidend en taamlik plasties. Dit kan ook gemagnetiseer of gedemagnetiseer word. Dit word hoofsaaklik vir transformators, versterkers en band-opnemerkoppe gebruik.

Sol-jel verwerkte glas

Hierdie soort glas word by 'n baie laer as die gewone temperatuur voorberei met behulp van sili-konsuur (kieselsuur) in die jelloestand en die by-voeging van oplosbare metaalsamestellings. Navor-sing is gemik op die ontwikkeling van glasdeklagies op verskillende substrate. Die sol-jelmetode pro-duseer homogene glas van baie hoë suiwerheids-gehalte by lae temperatuur.

Ander ontwikkelings

Ander interessante ontwikkelings op die gebied van tegniese glas is byvoorbeeld gelamineerde glas versterk met behulp van koolstof- of silikonkarbid-vesels, metale versterk met borosilikaatvesels, glas vir die stoor van radioaktiewe afval, ens. Dan is daar nog nuwe, gesofistikeerde voorbereidingsstegnieke soos warmpersing, dampdeponering, ekstrusie, skokgolfvitrifikasie, ens.

WNNR-bydrae

Laboratoriumwerk was aanvanklik daarop gemik om plaaslike grondstowwe vir die maak van glas te evalueer en is met groot welslae deurgevoer. Soos reeds genoem, is 'n wye reeks *filterglassoorte* ontwik-kel wat die hele sigbare spektrum in nanometerstappe dek (spitstransmissie-intervalle van 1-5 nm). 'n Glas wat *infrarooi* beter as saffier deurlaat is ook ontwik-kel. Deur die toevoeging van bepaalde seld-sameaarde-oksiede is die grootte van die *foto-chroomeffek* verbeter en die absorpsiekoëffisiënt drie maal hoër as dié van die oorspronklike Amerikaanse patent. Verskillende *poreuse glassoorte* is ook ont-wikkel en aansoek is gedoen om patentbeskerming. Die voorbereiding van poreuse glas berus op die faseskeiding van helder glas deur hittebehandeling waardeur een fase wateroplosbaar word en dus uitgelooag kan word. Die oorblywende skelet word dan gesinter. Die tipe wat by die WNNR ontwikkel is, het 'n hoër hitte- en chemiese bestandheid as die enigste ander bekende poreuse glas. Gebruike sluit in ultrafiltrasie (veral vir mediese doeleindes: die filtrasie van virusse en ensieme), ontsouting, en in die petrochemiese en elektroniese nywerhede.

Dit is duidelik dat die aanvraag na glasweten-skaplikes en -tegnoloë steeds toeneem, terwyl die moderne nywewereid al hoe hoër eise aan materiale, en spesifiek glas, stel.

Halfgeleiers

Dr. H. Booyens

Hoof, Elektroniese Materiale, NFNL, WNNR

Halfgeleiers word gewoonlik gedefinieer as materiale met 'n spesifieke weerstand tussen 10^{-3} en 10^9 ohm.cm. Dit is 'n relatief wye gebied en sluit dan ook 'n wye reeks materiale in, van GaP, wat deursigtig oranje is, tot materiale soos PbSnSe, aan die ander uiterste, wat feitlik 'n metaal by kamertemperatuur is. Behalwe die klassieke halfgeleiers soos Si en die tweeledige sisteme soos GaAs en GaP, word daar vandag ook heelwat gebruik gemaak van drieledige sisteme soos GaAlAs, PbSnTe en HgCdTe, asook vierledige sisteme soos GaInAsP.

Alhoewel halfgeleiers soos Se reeds teen 1830 be-kend was, en PbS-kristalle in vroeë radio's gebruik is, het die halfgeleiertegnologie eers werklik sy voete begin vind in die derde dekade van hierdie eeu toe die eerste Si-gelykrygers vervaardig is. Met die ontwik-keling van radar tydens die Tweede Wêreldoorlog was daar snelle vooruitgang in die halfgeleierdiode-bedryf en teen 1948 is die eerste transistor vervaardig. Die materiaalaspekte van halfgeleiers het in 1950 na vore gekom toe die eerste Pn-vlaktransistor uit Ge-enkristal vervaardig is. Kort daarna het die Si-vlaktransistor gevolg. Gedurende die jare sestig is die GaAs-dielaser ontwikkel en het die halfgeleier-bedryf snel vooruitgegaan. Veral gedurende die laaste dekade het die Si-tegnologie tot die uiterste ontwikkel met die klem op die rekenaarbedryf.

Die halfgeleierbedryf word vandag oorheers deur Si, terwyl Ge feitlik van die toneel verdwyn het. Die groep III-V-halfgeleiers vorder baie vinnig met toepassing in die mikrogolf-Schottky-kontakappa-rate en in optiese sowel as akoestiese toepassings. Hierdie materiale is ook tans die basis van die in-frarooi vastetoestanddiodelasertegnologie. In die ver infrarooigebied tot by $0,032 \text{ mm}^1$ golflengtes word materiale soos PbSnSe gebruik. Hierdie materiaal, sowel as HgCdTe, word ook gebruik vir die vervaar-diging van infraroodetektors vir militêre en spektrometriese toepassings.

In die afsienbare toekoms sal Si sekerlik die basismateriaal van die halfgeleierbedryf bly. Dié siening is gegrond op die feit dat dit 'n materiaal is wat goedkoop geproduseer kan word vergeleke met ander halfgeleiers. Verder is dit ook 'n eenvoudige materiaal om mee te werk. Die nadeel van Si is dat dit beperk word deur relatief swak optiese eienskappe – dit het 'n sogenaamde indirekte energiegaping – en 'n lae beweeglikheid van elektrone. Die materiaal-probleme in Si is egter meestal reeds oorkom en enkelkristalle van Si kan geproduseer word sonder 'n enkele ontwrigtingsdefek. Amorfe en polikristallyne Si vorm 'n interessante nuwe veld van ontwikkeling aangesien dit die moontlikheid skep van kommersiële fotovoltaiëse sonselle teen lae koste.

Veral op die gebied van die groep III-V-halfgeleiers is daar opwindende ontwikkelinge. Hierdie materia-le, wat die halfgeleiers GaAs, InAs, GaP en InSb in-sluit, beskik in baie gevalle oor direkte energiega-

pings en is dus geskik vir optoelektroniese toepassings, soos in lasers en liggewende diodes. Elektrone kan ook vinniger deur hierdie materiale beweeg as deur Si. So is die elektronmobiliteit in GaAs agt keer groter as in Si. Dit maak GaAs uiters geskik vir hoëfrekwensiediodes en transistors vir ultrahoëfrekwensietoepassings. Ook in rekenaars kan GaAs reeds in dié dele gebruik word waar spoed van kardinale belang is. Ontwikkeling in hierdie rigting vind reeds plaas by instansies soos die IBM-korporasie in die V.S.A. Die groot probleem met hierdie halfgeleiers is dat hulle moeilike materiale is om te ontwikkel. Die perfekste GaAs wat tot dusver geproduseer is, het 'n ontwrigtingsdigtheid van 100 cm^{-2} .

Die Groep II-VI- en IV-VI-halfgeleiers het dieselfde basiese eienskappe as die groep III-V-halfgeleiers, maar hulle toepassings lê verder in die infrarooispektrum. Hierdie materiale is nog ver agter GaAs wat ontwikkeling betref, maar ontwikkel baie vinnig as gevolg van hulle toepassing in infraroodlasers en infrarooddetektors.

In Suid-Afrika beskik ons reeds oor die kennis en tegnologie om die meeste Si-gebaseerde mikroelektroniese apparate te kan vervaardig. Baie van hierdie kennis is opgedoen tydens navorsing wat verrig word by die WNNR en aan verskeie universiteite.

Wat materiaalontwikkeling betref, geskied die meeste aktiwiteit aan die Universiteit van Port Elizabeth en by die WNNR. By die UPE word veral op GaAs, Si en PbSnTe gekonsentreer terwyl die klem by die WNNR op PbS, InSb en HgCdTe val. Dieselfde twee instansies is tans ook die enigste wat die halfgeleiermateriaal wat hulle bestudeer, kan groei. Die GaAs-materiaal wat by die UPE gegroei word deur middel van vloeistoffase-epitaksie, het elektroniese en optiese eienskappe wat tot meer as tien keer beter is as dié van die basiese ingevoerde materiaal. By die WNNR word PbS- en HgCdTe-halfgeleiers deur middel van spesiale prosesse gegroei. Beide instansies is ook daartoe in staat om enkelkristal-Si van goeie halfgeleiergehalte te groei uit ingevoerde polikristallyne materiaal.

Een van die grootste probleme in die halfgeleierveld in Suid-Afrika is geleë in die produksie van halfgeleiergehalte-Si uit die hoëgraaderts afkomstig van Pietersburg. Die beste gehalte Si wat tans uit plaaslike materiaal vervaardig is, het elektroniese eienskappe wat dit geheel en al onbruikbaar maak vir normale toepassings. Dit gelei byvoorbeeld tienduizend maal meer as die ingevoerde gesuiwerde Si. Die suiwering van die materiaal is 'n duur proses waarvan die ekonomiese oorweging goed deurdink sal moet word voordat dit plaaslik aangepak kan word. Intussen word die ongesuiwerde produk uitgevoer teen 'n prys van minder as R1 per kilogram, terwyl die gesuiwerde Si ingevoer word teen net minder as R200 per kilogram. Die plaaslike en moontlike oorsese markte vir Suid-Afrikaans versuiwerde polisilikon sal dus in detail ondersoek moet word voordat 'n versuiweringsprojek op groot skaal aangepak word.

Met die stigting van SAMES het Suid-Afrika nietemin reeds sy eerste groot tree gegee in die kom-

mersiële halfgeleiermikroelektronikaveld en kan daar met vertroue uitgesien word na 'n blink toekoms vir halfgeleiermateriale in Suid-Afrika.

Dr. G. Heymann

Vise-President van die WNNR, het die verrigtinge afgesluit met enkele gedagtes oor:

Die noodsaaklikheid van navorsing op materiale

Die besondere posisie wat Suid-Afrika beklee as gevolg van die konsentrasie van sleutelminerale hier, toon in baie opsigte 'n verband met die olienywerheid. Olie word op spesifieke plekke in die wêreld aangetref en dit plaas hierdie lande in 'n bevoorregte posisie. Maar tensy die inkomste wat a.g.v. hierdie gunstige posisie gegeneer word, oordeelkundig aangewend word, sal hierdie lande vinnig verval tot 'n toestand van onbeduidendheid wanneer hulle reserwes uitgeput raak. Die logiese prosedure is dus om in gevorderde industriële vervaardigingsondernemings te belê. So word werksgeleenthede vir die huidige bevolking verskaf en voorsiening gemaak vir 'n industriële infrastruktuur wat blywend is, en dit dus moontlik maak om vooruitgang in die betrokke lande te handhaaf, ten spyte van reserwes wat uitgeput raak.

Suid-Afrika se voorspoed berus tans in 'n baie groot mate op 'n enkele entiteit, naamlik goud. Dit is met onrus en konsternasie dat 'n mens die sterk negatiewe effek op die ekonomie as gevolg van die onlangse daling van die goudprys, waarneem. Dit het gebeur ten spyte van aansienlike pogings wat aangewend is om die Suid-Afrikaanse ekonomie te laat wegbeweeg van 'n ekonomie wat net op goud gebaseer is. Die meeste van hierdie pogings hou verband met die verkoop van goedkoop energie in die vorm van steenkool en onverwerkte minerale aan die Westerse wêreld.

Tot dusver het Suid-Afrika gekonsentreer op mynbedrywighede en die uitvoer van minerale in 'n halfverwerkte vorm. Die voordele daarvan dat die totale bevolking hom beywer vir die uitvoer van klaarvervaardigde goedere, is voor die hand liggend. 'n Hoër nettowaarde van die uitvoerprodukt asook die aansienlik verhoogde werksgeleenthede in die vervaardigingssektor, kan slegs die posisie van die land as geheel verbeter. Om hierdie doel te bereik is 'n gesonde tegnologiese basis 'n noodsaaklikheid. Ons nywerhede moet toegang hê tot gevorderde tegnologiese bronne. In die verlede het Suid-Afrika staat gemaak op die V.S.A., Europa en Japan vir tegnologiese inligting. As gevolg van sekere verwickelings is ons toegang tot hierdie bronne nie gewaarborg nie.

Die Westerse wêreld gebruik sy tegnologiese infrastruktuur en kundigheid om ingevoerde grondstowwe te verwerk tot produkte wat dan teen drasties verhoogde pryse verkoop word. (Die geval van silikon is pas aangehaal.) Suid-Afrika word al vir 'n geruime tyd geklassifiseer as een van die meer gevorderde ontwikkelende lande wat poog om van die status van 'n suiwer verskaffer na dié van 'n verskaffer

en prosesseerder oor te skakel.

Die V.S.A., Europa en Japan is intens bewus daarvan dat hulle aansienlike tegnologiese basis een van hulle laaste sterkpunte is, en daar is toenemende weerstand teen die vrylike verskaffing van tegnologiese kundigheid aan ontwikkelende lande. Hierdie houding word verder versterk deur hoë werkloosheid in die ontwikkelde lande.

Dit moet dus so ver as moontlik onder die hele land se aandag gebring word dat as ons die status van 'n ontwikkelde land wil bekom met 'n uitgebreide sekondêre vervaardigingsnywerheid, dit ook 'n uitgebreide *tegnologiese infrastruktuur en deskundigheid* sal verg. Hiervoor sal ons op plaaslike navorsings- en ontwikkelingsprogramme moet staatmaak. Afgesien van die voordeel dat ons ons eie tegnologie so kan genereer, bou volgehoue navorsings- en ontwikkelingsaktiwiteite ook 'n verhoogde kundigheid op, en so ook verskerpte diskriminasie by die invoer en implementering van bekombare tegnologie sodat dit altyd relevant en nie verouderd is nie. As gevolg van die tekort aan geskoolde mannekrag sal staatsondersteunde navorsings- en ontwikkelingsinstansies 'n toenemend belangrike rol speel by die bevordering en implementering van tegnologie wat nog te koop is.

'n Goeie voorbeeld van 'n suiwer plaaslike ontwikkeling wat 'n stap in die regte rigting voorstel, is die ontwikkeling van 3CR12-staal deur Southern Cross Co., soos vroeër beskryf. Hierdie staal bevat minder chroom as tradisionele vlek-vry steele, maar is nogtans 'n belangrike medium waardeur Suid-Afrikaanse chroom in verwerkte vorm uitgevoer kan word, met 'n aansienlike toename in die waarde van die produk. Verder, as hierdie staal 'n deurbraak sou maak op die groot wêreldmarkte, sal daar 'n groot aantal werksgeleenthede in die vervaardigingsnywerheid geskep word, om aan die oorsese vraag te kan voldoen.

'n Internasionale voorbeeld wat Suid-Afrika gerus kan volg is weer eens dié van die Climax Molybdenum Company van die V.S.A. Climax beheer die meeste van die groot afsettings van molibdeen in die vry wêreld, naamlik in die V.S.A., Kanada en Chile. Omdat Climax sy ontginde molibdeen so goed as moontlik wou bemark, het hulle 40 jaar gelede begin om nuwe toepassings daarvoor te ontwikkel. 'n Navorsingsorganisasie is met dié doel gestig en elke aspek van molibdeen is in die fynste besonderhede ondersoek. Soveel basiese navorsing is gedoen, en so baie inligting is hierdeur ingewin, dat tegnoloë en ingenieurs oral begin het om van molibdeenbevattende steele gebruik te maak, bloot omdat soveel kennis daarvoor beskikbaar was. Navorsing duur nog steeds in die Climaxgroep voort op alle moontlike aspekte van die ertse se ontginning, sowel in tradisionele as in nuwe toepassings. Kantore is oral in die wêreld geopen om bemarking te bevorder en om ingenieurs, metallurge en chemici te adviseer oor die beste moontlike gebruik van molibdeen. Hierdie kantore word deur wetenskaplikes en ingenieurs beman, sodat enige probleem wat kan opduik onmiddellik hanteer kan word, asook sodat alle gunstige geleenthede

gerapporteer en nagevors kan word. Op hierdie manier bly Climax gedurig op hoogte van sake en behou dit sy toposisie in dié veld.

Sy leuse is: "*Since the Climax mine was opened in 1918, no-one has thought of molybdenum without thinking of Climax and we intend to keep it that way*". Dat hierdie benadering suksesvol was, ly geen twyfel nie. Hul intensiewe navorsing het nie net gelei tot dominasie van die wêreldmark op dié gebied en tot verhoogde verkope nie, maar ook tot verhoogde *afhanklikheid* van molibdeen.

Wat staan Suid-Afrika dus te doen?

Die navorsingskomponent is 'n essensiële eerste stap vir enige verdere ontwikkeling. By die NFNL van die WNNR en by ander plekke word navorsingsprogramme tans onderneem wat direk gekoppel is aan strategiese minerale in Suid-Afrika beskikbaar. Die doelstellings van hierdie en toekomstige navorsingsprogramme behoort die voorbeeld van Climax Molybdenum in gedagte te hou. Elemente en samestellings soos mangaan, chroom, vanadium, sirkonium, die platinumgroepmetale, goud, ens. behoort op die hoogste moontlike vlak bevorder te word. Ondervinding het bewys dat uit goed beplande basiese navorsings- en ontwikkelingsstudies nuwe gesofistikeerde tegnologie gewoonlik gegeneer word wat direk van belang vir die Suid-Afrikaanse nywerheid is. Hierdie hele proses is fundamenteel vir Suid-Afrika se vooruitgang. Tot dusver het ons die minimum navorsing gedoen oor en ontwikkeling onderneem van goud en die platinumgroepmetale (ons bekendste strategiese uitvoerprodukt!). Hierdie toestand moet so gou as moontlik reggestel word.

In die gees van vrye onderneming behoort die Suid-Afrikaanse nywerheid hierdie fasiliteite te skep, maar die huidige houding word meestal deur mynbelange gedikteer. Die betrokke maatskappye maak goed geld uit die verkoop van onverwerkte ertse, en dus prikkel langtermynbeleggings soos die ontwikkeling van 'n tegnologie wat uiteindelik tot hulle voordeel sal strek, nie hulle belangstelling genoeg om tot aksie oor te gaan nie. Die situasie herinner sterk aan dié in die sintetiese brandstofbedryf van die vyftigerjare. In daardie stadium het die regering die inisiatief geneem met die SASOL-program, met die gevolglike gunstige situasie waarin ons ons vandag bevind. Dit lyk asof die regering weer sal moet ingryp om die infrastruktuur en stimulus vir die navorsings- en ontwikkelingsektor te skep om te dien as langtermynsekuriteit vir ons mineralerykdom en om so ons strategiese posisie op die wêreldranglys te bewaar.

Gewapen met toereikende fondse en die toegewyde pogings van ons wetenskaplikes en nyweraars kan ons dalk die toekoms tegemoet gaan met die volgende leuse: "*Sedert die instelling van die Suid-Afrikaanse mynindustrie in die middel negentiende eeu, het niemand aan goud, platinum, vanadium, chroom, mangaan, sirkonium, ens. gedink sonder om aan gevorderde materiale, wat onontbeerlik vir die wêreld is, te dink nie.*"

(Saamgestel deur Nicoline Basson)