

DOOR: KO BUIJS

# Bijzondere metalen verdienen aandacht

Bijzondere metalen als Ti, Zr, Ta, Nb, W, Ni, en Mo worden beduidend minder voor het voetlicht gebracht dan bijvoorbeeld materialen als staal, aluminium, koper en roestvast staal. Onderstaand een opsomming van diverse 'exoten' die in de metaal toch meer worden gebruikt dan men veelal aanneemt. In deze summier opgave enige relevante kenmerken en vooral toepassingsgebieden.



*Eén toepassing van wolfram is als pantsermateriaal en omhulsels van kogels en granaten omdat de hardheid bij hogere temperatuur behouden blijft (bron: US Navy)*

Het lichte metaal titaan (Ti) wordt meestal als ongelegeerd metaal toegepast ten behoeve van de industriële apparatenbouw zoals warmtewisselaars, leidingsystemen voor de chemie en offshore alsmede in de procesindustrie zoals pompen, kleppen en afsluiters. Daarnaast vindt men dit materiaal terug in de vliegtuigbouw, medische implantaten, gevelbeplating, dakbedekking, sportartikelen zoals tennisrackets en golfsticks, brilmonturen, sieraden, enzovoort. Een van de interessante aspecten is dat titaan geen corrosietoeslag behoeft en dat het een zeer gunstige gewicht-sterkteverhouding heeft.

Deze gunstige verhouding wordt nog beter indien men het titaan legeert met aluminium en vanadium. In maritieme milieus wordt het onbeschermd voor minstens 40 jaar gegarandeerd en in atmosferische omstandigheden zelfs tot 100 jaar. De dichtheid is slechts 4510 kg/m<sup>3</sup>. Titaan wordt ook als cladding met behulp van explosief plateren aangebracht op bijvoorbeeld stalen en roestvast stalen pijpenplaten. Titaan is net als zirkoon anodisch te kleuren waardoor zeer fraaie kleurstellingen bereikt kunnen worden zoals goudachtig, kobaltblauw en dergelijke.

## Zirkoon (Zr)

Zirkoon is een hoogwaardig metaal dat al zo'n 60 jaar commercieel wordt geproduceerd. Oorspronkelijk werd het alleen toegepast in de nucleaire industrie vanwege de lage thermische neutronenabsorptie en de relatief hoge mechanische sterkte. Later is het ook ontdekt door de chemische industrie die dit unieke metaal gebruikt vanwege de uitzonderlijke corrosiebestendigheid en een redelijk goede warmtegeleidbaarheid. Zirkoon is zeer corrosiebestendig en gelet op mechanisch gedrag en fysische eigenschappen komt het behoorlijk overeen met



titaan. Het metaal reageert uiterst snel met zuurstof waardoor het een hechte, stabiele oxidehuid vormt. Daarom valt het onder de zogenaamde reactieve metalen. Het heeft net als titaan een hoge oplosbaarheid voor zuurstof, waterstof en stikstof bij verhoogde temperatuur. Geringe opnamen van deze gasen zorgen voor een toename van de hardheid en een afname van de ductiliteit van het zirkoon.

Reactieve metalen zoals zirkoon en titaan zijn bijzonder goed geschikt om te gebruiken in salpeterzuur omdat deze aan de lucht zeer snel een dikke taaie en goed afsluitende oxidehuid vormen. Salpeterzuur is een sterk oxiderend zuur waardoor deze oxidehuid snel wordt opgebouwd en dan vooral als de temperatuur hoog is. De uitstekende corrosiebestendigheid van zirkoon wint het overigens van titaan en ook soms zelfs van edele metalen. Daarom wordt bij de bereiding en de handling van salpeterzuur steeds meer zirkoon met succes toegepast. Zirkoon 702 is de enige technische zuivere kwaliteit die op de markt wordt gebracht. Daarnaast zijn er ook nog enkele zirkoonlegeringen zoals de kwaliteit Zr 705. De dichtheid is 6640 kg/m<sup>3</sup>.

### Tantaal (Ta)

Tantaal is een witgrijs metaal dat regelmatig als legeringelement wordt gebruikt in superlegeringen op nikkel- en kobaltbasis die bijvoorbeeld in turbines en straalmotoren worden gebruikt. Ook wordt het als puur metaal toegepast en het lijkt qua eigenschappen nogal op die van wolfram en molybdeen. Het valt ook onder de reactieve metalen, maar de oxidehuid is dusdanig uitzonderlijk resistent dat het nagenoeg niet op kan lossen in de meest agressieve reagentia. Met andere woorden: de corrosiebestendigheid is dan ook extreem goed te noemen zodat het wel eens vergeleken wordt met die van glas. Het betreft een vrij kostbaar metaal met een hoge dichtheid van 16.600 kg/m<sup>3</sup>, dat is bijna vier keer zoveel als die van titaan. Het metaal is ook bij zeer hoge temperatuur goed corrosiebestendig en dankzij de grote ductiliteit kan men het goed diep- en draadtrekken. Het materiaal beschikt over goede mechanische eigenschappen en dat ook bij hoge temperatuur. Bovendien is dit metaal goed lasbaar. Tantaal wordt onder andere toegepast in de apparatenbouw, de procesindustrie en de elektronica-sector. Voorbeelden zijn bevestigingsmaterialen, reparatiemateriaal voor geëmailleerde vaten, hiteschilden in straalmotoren, smeltkroezen, thermowells, weerstandverwarmings-elementen, containers voor vloeibare metalen,

etc. Omdat het zo'n kostbaar metaal betreft, wordt het vaak dunwandig toegepast of het wordt als een dunne laag explosief aangebracht op koolstofstaal of roestvast staal.

### Niobium (Nb)

Niobium is een zacht en ductiel metaal met een hoge smeltemperatuur. Het betreft een reactief metaal dat enigszins aan roestvast staal doet denken. Het wordt vaak gebruikt als legeringelement maar ook wel in pure vorm. De dichtheid is 8570 kg/m<sup>3</sup>. Eigenschappen zijn onder andere hoge elektrische en thermische geleidbaarheid, lage uitzettingcoëfficiënt, hoge hittebestendigheid en een zeer goede corrosiebestendigheid. In zoutzuur en zwavelzuur presteert tantaal overigens wat beter dan niobium. Het metaal is prima bestand tegen vloeibare alkalimetalen. Niobium is ook geschikt in droog chloorgas terwijl titaan daarin spontaan zal gaan branden. Het metaal is uitstekend toepasbaar in fluoridenhoudende en hoogoxiderende zuren alsmede in zowel nat als droog chloor en broom. Niobium is goed lasbaar maar er zal dan wel aan een aantal strenge spelregels moeten worden voldaan.

Er zijn ook niobiumlegeringen beschikbaar met tantaal, hafnium, wolfram en zirkoon.

Niobium wordt gebruikt in naverbranders van straalmotoren, in juwelen en als buismateriaal in natriumlampen. Daarnaast vindt men toepassingen in ventilatiesystemen van autoclaven, als stuwkrachtvergroter in de ruimtevaart en als behuizing ten behoeve van supergeleiding. Als vervanging voor röntgenapparatuur is de MRI-scan gekomen; niobium wordt daarin gebruikt als 'diagnosteergereedschap' om zo laagje voor laagje van het menselijk lichaam te scannen zonder gevaarlijke straling. Ook wordt het metaal toegepast in verchroombaden.

### Wolfram (W)

Wolfram heeft het hoogste smeltpunt (3422 °C) van alle metalen en het is bovendien zeer corrosiebestendig. De dichtheid is maar liefst 19.300 kg/m<sup>3</sup>. Wolfram valt ook onder de reactieve metalen, waardoor bij blootstelling aan de lucht een hechte en zeer goed afsluitende oxidelaag wordt gevormd. Ook wordt het als legeringelement gebruikt in hoogwaardige metalen die veelal hoog thermisch worden belast. Ook laat het meestal dan de hardheid en de slijtvastheid toenemen.

Dankzij het hoge atoomnummer is het geschikt als anodemateriaal in een röntgenbuis. Vanwege het zeer hoge smeltpunt wordt wolfram gebruikt als gloeidraad in de bekende gloeilamp-



Stukjes zirkoon met een massa van 2,5 g en ongeveer 1 cm groot. Zirkoon is een hart met een grijszilver uiterlijk (bron: <http://jumk.de>)



Een titaan-moer voor de achteras van een motorfiets van de legering Ti6AlV4, met een eigen massa van maar 20 g. Dit onderdeel wordt op het internet aangeboden met een prijs van 50 pond sterling (bron: [www.superbike.co.uk](http://www.superbike.co.uk))



Een prototype van een nikkelen spiegel. In de ongelegeerde conditie is nikkel goed toe te passen in procesapparatuur (bron: Nasa)





pen. Ook treft men het metaal aan in uitlaatsystemen van straalmotoren en raketten. De uitzettingscoëfficiënt is laag en vergelijkbaar met die van glas waardoor het prima dienst kan doen ter versterking van glas (gewapend glas). Als andere toepassingen treft men het soms aan in de sportwereld, zoals de fabricage van darts maar ook als elektrodemateriaal ten behoeve van het TIG-lasproces. Wolfram vormt met koolstof wolframcarbiden en dat is uiterst slijtvast waardoor het met een bindmiddel ook bekend staat als hardmetalen beitels en frezen. Wolfram/koperlegeringen zijn ook bijzonder hittebestendig en beschikken tevens over een uitstekende thermische en elektrische geleidbaarheid. Deze legeringen zijn gemakkelijk te bewerken en ze worden niet alleen op grote schaal gebruikt in elektrische motoren, elektrische contacten voor hoogspanningsschakelaars en stroomonderbrekers, maar ook in de ruimtevaart en luchtvaart.

### Nikkel (Ni)

Nikkel is een metaal dat een relatief hoge ductiliteit heeft dankzij de vele glijvlakken in het atoomrooster. Specifieke voordelen van het metaal nikkel zijn naast de zeer goede corrosiebestendigheid, de constante magnetische permeabiliteit, de geringe thermische uitzetting en de zeer goede eigenschappen bij hoge temperatuur. Het wordt ook vaak als legeringselement gebruikt in voornamelijk ijzer- en koperlegeringen. Voorbeelden zijn onder meer austenitisch roestvast staal, duplex, cunifer, cupronikkel en aluminiumbrons. De dichtheid is  $8890 \text{ kg/m}^3$ . Nikkel wordt naast de commerciële zuivere uitvoering ook veel toegepast als gelegeerd nikkel, dat verkrijgbaar is in alle productvormen. De lasbaarheid is uitstekend mits de juiste lasparameters worden gebruikt. Nikkel staat ook bekend vanwege haar zeer goede kruipvastheid. In de ongelegeerde conditie is het nikkel zeer goed toe te passen in bepaalde procesapparatuur en daarom zijn er twee ongelegeerde kwaliteiten



*Kristallen niobium. Niobium is goed bestand tegen natriumdampen bij hoge temperaturen en drukken*

beschikbaar namelijk nikkel 200 en 201. Nikkel 200 is een kwaliteit met een hoge ductiliteit dat ook wel commercieel zuiver nikkel wordt genoemd. Bovendien beschikt het over een goede warmtegeleiding en een uitstekende resistentie tegen zeer vele corrosieve media. Vanwege de zuiverheidsgraad heeft nikkel relatief lage mechanische waarden. Nikkel 201 is nagenoeg identiek aan nikkel 200 echter het maximale koolstofgehalte is beduidend lager. Beide kwaliteiten bieden vooral onder reducerende omstandigheden een zeer goede corrosiebestendigheid. In oxiderende milieus ontstaat er een passieve oxidefilm aan het oppervlak die ervoor zorgt dat het nikkel bestand is tegen natronloog, droge chloorwaterstoffen en droog broom. Ook blijkt dat nikkel 200 en 201 een prima bestendigheid hebben tegen spanningscorrosie zowel in etsende alkalische- als in chloridenhoudende oplossingen. Nikkel 200 en 201 zijn zowel koud als warm goed vervormbaar. Zwavelopname dient men met nikkellegeringen te allen tijde te voorkomen omdat de kans op vorming van het zeer schadelijke nikkel sulfide bijzonder groot is.

### Molybdeen (Mo)

Molybdeen is een metaal met een hoog smeltpunt en een dichtheid van  $10.200 \text{ kg/m}^3$ . Het meeste van al het wereldwijd geproduceerde



*Een opname gemaakt van de bereiding van molybdeen. Dit metaal verhoogt de mechanische waarden van staal*

molybdeen wordt gebruikt als legeringselement. Molybdeen verhoogt de mechanische waarden van staal en het wordt beter bestand tegen grote temperatuurwisselingen. Roestvast staal gelegeerd met molybdeen wordt aanmerkelijk meer corrosiebestendig in zure milieus. Naast legeringselement wordt technisch zuiver molybdeen toegepast in apparaten voor de chemie. Andere toepassingen vindt men in de verlichtingsindustrie zoals in gloeilampen, gasontladinglampen en doorvoeringen in kwartslampen. Daarnaast wordt het toegepast als katalysator in de petrochemie en als pigment in verf, inkt, kunststoffen en elastomeren. Voorts wordt molybdeen gebruikt in transistors, in apparatuur ten behoeve van het elektronenstraalassen, in vacuüm-ovens, in laboratoriumapparatuur en dergelijke.

Kort samengevat kan gesteld worden dat molybdeen uitstekend presteert in hogetemperatuurtoepassingen. <<<

*Dit artikel is geschreven door N.W. (Ko) Buijs van Innomet. Voor de levering van metalen als Ti, Zr, Ta, Nb, W, Ni, en Mo is Innomet een samenwerking aangegaan met het Chinese bedrijf Xi'an Refractory & Precise Metals Co. Ltd. Meer informatie via [www.innomet.nl](http://www.innomet.nl) en [www.refractorymetals.cn](http://www.refractorymetals.cn).*



*Een enkelkristal tantaal met daarnaast een kubus tantaal van  $1 \text{ cm}^3$ . De oxidehuid is uitzonderlijk resistent (beelden zonder credits bron: internet)*

### Gegevens van Ti, Zr, Ta, Nb, W, Ni, en Mo

	Symbool	Atoomnummer	Dichtheid ( $\text{kg/m}^3$ )	Smeltpunt (K)
titaan	Ti	22	4510	1940
zirkoon	Zr	40	6640	2125
tantaal	Ta	73	16.600	3269
niobium	Nb	41	8570	2740
wolfram	W	74	19.300	3695
nikkel	Ni	28	8890	1726
molybdeen	Mo	42	10.200	2890

