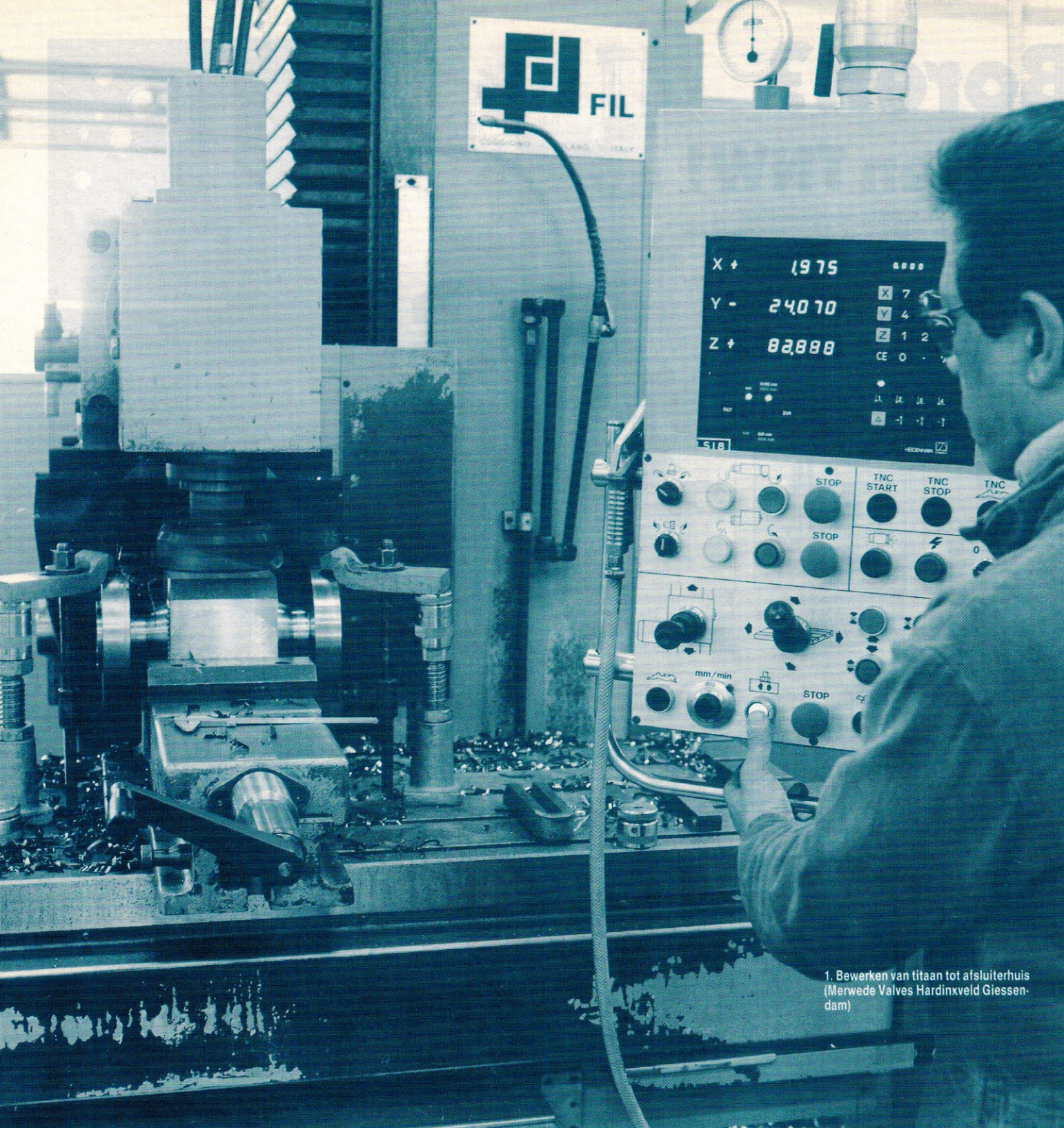




1. Bewerken van titaan tot afsluiterhuis
(Merwede Valves Hardinxveld Giessen-
dam)

Titaan, een goed alternatief (4)

Ing. N.W. Buijs

Van Leeuwen Stainless BV, Beesd

Deze laatste verhandeling omtrent titaan gaat nader in op de toepassingen van dit materiaal. Door de bijzondere eigenschappen zijn die toepassingen sterk toegenomen.

Titaan en haar legeringen hebben zich in de praktijk bewezen als technisch superieure materialen die economisch toepasbaar zijn in zeer veel takken van de industrie zoals luchtvaart, zeevaart, chemie, petrochemie, gezondheidszorg, alsmede in allerlei andere commerciële toepassingen.

In Noord-Amerika wordt ongeveer 70% van het titaan gebruikt ten behoeve van toepassingen in de luchtvaart-industrie. Vanwege uitbreiding van bestaande toepassingen en de ontwikkeling van nieuwe gebruiksdoelen, wordt de grootste groei thans verwacht in de industriële en zeevaartsector. Ook zal het gebruik in andere commerciële toepassingen flink gaan toenemen.

Industriële toepassingen waar titaan met succes wordt toegepast zijn onder meer:

- N gasturbine motoren;
- warmtewisselaars;
- stoomturbines;
- voertuigen.

Industriële toepassingen

Hoog rendement gasturbine-motoren zijn hoofdzakelijk tot stand gekomen door het gebruik van titaan en titaanlegeringen als waaierschoepen, compressieschoepen, schijven, naven en vele componenten die niet roteren. De sleutel tot dit succes vindt zijn oorsprong in de unieke combinatie van de gunstige gewicht/sterkte verhouding, sterkte bij verhoogde temperatuur alsmede de goede kruip- en vermoeiingssterkte. De ontwikkeling van titaan-aluminiden zal het mogelijk maken titaan toe te gaan passen in nog hetere delen van zeer geavanceerde motoren. De meeste toepassingen van titaan als warmtewisselaar-materiaal moeten gevonden worden bij het gebruik van zeewater, brakwater of verontreinigd water als koelmiddel. Condensoren, pijp/ pijp- plaat-warmtewisselaars en platenkoelers van titaan worden op grote schaal toegepast in elektriciteitscentrales, raffinaderijen, luchtconditioneringssystemen, chemische fabrieken, offshore modules, schepen en onderzeeboten. Het feit dat er bij het gebruik

van titaan als condensormateriaal in elektriciteitscentrales nog nooit een noemenswaardige klacht is geweest over mogelijke corrosieve aantastingen wil toch genoeg zeggen over de veelbelovende kwaliteit van dit metaal.

Titaan is ook goed geschikt voor toepassing als anoden. De unieke electrochemische eigenschappen van titaan bewerkstelt een hoge energieke eenheid voor het produceren van chloor, chloraat en hypochloride.

Stilstand in elektriciteitscentrales wordt voor maar liefst 30% veroorzaakt door mankementen aan stoomturbine-componenten. Nu is gebleken bij proefnemingen dat met het gebruik van Ti6Al4V schoepen het rendement en de levensduur van de lagedruk turbine is toegenomen en dat storingsgevoeligheid en onderhoud zijn afgenomen.

Titaanonderdelen worden vooral toegepast in geavanceerde voertuigen, b.v. in afsluiters, veren, kleptuimelaars, verbindingssaven en frames i.v.m. de hoge sterkte en het relatief lage gewicht. Berekeningen hebben aangetoond dat bij het gebruik van titaanafsluiters in moderne treinen het brandstofrendement met 4% is toegenomen. Vanwege deze opmerkelijke ontwikkeling worden steeds meer afsluitercomponenten van titaan toegepast in commerciële treinmotoren.

Het commercialiseren van het gegoten titaanproduct is op gang gekomen op het einde van de zestiger jaren. Tegenwoordig heeft dit product zich dusdanig gunstig ontwikkeld dat kritische onderdelen voor gasturbines, luchtvaart, chemische processen en zeevaart met een grote regelmaat als gietstuk worden toegepast. Gietwerk biedt qua vrije vormgeving en netto materiaalgebruik een enorm voordeel t.o.v. andere vervaardigingsprocessen. Zowel de verlorenwasmethode als zandgietwerk worden gebruikt.

De gietmodellen die men voor staal gebruikt kan men ook zonder meer voor titaan gebruiken echter m.u.v. componenten t.b.v. de luchtvaart die zijn eigen modellen laat vervaardigen. De mechanische

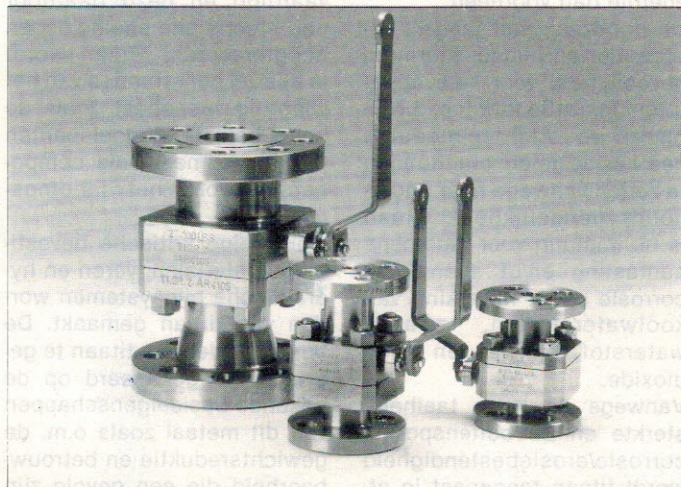
eigenschappen van titaangietstukken zijn meer of minder te vergelijken met die van gesmede titaandelen. De taaiheid en de weerstand tegen scheurgroei zijn in het algemeen beter dan die van smeedwerk. De mechanische sterkte is ongeveer dezelfde terwijl de vermoeiingsterkte na een langdurige cyclische belasting meestal wat lager is.

De introductie van heet isostatisch persen (HIP-proces) op het eind van de jaren ze-

alle richtingen verbeterd. Het vertrouwen van de ontwerpers in dergelijke producten is daardoor enorm toegenomen.

Procestoepassingen

Vanwege het hergebruik van afvalvloeistofstromen en de noodzaak om grotere betrouwbaarheid en een langere levensduur te creëren van apparaten in de papierindustrie, is titaan een uitstekend alternatief gebleken als materiaal t.b.v. wasvaten, bleekeenheden, pompen, pijpsystemen



2. Titaan afsluiter voor de chemische industrie (Merwede Valves Hardinxveld Giessendam)



3. Pijpsystemen voor de chemische industrie

ventig gaf een enorme positieve wending omdat inwendige slinkholtes niet meer konden optreden. Zo kunnen producten dankzij het HIP proces volledig geröntgend worden zonder defecten vast te stellen die bij een normaal gietproces altijd voorkomen. Zo worden de algemene mechanische eigenschappen in

en warmtewisselaars in de bleekafdeling. Deze behoefte wordt nog eens extra bevestigd door de nieuwe ontwikkeling om met chloordioxide te gaan bleken.

Het zal uit het voorgaande duidelijk zijn dat titaan een prima materiaal is om in te zetten in allerlei segmenten van ontziltingsapparatuur.

Voor al de goede erosie/corrosieweerstand en hoge condensatiegraad alsmede de geringe wanddiktes zorgen ervoor dat titaan goed kan concurreren tegen koperlegeringen.

Het hydrometallurgische metaalwinproces vanuit erts in reactoren van titaan is een milieuvriendelijk alternatief voor de conventionele smeltprocessen. Op deze wijze kan men m.b.v. titaanelectroden bijvoorbeeld koper, goud en mangaan winnen met hogere zuiverheid en met minder energie dan voorheen.

De noodzaak van langere levensduur en minder storingsgevoeligheid voor vele apparaten in raffinaderijen, LNG-plants en offshore-modulen heeft ertoe geleid om titaan in te zetten vanwege haar onderhoudsvriendelijkheid. Titaan is nl. immuun voor algemene aantasting en/of spanningscorrosie onder inwerking van koolwaterstoffen, zwavelwaterstof, slurries en kool-dioxide.

Vanwege de hoge taaiheid, sterkte en de buitensporige corrosie/erosiebestendigheid wordt titaan toegepast in afsluiters, pompen en warmtewisselaars voor onderzeeboten. Voorts wordt het metaal toegepast in pijp- en voortstuwingssystemen en zelfs incidenteel als scheepshuid voor onderzeeboten.

Vaten, warmtewisselaars, tanks, roereenheden, koelers en pijpsystemen in titaan worden steeds meer toegepast in chemische processen en wel op die plaatsen waar veel agressiviteit te verwachten is. In dit verband kan gedacht worden aan de productie van salpeterzuur, organische zuren, inhibiterende reducerende zuren en zwavelwaterstof.

Lucht- en ruimtevaart

In de luchtvaartindustrie wordt titaan toegepast in motoren. Het grootste gebruik van titaan in de luchtvaart is in de gasturbine motoren. In de meeste moderne straalmotoren maakt titaan 20 tot 30 % van het gewicht uit, hetgeen voornamelijk terug te vinden is in het compressiegedeelte.

Toepassingen zoals schoepen, schijven of naven, inlaat-

waaiersbladen en behuizingen worden vaak in titaan uitgevoerd. Titaan is daarom het materiaal dat gewoonlijk gekozen wordt voor componenten in straalmotoren die belast worden tot temperaturen van 595°C.

Titaanlegeringen kunnen effectief concurreren tegen metalen zoals aluminium, nikkel- en ijzerlegeringen als spantmateriaal in zowel vliegtuigen t.b.v. commerciële als de militaire luchtvaart.

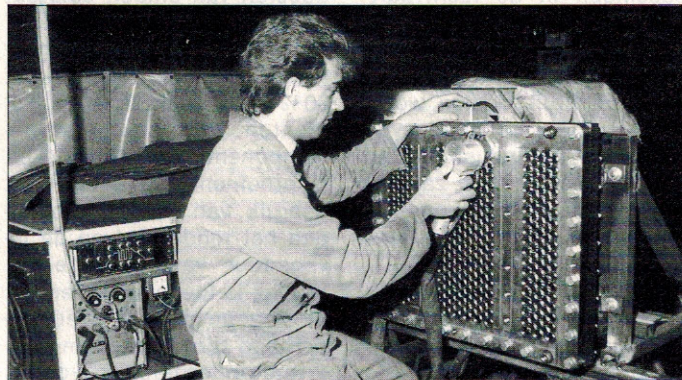
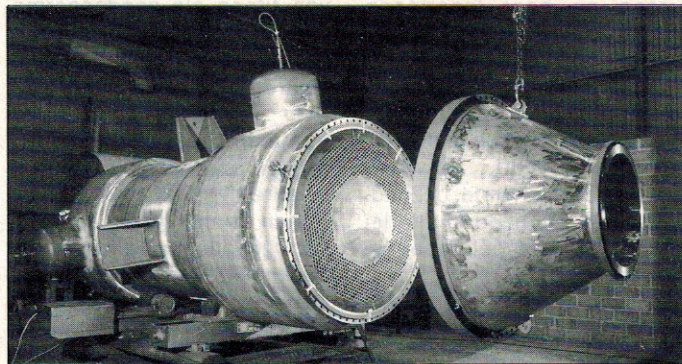
Bijvoorbeeld het vliegtuigtype SR71 is geheel van titaan vervaardigd en bezit daardoor nog steeds alle snelheids- en hoogterecords. Titaan wordt in allerlei constructies van het vliegtuig toegepast zoals de hoog belaste vleugelspanen (veelal gesmeed) als componenten voor het landingsgestel.

Ook kleine kritische bevestigingsmaterialen, veren en hydraulische pijpsystemen worden van titaan gemaakt. De beweegdelen om titaan te gebruiken is gebaseerd op de bekende basiseigenschappen van dit metaal zoals o.m. de gewichtsreductie en betrouwbaarheid die een gevolg zijn van respectievelijk de lage dichtheid, de hoge sterkte en de enorme corrosiebestendigheid.

Toen eenmaal titaan al op ruime schaal werd toegepast in de Mercury en Apollo ruimtevaartuigen zijn de toepassingen onafgebroken toegenomen voor zowel de militaire ruimtevaart als voor de NASA. In de bemande ruimtevaart wordt titaan o.m. gebruikt voor onderdelen van start-raketten, drukvaten en vele onderdelen die licht van gewicht moesten zijn en toch een hoge betrouwbaarheid moesten bezitten.

Zware secties worden vaak omschreven als gesmede of gewalste plakken die dikker zijn dan 100 mm. Dergelijke zware delen worden reeds in titaan met succes uitgevoerd als bijvoorbeeld spanen en zware roterende onderdelen voor turbines waar de schoepen aan worden bevestigd. Dit laatste gaat alleen op bij de zgn. dubbelstroomstraalmotoren. Ook vindt het zijn toepassing als gesmede roteren in helicopters.

De legering die hier primair



voor in aanmerking komt is het type Ti6Al4V in de gegloeide of verouderde (STOA = 'solution treated and over-aged') conditie. Ook komen ervoor in aanmerking de legeringen Ti17(Ti5Al2Sn2Zr4Mo4Cr) hetgeen een bijna-bêta kwaliteit is en het type Ti10V2Fe3Al alsmede Ti6Al2Sn4Zr6Mo die dienen te worden gebruikt in de verouderde conditie (STA = 'solution treated aged'). Ook de bêta-legeringen Ti13V11Cr3Al en Ti3Al8V6Cr4Mo4Zr in de verouderde conditie worden daarvoor ingezet. De meest toegepaste legering die in zware secties van het vliegtuigtype 'Blackbird SR-71' wordt toegepast is het type Ti13V11Cr3Al.

De onderdelen hiervan zijn te vinden in de rompspanen, vleugelbalken en in het landingsgestel. De constructeurs van dit type vliegtuig (Lockheed) hebben berekend dat alleen roestvaststaal en titaan geschikt waren om de operationele omstandigheden te weerstaan doch dat het verouderde titaan slechts de helft in gewicht was t.o.v. roestvaststaal. De treksterkte van het titaan in deze conditie is nagenoeg dezelfde als die van het roestvaststaal.

Voor een bepaald proces en

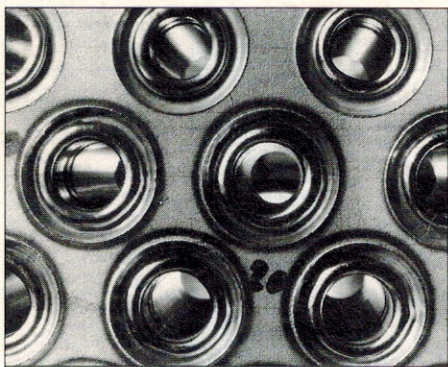
met een specifieke warmtebehandeling kunnen dergelijke titaankwaliteiten superieure vermoeiingssterktes bieden met hoge taaiheidseigenschappen tegen breuk. Zo is gelegeerd titaan een superieur alternatief voor vele stalen onderdelen.

Innovatieve toepassingen

Naast de bestaande toepassingen is er nog een groot potentieel gebied waar titaan ingezet kan gaan worden. Hieronder volgen enkele voorbeelden waar al veel onderzoek naar verricht is.

Indien er nieuwe titaanlegeringen en nieuwe vervaardigingsmethoden worden ontwikkeld, kan men er zeker van zijn dat titaan in de luchtvaart een nog grotere vlucht gaat nemen. Reeds nu al is er grote interesse om precisiegietwerk van nieuwe titaanlegeringen zoals Ti15V3Cr3Al3Sn en Ti3Al8V6Cr4Zr4Mo in te zetten als vervanger voor vele onderdelen die thans nog van metaallegeringen worden gemaakt met een hoog soortelijk gewicht.

De uitzonderlijke weerstand tegen aantasting van zwavelwaterstof en andere agressieve substanties gecombineerd met hoge mechanische



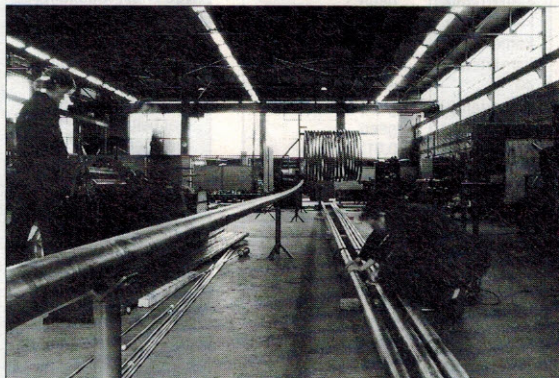
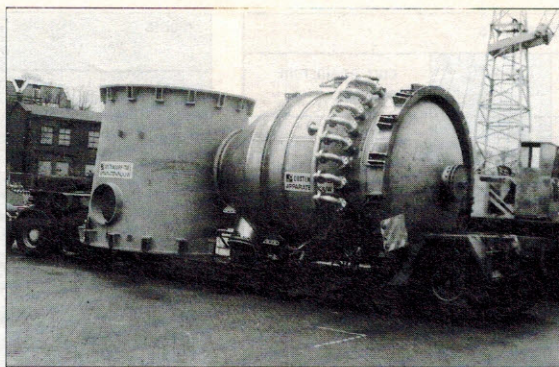
LINKSBOVEN
Titaancondensor (Welders Aalst - B)

LINKS
Lassen van een zeewaterkoeler (Oostendorp Tiel)

BOVEN
Detail van een titaan lasverbinding pijp/pijpenplaat (Oostendorp Tiel)

RECHTSBOVEN
Verzepingskolom van technisch zuiver titaan (Oostendorp Tiel)

RECHTS
Spiraliseren van een titaanpijp (Oostendorp Tiel)



sterke maakt titaan zeer aantrekkelijk het veel meer toe te passen in de ondergrondse oliewinning.

Zowel laboratorium als praktijkproeven hebben aange- toond dat titaan een fantastische corrosie/erosiebestendigheid heeft in ontzwarelingsinstallaties. Gezien de lange levensduur van titaan is het terecht om te verwachten dat dit metaal meer en meer toegepast gaat worden in allerlei zuiveringsinstallaties. Naast de corrosiebestendigheid van titaan in de voedsel- en farmaceutische industrie is dit metaal ook zeer goed bestand tegen de benodigde schoonmaakchemicaliën. Indien de technische levensduur een belangrijke factor is, zal titaan steeds meer bestaande materialen gaan vervingen.

Radioactief afval moet veelal voor honderden of duizenden jaren veilig worden opgeborgen. Dankzij de uitmuntende weerstand van titaan tegen allerlei natuurlijke (vloeistof-) en chemische stoffen kan men dit metaal prima gebruiken om allerlei opslagsystemen te fabriceren t.b.v. dit nucleaire afval.

De unieke combinatie van allerlei eigenschappen maakt titaan geschikt om er allerlei commerciële toepassingen

van te maken zoals juwelen, hoefijzers, pennen, horloges, golfsticks, racefietsen, tennisrackets, brillmonturen, handgereedschappen enz. enz.

De optimale erosie/corrosie eigenschappen maakt het metaal geschikt om het nog veel meer toe te passen in de zeevaart. Men kan dan denken aan scheepssrompen en condensoren voor onderzeeboten, dekhuizen, wapen- en pijpsystemen. Voorts uitlaten, verticale tewaterlatingsystemen en componenten t.b.v. de ventilatie.

Combinaties

Titaan is een geselecteerd metaal om als matrix te fungeren teneinde een composiet te vervaardigen die gebruikt gaat worden in vnl. de luchtvaart en secundair in de industrie.

Hoewel het metaal zelf al goede karakteristieken heeft (ook bij verhoogde temperatuur) kan titaan verder versterkt en stijver gemaakt worden door keramische vezels of vezels die bestaan uit intermetallische verbindingen van een bepaalde vorm. Huidige ontwikkelingen met versterkingen van siliciumcarbide en titaancarbide geven een titaancomposiet die zonder pro-

blemen nikkel- en ijzerlegeringen qua mechanische sterkte kan verslaan en dat zelfs bij verhoogde temperaturen.

Titaan aluminiden bevatten 15 tot 35 % aluminium die daarmee een nieuwe generatie legeringen vertegenwoordigen die geschikt zullen zijn boven de gebruikelijke maximale temperatuur van 595 °C. Er zijn thans twee type aluminiden in ontwikkeling nl. een soort die bekend staat als alfa-2 die het intermetallische TiAl bevat en de gamma aluminiden die bestaan bij gratie van een TiAl formule. Variaties van beide typen, die een gevarieerde hoeveelheid legeringselementen bevatten, worden thans bestudeerd teneinde de lage ductiliteit te overwinnen.

Thans worden er twee toepassingsgebieden naar voren geschoven en de eerste daarvan is het gebruik in spantsystemen voor de ruimtevaart en voor hypersonische vliegtuigen. Het andere gebied is de ontsluiting van de mogelijkheid om geheel nieuwe vliegtuigstraalmotoren te gaan ontwikkelen die zullen gaan voldoen aan veel hogere doelstellingen. Op deze wijze zullen de wensen t.a.v. het hypersonisch vliegen versneld werkelijkheid kunnen worden.

Bouwkundig

Staven die met titaan versterkt zijn worden reeds gebruikt voor de restauratie van antiquiteiten en voor het repareren van betonnen brugellemen. In Japan wordt commercieel zuiver titaan al gebruikt als dakbedekking, raamkozijnen, dakranden, nokgevels, gordijnggevels, leuningen, ventilatoren en appendages voor zowel het interieur als voor het exterieur. In Amerika wordt titaan al aan glas verbonden en als zodanig als exterieur bouwmaterial toegepast.

Dit zijn een stel opsommingen die qua ontwikkeling steeds verder zullen gaan waardoor het gebruik van titaan steeds verder zal gaan toenemen.

Speciale toepassingen

Titaan wordt al op ruime schaal toegepast in de medische sector zoals bijvoorbeeld implantaten, chirurgische instrumenten, pacemakerhuizen en centrifuges. Titaan is het meest bio-compatibele metaal wat beschikbaar is en zal daarom nooit reageren met het menselijk weefsel of lichaamsvloeistoffen. Bovendien maakt men gebruik van de hoge sterkte en lage elasticiteitsmodules.

Golfsticks en frames van tennisrackets, alsmede biljartkeu's, honkbalsticks en frames van racefietsen worden meer en meer vervaardigd van de titaankwaliteit T3Al2,5V. Deze titaankwaliteit heeft alles in zich om aan alle wensen en eisen te voldoen teneinde topprestaties te kunnen leveren. In dit verband moet worden gedacht aan de goede verhouding sterkte/gewicht, goede corrosiebestendigheid, lage elasticiteitsmodules en hoge dempingseigenschappen.

Literatuur:

Titanium, the choice in..., with permission from the Titanium Development Association, PO box 2307-Dayton-OH.

Titaan, materiaal met toekomstperspectief - ing. N.W. Buijs, Metaal en Kunststof 10 - 1988.

Handleiding voor ontwerpers en gebruikers van titaanpijpsystemen ing. N.W. Buijs, Roestvaststaal nr 3 - maart 1991.

Tabel 8. Corrosieweerstand van titaan in diverse milieu's

media	concentratie	temp. °C	corr. snelh. mm per jaar.
ethanal	75	149	0,001
azijnzuur	100	149	geen
zure gasen	5 tot 99,7	124	geen
bevattend CO ₂	99,5	kokend	0,013
H ₂ O, Cl ₂ , SO ₂	-	38-260	< 0,025
SO ₃ , O ₂ , NH ₃	-	-	-
Vetzuur	67	232	geen
aluminium	10	100	0,002
chloride, belucht	-	-	-
aluminium	-	-	-
chloride, belucht	25	100	3,15
aluminium fluoride	verzadigd	kamertemp.	geen
aluminium nitraat	verzadigd	kamertemp.	geen
aluminium sulfaat	verzadigd	kamertemp.	geen
ammonium fosfaat	10	kamertemp.	geen
ammoniak watervrij	100	40	< 0,127
ammoniumacetaat	10	kamertemp.	geen
ammoniumbicarbonaat	50	100	geen
ammoniumbisulfiet	brijachtige	71	0,015
pH 2,05	vloeistof	-	-
ammoniumchloride	verzadigd	100	< 0,013
ammoniumhydroxide	28	kamertemp.	0,003
ammoniumnitraat	28	kokend	geen
ammoniumnitraat + 1 % salpeterzuur	28	kokend	geen
ammoniumsulfaat	10	100	geen
koningswater	3:1	kokend	geen
koningswater	3:1	79	0,884
bariumchloride	25	100	geen
bariumhydroxide	verzadigd	kamertemp.	geen
bariumnitraat	10	kamertemp.	geen
bariumfluoride	verzadigd	kamertemp.	geen
benzeencarbonzuur	verzadigd	kamertemp.	geen
boorzuur	verzadigd	kamertemp.	geen
boorzuur	10	kokend	geen
bromium	vloeistof	30	snel
bromium vochtig	damp	30	< 0,003
butaanzuur	onverdund	kamertemp.	geen
calciumbisulfiet	kokend vocht	26	0,001
calciumcarbonaat	verzadigd	kokend	geen
calciumchloride	5	100	0,005
calciumchloride	10	100	0,007
calciumchloride	55	104	0,001
calciumhydroxide	verzadigd	kokend	geen
calciumhypochloriet	6	100	0,001
calciumhypochloriet	18	21	geen
calciumhypochloriet	verzadigde	-	geen
brij	100	-	uitstekend
koolzuur	100	-	geen
koolstof-	damp & vloeistof	kokend	geen
tetrachloride	-	-	-
chloorgas, nat	> 0,7H ₂ O	kamertemp.	geen
chloorgas, nat	> 1,5H ₂ O	200	geen
chloordrab en	-	97	0,001
nat chloor	-	-	-
chloorgas, droog	< 0,5H ₂ O	kamertemp.	kan reageren
chloordioxide	5	99	geen
in stoom	-	-	-
chloor trifluoride	100	30	krachtige reactie
chloorazijnzuur	100	kokend	0,127
chloorsulfonzuur	100	kamertemp.	0,919-0,312
chloroform (trichloormethaan)	damp & vloeistof	kokend	0,000
chromzuur	10	kokend	0,003
chromzuur	50	82	0,028
chromzuur + 5 % salpeterzuur	5	21	< 0,003
citroenzuur	50	60	0,000
citroenzuur, belucht	50	100	< 0,127
citroenzuur	50	kokend	0,127-1,27
cuprichloride	40	kokend	0,005
cuprichloride	55	119	0,003
cupricyanide	verzadigd	(kokend)	geen
cuprochloride	50	kamertemp.	< 0,003
cyclohexaan	-	90	0,003
dichloorazijnzuur	100	150	0,007
		kokend	0,007

media	concentratie	temp. °C	corr. snelh. mm per jaar.
dichloorbenzeen + 4-5 % HCL	—	179	0,102
diethyltriamine	100	kamertemp.	geen
ethylalcohol	95	kokend	0,013
ethyleendichloride	100	kokend	0,005-0,127
ethyleendiamine	100	kamertemp.	geen
ferrichloride	10-20	kamertemp.	geen
ferrichloride	10-50	kokend	geen
ferrichloride	50	150	0,003
ferrisulfaat	10	kamertemp.	geen
boorfluor-	5-20	verheven	snel
waterstofzuur	-	-	-
kiezelfluor-	10	kamertemp.	47,5
waterstofzuur	-	-	-
voedingsprodukten	—	kamertemp.	geen aantasting
methanal (formaldehyde)	37	kokend	geen
methaanzuur belucht	25	100	0,001
methaanzuur belucht	90	100	0,001
methaanzuur	25	100	2,44
niet belucht	90	100	3,00
furylformaldehyde	100	kamertemp.	geen
glyconzuur	50	kamertemp.	geen
(hexaanzuur)	-	-	-
glycerol	—	kamertemp.	geen
chloorwaterstof	droog gas	kamertemp.	geen
zoutzuur	1	kokend	> 2,54
zoutzuur	5	kokend	10,2
zoutzuur	5	190	< 0,025
chloor verzadigd	10	190	> 28,5
+ 5 % HNO ₃	5	93	0,030
+ 5 % HNO ₃	1	kokend	0,074
+ 0,5 % CrO ₃	5	93	0,031
+ 1 % CrO ₃	5	38	0,018
+ 0,05 % CuSO ₄	5	93	0,091
+ 0,5 % CuSO ₄	5	93	0,061
+ 0,5 % CuSO ₄	5	kokend	0,084
fluorwaterstofzuur	1,48	kamertemp.	snel
waterstofperoxide	6	kamertemp.	< 0,127
waterstofperoxide	30	kamertemp.	< 0,305
zwavelwaterstof	7,65 vochtig	93-110	geen
onderchlorigzuur	17	38	0,000
+ ClO ₂ en Cl ₂	-	-	-
jodide in water + kaliumjodide	—	kamertemp.	geen
melkzuur (ethaancarbonzuur)	10-85	100	< 0,127
loodacetaat	verzadigd	kamertemp.	geen
lijnzaadolie	—	kamertemp.	geen
kookpunt	-	-	-
lithiumchloride	50	149	geen
magnesiumchloride	5-40	kokend	geen
magnesiumhydroxide	verzadigd	kamertemp.	geen
magnesiumsulfaat	verzadigd	kamertemp.	geen
manganochloride	5-20	100	geen
maleinezuur	18-20	35	0,002
mercurichloride	verzadigd	100	< 0,127
mercuricyanide	verzadigd	kamertemp.	geen
methylalcohol	91	35	geen
nikkelchloride	20	100	0,003
salpeterzuur	50	kamertemp.	0,002
belucht	-	-	-
salpeterzuur	70	kamertemp.	0,005
belucht	-	-	-
salpeterzuur	10	40	0,003
belucht	-	-	-
salpeterzuur	70	70	0,040
belucht	-	-	-
salpeterzuur,	40	200	0,610
belucht	-	-	-
salpeterzuur	20	290	0,305
belucht	-	-	-
salpeterzuur	70	80	0,025-0,076
niet belucht	-	-	-
salpeterzuur	17	kokend	0,076-0,102
salpeterzuur	35	kokend	0,127-0,508
salpeterzuur	70	kokend	0,064-0,940
salpeterzuur	—	kokend	0,003
wit rokend	-	160	< 0,127
salpeterzuur	< ongeveer 2 % H ₂ O	kamertemp.	ontbrandingsgevoelig
rood rokend	> ongeveer 2 % H ₂ O	kamertemp.	niet ontbrandingsgevoelig
salpeterzuur,	40	kokend	0,122-0,188
rood rokend	-	-	-
salpeterzuur + 10 % FeCl ₃	-	-	-

media	concentratie	temp. °C	corr. snelh. mm per jaar.
salpeterzuur + 10 % NaClO	40	kokend	0,003-0,036
ruwe olie	—	kamertemp.	0,007-0,589
oxaalzuur	1	kokend	107,9
oxaalzuur	25	60	11,9
fenol	verzadigde oplossing	21	0,102
fosforzuur	10-30	kamertemp.	0,020-0,51
fosforzuur	30-80	kamertemp.	0,051-0,762
fosforzuur	1	kokend	0,254
fosforzuur + 3 % salpeterzuur	81	88	0,381
fosforoxychloride	100	kamertemp.	0,004
fosfortrichloride	verzadigd	kamertemp.	geen
kaliumbromide	verzadigd	kamertemp.	geen
kaliunchloride	verzadigd	kamertemp.	geen
kaliumpferricyanide	verzadigd	kamertemp.	geen
kaliumpydroxide	50	29	0,010
kaliumpydroxide	10	kokend	0,127
kaliumpydroxide	25	kokend	0,305
kaliumpysulfaat	10	kamertemp.	geen
kaliumpythiosulfaat	1	—	geen
salicylzuur (benzeencarbonzuur)	verzadigd	kamertemp.	geen
zeewater	—	24	geen
zilvernitraat	50	kamertemp.	geen
natriumacetaat	verzadigd	kamertemp.	geen
natriumaluminaat	25	kokend	0,091
natriumbifluoride	verzadigd	kamertemp.	snel
natriumbisulfaat	verzadigd	kamertemp.	geen
natriumbisulfaat	10	66	1,83
natriumchloride	23	kokend	geen
(keukenzout) pH 1,5			
natriumchloride (keukenzout) pH 1,2	23	kokend	0,711
natriumchloride (keukenzout) pH 1,2	23	kokend	geen
met enig opgelost chloor			
natriumcitraat	verzadigd	kamertemp.	geen
natriumcyanide	verzadigd	kamertemp.	geen
natriumdichromaat	verzadigd	kamertemp.	geen
natriumfluoride	verzadigd	kamertemp.	0,008
natriumbisulfiet	25	kokend	geen
natriumcarbonaat	25	kokend	geen
natriumchloraat	verzadigd	kamertemp.	geen
natriumpydroxide	5-30	21	> 0,001
natriumpydroxide	10	kokend	0,021
natriumpydroxide	40	80	0,127
natriumpydroxide	50	57	0,0127
natriumpydroxide	73	129	0,178
natriumpydroxide	50-73	188	> 1,09
natriumhypochloriet	6	kamertemp.	geen
natriumnitraat	verzadigd	kamertemp.	geen
natriumfosfaat	verzadigd	kamertemp.	geen
natriumsilicaat	25	kokend	geen
natriumpysulfaat	10-20	kokend	geen
natriumpysulfide	verzadigd	kamertemp.	geen
natriumpysulfide	verzadigd	kokend	geen
natriumpythiosulfaat	25	kokend	geen
agressieve bodemgrond	—	kamertemp.	geen
stannichloride	24	kokend	0,045
stannichloride	verzadigd	kamertemp.	geen
stoom + lucht	—	82	0,000
barnsteenzuur	100	185	geen
sulfamiczuur	3,75 g/l	kokend	geen
sulfamiczuur	7,5 g/l	kokend	2,74
sulfamiczuur + 0,375 g/l FeCl ₃	7,5 g/l	kokend	0,030
zwaveldioxide, water verzadigd	bijna 100	kamertemp.	0,003
zwaveldioxidegas + geringe hoeveelheid SO ₃ en ongeveer 3 % O ₂	18	316	0,006
zwavelzuur, belucht	3	60	0,013
	5	60	4,83
	3	100	23,4
	geconcentr.	kamertemp.	1,57
	1	kokend	17,8
zwavelzuur			
+ 0,25 % CuSO ₄	5	93	geen
+ 0,25 % CuSO ₄	30	38	0,061
+ 5 % CrO ₃	30	93	geen

media	concentratie	temp. °C	corr. snelh. mm per jaar.
+ 1 % CuSO ₄	30	kokend	1,65
zwavelzuur dampen	96	66	geen
zwavelzuur			
+ 10 % HNO ₃	90	kamertemp.	0,457
+ 70 % HNO ₃	30	kamertemp.	0,102
+ 90 % HNO ₃	10	kamertemp.	geen
zwavelzuur	62	16	0,002
verzadigd met chloor			
zwavelzuur	5	190	< 0,025
verzadigd met chloor			
zwavelzuur + 4,79 g/l Ti + 4	40	100	lijdend
zwavelig zuur	6	kamertemp.	geen
looi zuur	25	100	geen
wijnsteen zuur	10-50	100	< 0,127
tereftaalzuur	77	218	geen
tetrachloro-ethaan	100	kokend	0,001
vloeibaar en damp			
tetrachloro-ethyleen + H ₂ O	—	kokend	0,127
tetrachloro-ethyleen	100	kokend	geen
titaan-tetrachloride	99,8	300	1,57
titaan-tetrachloride	geconcentr.	kamertemp.	geen
trichloro-azijnzuur	100	kokend	14,6
trichloro-ethyleen	99	kokend	0,003-0,127
ureum + 32 % ammonia + 20,5 % H ₂ O, 19 % CO ₂	28	182	0,079
water, onvast	—	316	geen
röntgenfilm-ontwikkelaar	—	kamertemp.	geen
zinkchloride	20	104	geen
zinkchloride	50	150	geen
zinkchloride	75	200	0,610



9. Deze gigantische tank is volledig van titaan vervaardigd (Oostendorp Tiel)