

DE WAARDE VAN TITAN



Titaan heeft zich de laatste decennia een niet meer weg te denken plek verworven in zeer uiteenlopende industriële toepassingen, nadat het reeds zijn waarde ruimschoots had bewezen in de lucht- en ruimtevaart. In dit artikel wordt aandacht besteed aan de verschillende productvormen en bovendien wordt stilgestaan bij titaan smeedwerk omdat dit 'terrein' voor velen nog 'braak' ligt. Het zijn juist de smeeddelen die nieuwe mogelijkheden bieden om tot verdere optimalisatie te komen van de gewicht/sterkte-verhouding van een installatie of systeem.

N.W. Buijs metaalkundige

Van Leeuwen Stainless Beesd

Na het raffineren van het titaanerts is het eerstaafgeleide product titaanspons. Het poreuze titaanspons is op zich onbruikbaar als industrieel metaal, en zal na een speciaal inert smeltproces in blokken worden gegoten. Gietblokken hebben in de regel een gewicht tussen 2000 en de 8000 kg en zijn geschikt om halffabrikaten van te maken, zoals knuppels t.b.v. de productie van smeedstukken, staven en draad evenals plakken t.b.v. de productie van dikke en dunne plaat.

Naadloze buis wordt gemaakt van knuppels en gelaste pijp van plaatstrip. Gietstukken worden gemaakt van hersmolten gietblokken of van knuppels en ook soms van gezuiverd retourmateriaal. Titaan en zijn legeringen zijn beschikbaar in allerlei vormen zoals gesmede, gegoten en gefabriceerde producten. Staven zowel rond, vierkant, rechthoekig of zeskant, zijn geproduceerd bij hoge temperatuur en kunnen geleverd worden als ruwgesmeed halffabrikaat dat zondig ontdaan is van zijn walshuid door mechanisch bewerken of beitsen. De lengten kunnen gewone handelslengten zijn of op maat besteld. Draad dat zowel warm- als koudvervaardigd is, wordt op de markt gebracht als rechte lengten en op de rol. Rechte lengten worden meestal verpakt in dozen t.b.v. het MIG- of TIG-lasproces. Platen tot 3000 mm breedte zijn warmgewalst en worden ontdaan van de walshuid en daarna gebeitst.

Nauwere toleranties op de dikten worden verkregen door een mechanische bewerking. Speciale processen die een zeer vlakke plaat realiseren, worden gebruikt voor speciale toepassingen zoals bij pijpenplaten. Dikke platen worden gewalst tot minimaal 4 mm dikte. Commercieel zuivere dunne titaanplaat wordt koudgewalst en daarna op rollen c.q. coils, of op een gewenste lengte op de markt gebracht. Een glimmend oppervlak is te bereiken door de platen te beitsen of door een in vacuüm-gloeiproces. Plaatmateriaal met een dikte beneden de 0,3 mm noemt men folie. Grade 5 titaan wordt altijd gewalst bij hoge temperatuur en daarna ontdaan van de walshuid. Gelaste buis kan in principe geleverd worden tot een lengte van 30 m en het wordt gemaakt van geslitte coils die op de gewenste breedte zijn gesneden in de lengterichting. Deze stroken worden in een fabricagestraat tot pijpen gevormd waarin een continu lasproces is opgenomen. In deze fabricagestraat wordt ook een warmtebehandeling en een wervelstroomonderzoek verricht alsmede een pneumatische test. Hoewel er buizen gemaakt kunnen worden met een lengte van 30 m zal het duidelijk zijn dat deze nauwelijks te transporteren zijn en daarom houdt men in de regel een handelslengte aan van 6 m. Kleine hoeveelheden pijp worden gemaakt van platen waardoor er vaste lengten ontstaan. Gelaste pijp met een dikkere wand en zeer grote diameters worden gemaakt van plaat



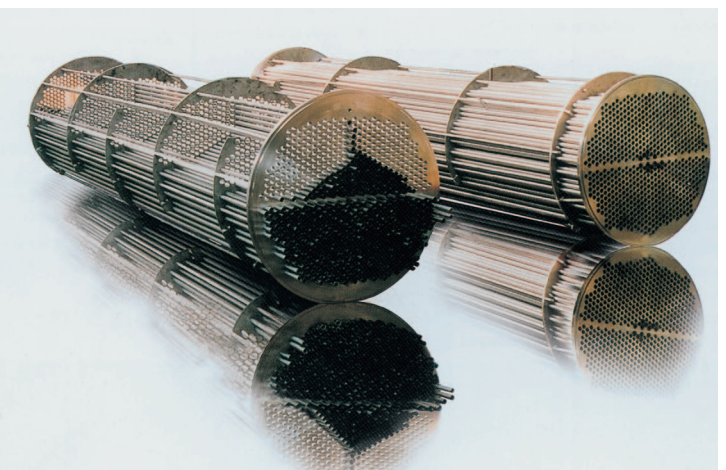
in enkele lengten t/m 6 m. Ook deze platen worden omgevormd en daarna gelast. Naadloze titaanpijp wordt gemaakt van knuppels die geëxtrudeerd worden of m.b.v. het piercing walsproces gevolgd door het reductienatrekken.

Flenzen kunnen gedraaid worden uit staf of zij worden gesmeed of gegoten, gevolgd door een bewerking volgens de ontwerpnormen. Bochten, T-stukken enz. zijn in de gesmede vorm beschikbaar alsmede gedrukt uit pijp of opgebouwd uit plaat. Grotere afmetingen kunnen opgebouwd worden uit geperste halve schalen of segmenten. Gegoten onderdelen voor bijvoorbeeld pompen en afsluiters worden in de regel vervaardigd van modellen die ook voor andere metalen worden gebruikt. Uiteraard wordt het meeste efficiënte model verkregen als deze speciaal voor titaan wordt gemaakt zodat na het gieten zo min mogelijk bewerkingen hoeven te volgen. Tot op heden kan men gietstukken vervaardigen tot maximaal 750 kg hoewel er grotere gietstukken in gebruik zijn, maar die zijn uit verschillende gietstukken samengebouwd d.m.v. het lasproces. Bouten, draadeinden, moeren en andere bevestigingsma-

terialen zijn beschikbaar, zowel in commercieel zuiver titaan als in de grade 5 of bèta C-legeringen.

Smeedstukken van titaan

Ten onrechte wordt in de industrie vaak aangenomen dat smeedstukken van titaan alleen te vinden zijn als onderdelen voor de luchtvaartindustrie en daarom is het van belang meer duidelijkheid te verstrekken waar dergelijke smeedstukken nog meer hun weg vinden opdat er mogelijk nog meer toepassingen gevonden kunnen worden. Ook hier geldt 'onbekend maakt onbemind' waardoor men ook de unieke eigenschappen van titaan misloopt. Wat men vaak niet beseft is dat titaan in de vorm van smeedstukken al zo'n 40 jaar industrieel wordt toegepast met dezelfde afmetingen en vormvrijheid die men ook met andere metaallegeringen heeft. Door de ervaring en expertise die men heeft verworven met de smeedprocessen gecombineerd met de karakteristieken van het metaal bij hoge temperatuur, heeft het metaal veel meer toepassingen gekregen in diverse takken van de industrie.





Het doel van het smeedproces is om een product te vervaardigen dat zo dicht mogelijk bij de eindmaten komt, met zo min mogelijk machinale bewerking en een optimaal gebruik van het beschikbare materiaal. Eén van de unieke kenmerken van het smeedproces is dat men de mechanische eigenschappen en de microstructuur kan laten variëren van zowel het gehele smeedstuk als op bepaalde extra belaste plaatsen. Bij toepassingen waar een hoge zuiverheid, consistentie en gedefinieerde eigenschappen zijn vereist in een specifieke vorm is het gebruik van het smeedproces te verkiezen boven alle andere vervaardigingmethoden. Dankzij het smeedproces kan men de grote voordelen van titaan, zoals laag soortelijk gewicht en een hoge sterkte volledig benutten. Als voorbeeld kan men hierbij denken aan het smeden van pijpenplaten voor warmtewisselaars, flenzen voor pijpsystemen, fittingen, ringen, bouten en moeren, kleppen, afsluiters en pomphuzen.

Extrusie bij hoge temperatuur is een bekende methode om naadloze buizen te vervaardigen. Wat velen niet weten is dat dit proces ook wordt gebruikt om pijpen te maken met een diameter van wel 600 mm en een wanddikte van 25 tot 30 mm. Wat ook vrij onbekend is dat men met hetzelfde proces ook buisjes met een uitwendige diameter van 1 mm kan produceren. Door gebruik te maken van de combinatie smeden en extruderen, kan men pijpen maken in allerlei maten die reeds voorzien zijn van een flens. Dankzij het gebruik van een geëxtrudeerde voorlasflens kan men nu een las leggen die behoorlijk ver verwijderd is van die plaatsen die toch al onder hogere mechanische spanningen staan.

Het smeden van titaan

Onderstaand volgen enige relevante factoren die een belangrijke rol spelen bij het ontwerpen van een smeedstuk in titaan:

- De eindafmeting en vorm van het gewenste component;
- De karakteristieken bij hoge temperatuur van de te smeden legering;
- De afwegingen tussen materiaalbesparingen en de hogere matrijkskosten die nodig zullen zijn om zo dicht mogelijk

bij de eindvorm te komen;

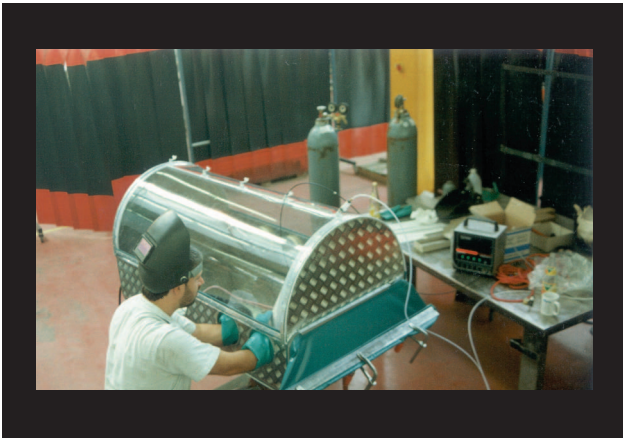
- De kosten voor machinale bewerkingen na het smeden in relatie met een gewenste vorm;
- De vereiste combinatie van een specifieke structuur en materiaaleigenschappen;
- Eisen voor integrale proefstukken;
- Elke vormbeperking die voortkomt uit de eisen die gesteld worden door non-destructieve testen;
- Juiste versteviging om de grootste spanningen te weerstaan.

Gesmede bevestigingsmaterialen van titaan

De opmerkelijke karakteristieken van titaan zoals hoge sterkte en laag soortelijk gewicht vullen het gat op dat aanwezig is tussen het zwakkere doch lichtere aluminium en de zware staalsoorten. Bovendien valt de enorm goede corrosiebestendigheid van titaan op als men dit vergelijkt met de meeste aluminium- en staalsoorten. Het smeedproces om bevestigingsmaterialen te vervaardigen leent zich uitstekend tot automatisering terwijl de producten een hoge kwaliteit bezitten en afmetingen hebben die gebonden zijn aan zeer strakke toleranties. Zo ligt de tolerantie op de diameter en de lengte gemiddeld op respectievelijk $\pm 0,005$ mm en $\pm 0,06$ mm. Ook complexe boutkopvormen zijn zonder meer mogelijk om op deze wijze te maken met nauwkeurige toleranties.

Het kogelstralen (shot-peening) van titaan smeedstukken

Het kogelstralen dat bij omgevingstemperatuur geschiedt, is een proces waarbij kleine kogeltjes het oppervlak van het te stralen onderdeel bombardeert. Het resultaat is dat men een oppervlakte krijgt met relatief hoge mechanische spanningen en enige koudversteving. Deze verdichte zone die zo ontstaat, vergroot de weerstand tegen cyclische vermoeiing en tegen spanningcorrosie. Deze verdichte laag zorgt ook voor een verlaging van de vreetgevoeligheid en een verlaging van de wrijvingscoëfficiënt, wat een bijzonder groot voordeel is indien dit titaan in aanraking komt met andere bewegende metalen. Kogelstralen wordt in het alge-



meen gebruikt voor titaanschijven, schoepenbladen en andere kritische componenten van moderne straalmotoren. Ook vindt het steeds meer zijn weg in orthopedische componenten en implantaten en industriële toepassingen zoals ringen.

Het beitsen van titaan smeedstukken

Vanwege de hoge temperatuur is de vorming van een geoxideerde laag en een metallische onderlaag die rijk is aan zuurstof inherent aan het smeedproces. Deze laag die totaal circa 0,2 mm dik is, wordt meestal verwijderd met straaltechnieken gevolgd door beitsen. In principe is er zelfs niets op tegen om ook gebruik te maken van straaldeeltjes van koolstofstaal die ongetwijfeld zullen leiden tot een roestig uiterlijk, mits er daarna maar afdoende wordt gebeitst. Het beitsen wordt uitgevoerd in een mengsel van salpeterzuur en waterstoffluoride van 40°C met een verhouding van 5:1 en 8:1. Ook hier geldt dat na het beitsen goed gespoeld zal moeten worden in schoon water.

Het lassen van titaan smeedstukken

Lastechnieken die gebruikt worden voor het lassen van titaanplaten en staf kunnen probleemloos op dezelfde wijze worden toegepast bij het lassen van titaan smeedstukken. Dit betekent dat men met TIG-lassen, elektronenstraal-lassen en plasmalassen uitstekende verbindingen kan maken tussen smeedstukken met andere productvormen van titaan. Naast het lassen aan gewalste producten kan men ook goede verbindingen maken met gietstukken van titaan. Hoewel TIG-lassen nog steeds wordt gebruikt voor het lassen van zwaardere en grotere onderdelen is het nadeel dat men veel laslagen moet leggen, wat behoorlijk veel tijd c.q. geld kost. Daarom kan men beter gebruik maken van het plasma- of elektronenstraallasproces omdat deze processen te automatiseren zijn waardoor men in een laslaag de vereiste verbinding kan maken. Elektronenstraalassen geschiedt echter wel in een lucht vrije ruimte en de smalle straal vereist een nauwgezette voorbereiding en uitlijning van de te lassen componenten. Andere lasprocessen die gebruikt kunnen worden zijn wrijvingslassen, diffusielassen,

explosief lassen, laserlassen en solderen. Alle genoemde processen kunnen goed uitgevoerd worden dankzij de goede laseigenschappen van titaan. Ook kan men probleemloos met het lasproces titaanlagen opbouwen op uitgesleten of beschadigde delen van titaancomponenten. Overigens is de meest optimale wijze van lassen het lassen in een couveuse waar een inert gas aanwezig is. Indien men daar niet over kan beschikken dan is een sleepslof zeer aan te raden omdat deze ook de afkoelende las beschermt tegen de diffusie van ongewenste gassen vanuit de atmosfeer.

Het testen van titaan smeedstukken

Smeedstukken van titaan kunnen getest worden met het bekende ultrasonooronderzoek en onderworpen worden aan een 'dye-penetrant' test. Indien het ultrasoononderzoek kritisch ligt dan zal eerst het gehele oppervlakte mechanisch bewerkt moeten worden.

Het warmtebehandelen van titaan smeedstukken

De commercieel zuivere titaankwaliteiten zijn niet-warmtebehandelbaar en daarom worden smeedstukken van deze kwaliteiten geleverd zoals deze gesmeed zijn. De hogergeleegde typen zijn te leveren in de volgende condities:

- gegloeid
- oplossend gegloeid
- verouderend gegloeid

Het mechanisch bewerken kan het beste geschieden op gegloeid of op oplossend gegloeid materiaal. Indien vervormingen mogelijk problemen gaan opleveren kan spanningsarmgloeien tussen bewerkingsstappen worden toegepast.

Praktische zaken die tot een succesvolle warmtebehandeling zullen leiden zijn in principe altijd terug te voeren tot schoon werken en de beheersing van de ovenatmosfeer.

Wat men beslist bij het warmtebehandelen moet doen:

- Verwijder alle vet, olie, verf en vuil van de smeedstukken;
- Voorkom dat metaaloxiden van andere metalen bij hoge temperatuur in contact komen met het titaan;
- Rangschik de smeeddelen dusdanig dat er een uniforme warmtebehandeling kan plaatsvinden;
- Denk eraan dat titaan een slecht warmtegeleidingsvermogen heeft en dat daarom grote smeedstukken tijdens de behandeling een keer omgekeerd moeten worden teneinde een uniforme warmtebehandeling te verkrijgen.

Wat men beslist bij het warmtebehandelen niet moet doen:

- Onderwerp titaan nooit aan een reducerend milieu tijdens de warmtebehandeling omdat anders waterstof opgenomen zal worden dat tot verbrossing zal leiden;
- Laat de thermische belasting niet langer duren dan strikt noodzakelijk is;
- Reinig de titaandelen nooit met methylalcohol (methanol) of met zwavelhoudende ontvetters en zeker niet vóór een warmtebehandeling.

Nieuwe technieken

Ook voor titaan geldt dat men steeds vaker wordt geconfronteerd met nieuwe vaktermen die te maken hebben met digitale productietechnieken om bijvoorbeeld snel prototypes of kleinschalige series te vervaardigen in zowel kunststof als titaan. We kunnen hierbij denken aan bijvoorbeeld Selectieve Laser Sintering, Fused Deposition Modeling, Stereolithography en Polyjet. Een geheel nieuwe technologie is Select Laser Melting (SLM) dat ook wel LaserCusing wordt genoemd en dat o.a. ontwikkeld is door het Duitse ConceptLaser. LaserCusing is een innovatieve en opmerkelijke manier om (complexe) functionele producten uit titaan te vervaardigen zonder het gebruik van matrijzen, gieten en mechanisch verspanen.

LaserCusing is wezenlijk anders dan Select Laser Sintering omdat in tegenstelling tot sinteren het metaalpoeder direct met elkaar laagsgewijs versmolten wordt waardoor men eigenlijk kan spreken over minuscuul plaatselijk gieten. Daardoor ontstaat producten met grote dichtheid (> 99,7%) en uitstekende mechanische eigenschappen. SLM-producten kunnen o.a. worden gebruikt als 'rapid prototypes' maar ze kunnen ook gebruikt worden als een functioneel hoogwaardig component. Vooral voor kleinere series die men moet gieten of smeden zijn dergelijke gelaserde producten een goed alternatief waardoor veel additionele kosten zoals het maken van gietmodellen, kernbakken, het smelten van metaal en het tijdrovend bewerken alsmede het NC-programmeren komen te vervallen.

LaserCusing

In het kort komt de werkwijze van LaserCusing op het volgende neer. Op een speciale werktafel die in de machine wordt gereden, wordt in een inerte omgeving een dun laagje van het gewenste metaalpoeder automatisch egaal uitge-

streken in de bouwruimte waarna de laser dankzij een ruimtelijk bestand (bijvoorbeeld STL) alleen die deeltjes versmelt waar inderdaad materiaal moet komen. Direct na het laser-smelten van dit laagje wordt een nieuwe laagje metaalpoeder aangebracht die dan opnieuw plaatselijk versmelt op de reeds gestolde onderliggende laag. Zo bouwt men een product laagje voor laagje op en is men niet begrensd door de complexiteit van de geometrie zowel in- als uitwendig. Men kan dus in een CAD-programma een onderdeel ontwerpen en die 3D laten opbouwen waardoor men daarna direct het eindproduct in handen heeft. In feite maakt de computer m.b.v. speciale software van het driedimensionale bestand zogenaamde slices die om de beurt door de machine worden versmolten zodat het eindproduct ontstaat. Wel dient men een nabehandeling te geven omdat het oppervlak enigszins ruw is vanwege metaalpoederdeeltjes die op de grens van het smelten zijn beland. In de bouwruimte heerst een stikstofatmosfeer en omdat er geen zuurstof aanwezig is, heeft men ook geen last van oxideren tijdens het versmelten. De onderdelen die men kan maken met LaserCusing zijn op dit moment maximaal 250 x 250 x 150 mm. De laserstraaldiameter is 0,2 mm met een nauwkeurigheid van +/- 50 µm. De laagdiktes kunnen variëren tussen 25 en 100 µm wat zich direct laat vertalen in de oppervlakteruwheid.

*Voor meer informatie kan men terecht op website:
www.innomet.nl, e-mail: nwbuijs@hetnet.nl*

*Bronvermelding afbeeldingen:
www.alternativeimpact.com, www.steelsandvik.com,
www.schroder-plating.nl, www.multiweld.nl,
www.airbus.com*