

Titaan als materiaal voor de bouw (1)

Ing. N.W. Buijs

Van Leeuwen Stainless BV

Titaan is een materiaal met bijzondere eigenschappen waarvan de toepassing voornamelijk is te vinden in de chemische industrie. Onbekend voor ons is de Japanse toepassing van titaan in de bouwnijverheid, waarbij de eigenschappen van titaan worden uitgebuit.

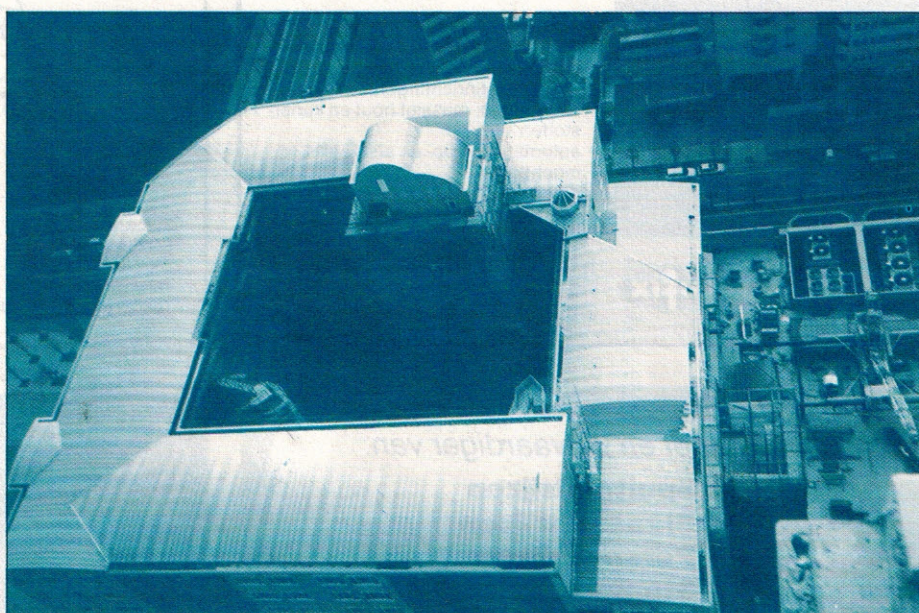
In Europa en dus ook in Nederland is het gebruik van produkten gemaakt van het metaal titaan ten behoeve van de bouwnijverheid nog totaal onbekend. In Japan geniet titaan reeds een relatief grote bekendheid en populariteit waardoor er jaarlijks reeds zo'n 300 ton materiaal wordt toegepast in deze sector. De grote voordelen van dit metaal zijn:

- uitzonderlijke corrosiebestendigheid waardoor het uiterst, onderhoudsvriendelijk is;
- relatief laag soortelijk gewicht;
- gunstige gewicht/sterkte verhouding;
- geringe thermische uitzetting;
- absoluut niet giftig;
- aantrekkelijk uiterlijk.

Titaan heeft een grijsachtige tint die ligt tussen de kleuren van roestvaststaal en aluminium. Met behulp van het elektrolytisch anodiseerproces is het mogelijk iedere gewenste kleur te realiseren die vooral in zonlicht een fascinerende vertoning geeft.

Naast de reeds gerealiseerde gebouwen waarin titaan werd verwerkt zijn deskundigen in Japan intensief bezig een 'Stad van de Toekomst' te ontwerpen. Aangezien het grootste gedeelte van Japan uit bergen bestaat, zal de kans dat deze stad in de zee zal worden gebouwd erg groot zijn. Ook zal men hoger en hoger moeten gaan bouwen. In deze gevallen is nu reeds aangetoond dat het metaal titaan een zeer belangrijke rol zal gaan vervullen. De hoofdmotivatie is de gunstige gewicht/sterkte verhouding, de corrosiebestendigheid en de bijzondere onderhoudsvriendelijkheid.

Titaan wordt in de regel ten behoeve van de bouw altijd in de ongelegeerde conditie (technisch zuiver) gebruikt. In principe zijn er vier verschillende gradaties ongelegeerd titaan doch de bouw gebruikt alleen maar de grade 2 kwaliteit hetgeen een compromis is tussen zuiverheid en mechanische sterkte. De 0,2%-rekgrens ligt bij circa 275 MPa en de treksterkte bij circa 345 MPa, terwijl de rek en de hard-



1. Titaan dakbedekking van een handelskantoor in Japan in een milieu van hoge relatieve vochtigheid en zouthoudend (foto: Kanto Special Steelworks)

heid respectievelijk 20% en ± 180 Hv bedraagt. Dit betekent dat de mechanische waarden van ongelegeerd titaan redelijk in de buurt komen van koolstofstaal.

Titaan in Japan

Volgens de overlevering hadden vroeger bepaalde zeer rijke Japanse families daken op hun huizen die met goud bedekt waren. Hoewel deze veronderstelling nooit op juistheid bewezen zal worden is het wel een voldoende feit dat er tegenwoordig huizen en gebouwen zijn die met titaan zijn bedekt. De hoofdreden hiervoor is dat het metaal dankzij zijn opmerkelijke kenmerken en de uitzonderlijke corrosiebestendigheid hiertoe aanleiding geeft.

Vooral de immuniteit van het metaal in milieus die vanwege de beïnvloeding van zeewater (hoge vochtigheid), hoge temperaturen en verontreinigde lucht extra agressief zijn, maakt het gebruik steeds

aantrekkelijker. Vooral het toenemende autogebruik en industriële afvalgassen maken de atmosfeer met hoge relatieve vochtigheid extra agressief doch titaan blijkt hier geen nadeel van te ondervinden. Deze bijzondere eigenschap overtreft zelfs het fraai esthetische aspect dat uiteraard ook een belangrijke rol speelt.

Toepassingen in titaan die tot nu toe in toenemende mate in Japan worden gebruikt zijn dakbedekkingen, gevelbekledingen, decoraties, verbindingselementen, pijpsystemen en opslagtanks. In het algemeen wordt in de bouw alleen technisch zuiver titaan gebruikt in plaatvorm. Daarnaast zijn ook nog andere vormen leverbaar doch ten behoeve van de bouw zullen daar weinig toepassingen voor gevonden worden.

Enige voorbeelden zijn:

- folie;
- dikke plaat;

- langснаadgelaste- en naadloze buizen;
- staven, kabels en draad;
- composiet materialen (gelamineerd, honeycombstructuren);
- giet- en smeedstukken.

Ook wordt titaan gelegeerd met als hoofddoel om de mechanische eigenschappen aanzienlijk te verbeteren zoals dat vereist is voor de vliegtuigbouw. In principe gebeurt dit legeren met aluminium en vanadium. Hoog legeren met nikkel bewerkt een vormgeheugeneffect, doch dat zal ten behoeve van de bouw geen toepassing vinden alhoewel het wel toepasbaar zal zijn voor specifieke kunstwerken.

Eigenschappen

Om enig inzicht te verkrijgen in hoe de eigenschappen van titaan zich verhouden tot andere bekende constructiematerialen zijn in tabel 1 enige waarden weergegeven. Zoals blijkt heeft titaan een negatieve normaalpotentiaal (zelfs lager dan die van ijzer).

Dat titaan zich zo edel gedraagt komt uitsluitend door het feit dat titaan een zeer hechte, taai en perfect afsluitende oxidehuid heeft die het materiaal uitzonderlijk passief houdt. Dit maakt het metaal zo uitstekend geschikt voor onder meer de bouw, omdat deze passiviteit er borg voor staat dat het onaangetast blijft.

Dakbedekking

Dakbedekkingen van titaan zijn volledig corrosiebestendig, onderhoudsvrij en aantrekkelijk om te zien. Hoewel titaan als dakbedekking vrij kostbaar is, wint het vanwege bovenstaande kenmerken toch veel terrein in Japan. Het metaal is zeer aantrekkelijk in corrosief zwaar belaste omgevingen. Ook op plaatsen waar zware sneeuwval voorkomt heeft titaan een specifiek voordeel omdat het zo gemakkelijk de neergekomen sneeuw laat wegglijden.

Afbeelding 1 laat een dakbedekking van titaan zien die blootgesteld is aan een zouthoudend milieu met een hoge relatieve vochtigheid. Een dergelijk milieu is zo agressief dat zelfs roestvaststaal wordt aangetast. Titaan vertoont thans na 8 jaar geen enkele vorm van aantasting. Dit is zeer goed te begrijpen omdat de taai en zeer goed hechtende oxidehuid daar borg voor staat.

Titaanproducenten geven veelal een garantie dat titaan na 40 jaar blootstelling aan zeewater in de onbehandelde staat geen enkele vorm van aantasting zal ondergaan. Men zou probleemloos die garantieperiode kunnen verdubbelen of verdrievoudigen doch dat tast wellicht marketing-technisch de geloofwaardigheid aan.

Meestal is de dikte van de titaandakbedekking slechts 0,3 - 0,4 mm alhoewel er ook incidentele voorbeelden zijn dat de



2. Kunstwerk van titaan: hoog esthetisch effect en geen onderhoud

dikte tot zelfs 1 mm kan oplopen. Dankzij een hexagonale atoomstapeling waardoor er slechts twee glijvlakken zijn, is het titaan vrij stug, hetgeen voor deze toepassing een voordeel is. Deze stugheid leidt er overigens niet toe dat het titaan minder goed te bewerken is. Er zijn zelfs daken die van gegolfde plaat zijn vervaardigd.

Dankzij speciale anodiseertechnieken kan men het oppervlak van titaan fraai kleuren in ieder gewenste tint die men maar verlangen kan. Ook in Japan maakt men daarvan gebruik teneinde het esthetisch effect verder te vergroten. In de plaats Izu Amagi staat een tempel met de naam 'Sekai Mahikari Bunmei Kyodan'. Deze tempel heeft veel titaanprodukten ten behoeve van het dak die goudkleurig geanodiseerd zijn. Dergelijke onderdelen stralen en schitteren in de zon waardoor het geheel er zeer fascinerend uit komt te zien.

Overige toepassingen

Naast dakbedekking geniet titaan in Japan ook toepassing in gevelbekleding zoals gevelplaten, pilaarbekledingen, kozijnen en kliklijsten alsmede geperste naamplaten en hekwerken. Ook hier maakt men dankbaar gebruik van het feit dat titaan zich m.b.v. anodiseren zo fraai laat kleuren. Vooral dunne bekledingen om pilaren zorgen ervoor dat het saaie uiterlijk volkomen verdwijnt. In de baai van Tokio zijn betonnen draagpalen bekleed met een dunne laag titaan zodat het beton niet meer belast wordt door het schurende zeewater.

Indien de pilaren van de Pier van Scheveningen destijds ook voorzien waren van een dergelijke beschermende huid dan waren deze pilaren niet zeker aangetast. Ook achteraf zijn dergelijke pilaren als nog te bekleden waarna spuitbeton het geërodeerde beton weer op kan vullen. Ook stalen palen die in de zee staan kun

nen met dunne titaanplaat van 0,5 mm worden bekleed, waardoor de cladding ervoor zorgt dat het staal niet wordt aangetast. Het is echter wel zaak dat er een afdoende afdichting komt tussen het titaan en het staal in verband met mogelijke spleetcorrosie. Ook worden in Japan dergelijke claddings aangebracht op offshore modules.

Kozijnen die van titaan worden gemaakt zijn meestal gemaakt uit plaat van 1 mm dikte en bieden een fantastische weerstand tegen agressieve zouthoudende milieus. Dit heeft men sinds 1986 gerealiseerd in het Regent Hotel Okinawa in de plaats Chosi. Hier is de agressiviteit van het milieu wel ruim twee keer zo hoog als wat men normaal aantreft. Naast gevelbekleding kent men in Japan ook het bekleden van allerlei muren of gedeelten daarvan met dunne plaat van 0,5 mm dikte die ook vaak een fraaie kleur krijgen met het anodiseerproces. Voorts kan men nog denken aan toepassingen in pijpsystemen en watertanks. Eén van de grote voordelen is dat titaan dankzij zijn perfecte oxidehuid geen metaal-ionen in het water zal laten gaan, hetgeen de kwaliteit van het drinkwater aanzienlijk verbetert.

Andere toepassingen voor buiten zijn monumenten (afb. 2) en kunstwerken. Ook hier wordt voor titaan gekozen in verband met het hoge esthetische effect en de onderhoudsvriendelijkheid.

Naast bovenstaande toepassingen kan titaan ook binnen worden toegepast in gebouwen, maar het zal duidelijk zijn dat dit voornamelijk zal gaan om decoratieve doeleinden. Fraaie kleur-geanodiseerde regenbogen en andere decoraties dwingen de interesse af van bezoekers aan high-tech gebouwen.

Economisch aspect

Ten onrechte wordt titaan als een zeldzaam metaal beschouwd dat onbetaalbaar zou zijn. Integendeel, het is op aluminium, ijzer en magnesium na het meest voorkomende metaal, dat in de aardkorst als erts wordt gevonden. Omdat het zo uitzonderlijk goed gebonden is

Vergelijking fysische grootheden van diverse metalen

eigenschap	titaan	aluminium	koper	ijzer	austen. RVS
smeltpunt °C	1600	660	1084	1535	± 1400
dichtheid	4,51	2,70	8,94	7,86	± 7,9
uitzettingscoëfficiënt in $10^{-6}/K$	8,4	24	17	12	± 17
elektrische weerstand bij 20 °C in $\mu\Omega\text{cm}$	48,2	2,68	1,72	10	74
elasticiteitsmodulus in 10^3 N/mm^2	105	70	120	200	197
normaalpotentiaal in volt	-1,63	-1,66	+ 0,327	-0,44	+ 0,2
warmtegeleidingscoëfficiënt in $10^{-6}/K$	16,2	210	385	50	± 15

aan zuurstof kost het veel energie om het metaal vrij te krijgen uit zijn chemische bindingen. Dit geschiedt in de praktijk door twee verschillende reductieprocessen die dan ook een groot gedeelte van de kostprijs vormen.

Gelukkig zijn deze reductieprocessen steeds verder verbeterd, waardoor prijs van titaan de laatste jaren bijna gehalveerd is. Indien men alle kenmerken en eigenschappen in oenschouw neemt dan is titaan slechts twee tot drie keer zo duur als roestvaststaal of aluminium. Bovendien zorgen het relatief lage soortelijke gewicht en het feit dat er geen corrosietoetslag nodig is ervoor dat de prijsstelling nog aantrekkelijker wordt.

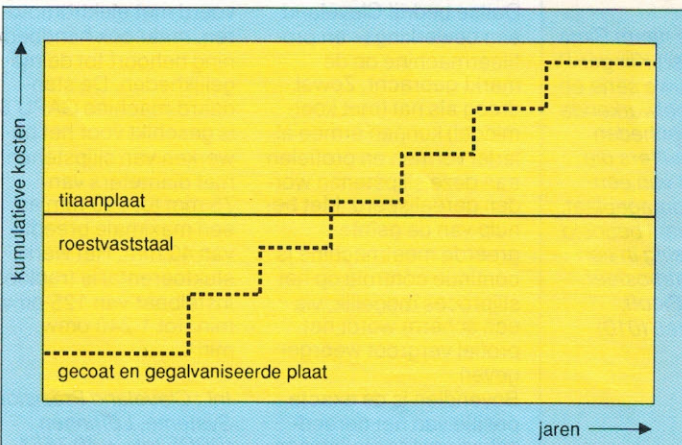
In afbeelding 3 is op de verticale as weergegeven hoeveel keer titaan duurder is dan roestvaststaal of aluminium. De eenheidsprijs A staat voor het aantal keer dat titaan duurder is met een gewichtseenheid als basis terwijl eenheidsprijs B staat voor een vergelijk tussen de metalen met een oppervlakte-eenheid als basis. In deze laatste vergelijking zijn ook de specifieke dichtheid en de benodigde afmetingen verwerkt.

De kostenvergelijking voor het dakwerk

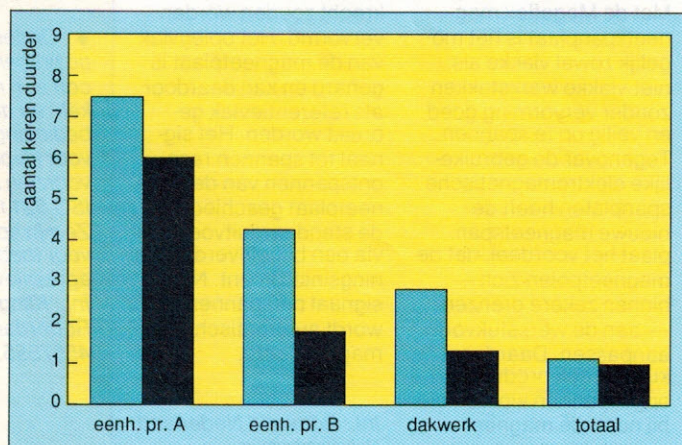
bestaat uit de kosten voor de benodigde materialen en de arbeidskosten terwijl de invloed op de totale kosten voor de bouw wordt weergegeven in het meest rechtse deel van afbeelding 3. Hierbij is uitgegaan van het gegeven dat de totale dakkosten 5% van de bouwsom bedragen. Ten aanzien van het onderhoud kan men stellen dat titaan buitengewone voordelen heeft ten opzichte van andere metalen, omdat men niet te maken heeft met het verouderen c.q. onderhouden van dek-lagen.

In afbeelding 4 kan men een indruk krijgen van de kosten die ten behoeve van het onderhoud moeten worden gemaakt, vermeerderd met de aanschafprijs. Mede door de neiging van titaan om niet snel vuil op te nemen, kan men stellen dat titaan zeer onderhoudsarm is. Ook in zee-watertoepassingen wordt het metaal totaal niet aangetast, waardoor verschillende producenten wel 40 jaar garantie geven op de onaantastbaarheid zonder enige corrosiewerende behandeling. ☐ MK

deel 2 verschijnt in MK 19



3. Kostenvergelijking van metalen in de bouw



4. Vergelijkende onderhoudskosten inclusief aanschafprijs