

# Triplate is schakel tussen het lassen v

Al vele jaren maakt de scheepsbouw gebruik van explosief gelaste verbindingstrippen met als doel de aluminiumopbouw aan het stalen dek te lassen. Dergelijke verbindingstrippen worden meestal vervaardigd met het explosieve lasproces dat in de open lucht plaatsvindt. Triplate is echter vacuüm-geclad en het bestaat uit drie lagen metaal: staal 52-3N, commercieel zuiver aluminium als overgangslaag en het corrosiebestendige AlMg4,5Mn als bovenlaag.

N.W. Buijs

## Filmpje

Over de bouw van de Queen Mary 2 is een filmpje beschikbaar op [www.cunard.com/QM2/default.asp?active=about&sub=makingof](http://www.cunard.com/QM2/default.asp?active=about&sub=makingof)

In afb. 1 is te zien wat er gebeurt tijdens het lasproces. In het botsingspunt 'S' wordt een extreem hoge druk verkregen waardoor de metaaloppervlakken plaatselijk superplastisch worden. De schokgolf zal de oxidehuiden losbreken zodat zij samen met de lucht voor het detonatiefront uitgedreven worden in een zogeheten 'jet'. Het resultaat is dan dat twee maagdelijke oppervlakken met extreem hoge krachten tegen elkaar worden gedrukt waardoor de atomen van de afzonderlijke metalen in elkaar beïnvloedingssfeer komen met een metaalbinding als gevolg. Na het cladden wordt de plaat gericht, onderzocht en in stroken gezaagd. Omdat de legering van aluminiummagnesium te hard is om een goede binding met het staal te krijgen, wordt een commercieel zuivere aluminiumplaat als over-

gangslaag gebruikt wat een verklaring geeft voor het woord 'Triplate'.

## ATMOSFERISCH OF VACUÛM

Hoewel atmosferisch cladden een goed proces is, blijken er toch opmerkelijke voordelen te zijn om het vacuüm te doen omdat men dan onder andere geen lucht hoeft te verwijderen. Daarom worden minder brisante explosieven gebruikt waardoor de overgang aluminium/staal laminair van karakter wordt. In afhankelijkheid van de hoeveelheid springstoffen kunnen namelijk drie verschillende overgangen ontstaan tussen de metalen: een laminaire, een gegolfde en een turbulente overgang (zie afb. 2).

Men neemt meestal aan dat een turbulente overgang de beste is omdat de materialen dan zo goed in elkaar haken maar dat blijkt in de praktijk juist niet het geval te zijn. De allerbeste verbinding is namelijk de laminaire verbinding hoewel de gegolfde ook niet slecht is vanwege het grote contactoppervlak. Een gegolfde overgang blijkt in de praktijk moeilijk te realiseren te zijn omdat deze snel omslaat in een turbulente die oxides insluit van de materiestroom waardoor er zich oxidenestjes op de overgang zullen vormen die het mechanische gedrag negatief beïnvloeden. Dit komt tot uiting bij een zogenaamde Hammer Bend Test volgens MIL J24445A waarbij monsters 90° op de overgang omgebogen worden. Bij atmosferisch gecladde verbindingen (afb. 3 links) zullen die oxidenestjes scheurvorming initiëren. Bij het vacuüm cladden (afb. 3 rechts) heeft men daarvan geen last.



8. In het grootste passagierschip ter wereld Queen Mary 2 is veel Triplate verwerkt (foto: Cunard Line)

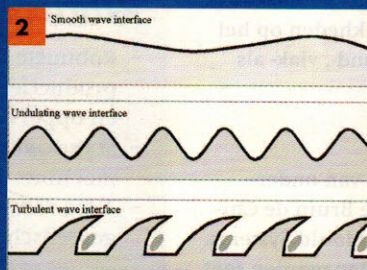
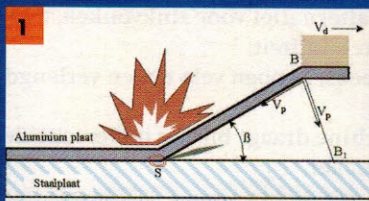
Een ander voordeel is dat men kosten kan besparen op springstoffen en zaagbladen omdat de slijtage geringer is vanwege het ontbreken van abrasieve oxiden. Ook dient men de weersinvloeden van het atmosferisch cladden niet te onderschatten omdat de buitentemperatuur en de luchtvochtigheid ook hun invloed hebben op de uiteindelijke kwaliteit. Indien de temperatuur beneden 10 °C komt, dan is het risico op delaminatie van de verbinding tijdens het verwerken behoorlijk omdat het materiaal tijdens de explosie niet voldoende ductiel is.

In de tabel zijn de resultaten en verschillen tussen het vacuüm en atmosferisch cladden op een rij gezet. Afb. 4 laat zien dat de breuk bij een trekproef niet op de overgang plaatsvindt maar in de aluminium overgangslaag. Indien een monster Triplate enkele miljoenen keren op een hoge mechanische wisselspanning belast is geweest (vermoeiingstest) dan blijkt het gebruikte testmateriaal ook op dezelfde manier te breken zoals afbeelding 4 laat zien. Triplate heeft toelatingen verwor-

1. Schematische voorstelling van het cladproces (illustraties: N.W. Buijs)

2. Drie verschillende overgangen ontstaan door het explosieve lassen. Bij de turbulente overgang zijn de oxidenestjes schematisch weergegeven

3. De Hammer Bend Test





**Tabel: Verschillen tussen vacuüm en atmosferisch gecladde strips**

| atmosferisch                                                                                                            | vacuüm                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| brosse oxidenesten met gaatjes op interface aluminium/staal                                                             | 100% dichte homogene verbinding                                                                               |
| oxidenesten en gaatjes vormen initiatie tot scheurvorming                                                               | niet aanwezig                                                                                                 |
| oxidenesten en gaatjes geven op termijn roestvorming ondanks conservering                                               | niet aanwezig                                                                                                 |
| het buigen van de aluminium/staal strips kan beperkt vanwege de brosse verbinding, de buigradius is 10x de stripbreedte | zeer goede buigeigenschappen dankzij ductiele verbinding aluminium/staal; de buigradius is 5x de stripbreedte |
| productiemethode minder beheerst vanwege wisselende omstandigheden                                                      | optimale procesbeheersing dankzij constante vacuüm omstandigheden                                             |
| aluminium/staal-verbinding zeer hard waardoor het materiaal moeizaam kan worden gezaagd en verwerkt                     | probleemloos zagen en verwerken vanwege zachte aluminium/staal-interface                                      |

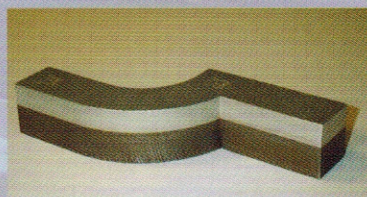
(bron: N.W. Buijs)

ven van Lloyd's, Germanische Lloyd's, Rina, Det Norske Veritas, American Bureau of Shipping en Veritas.

## ASYMMETRISCH

Zodra een verbindingstrip asymmetrisch wordt opgesteld blijken keuringsinstanties terughoudend te zijn omdat het materiaal dan op een koppel wordt belast (zie afb. 5). Dit heeft er in diverse landen toe geleid dat atmosferisch vervaardigde strips niet op deze wijze toegepast mogen worden. Met vacuüm gecladde verbindingen heeft men daar geen last van zodat deze strips wel door keuringsbureaus op

deze wijze zijn toegelaten. In afb. 6 is een dergelijke trekproef te zien. Triplate wordt in iedere gewenste breedte vervaardigd maar het is ook mogelijk allerlei waterstraal gesneden snijdelen te maken om zo complexe contouren van de opbouw te volgen (zie afb. 7).



7. Een waterstraal gesneden Triplate element ten behoeve van gecompliceerde overgangen

## Buigen Triplate lukt met kleine buigradii

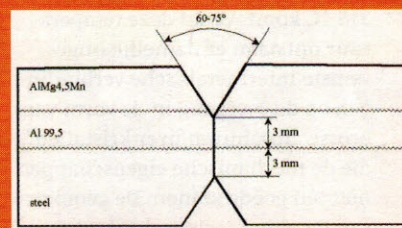
Triplate kan zonder problemen zijdelings gebogen worden met een minimale buigradius van vijf keer de stripbreedte (bij atmosferisch



Triplate buigproef 180° met een buigradius van kleiner dan twee maal de stripbreedte

cladden is dat zijn er goede resultaten bereikt met nog kleinere buigradii (zie afbeelding). Indien de strip over de verticale as wordt gebogen en het aluminium komt onder trek of druk te staan dan is de kleinste toegestane buigradius in beide gevallen 300 mm.

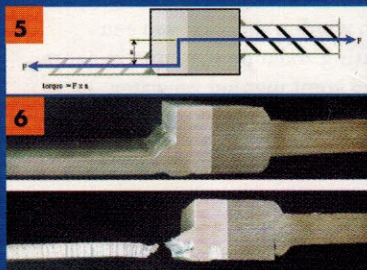
## Lasaanschuiving verbetert stijfheid opbouw



■ Een juiste opstelling bij de stompe verbinding

kan men een lasverbinding leggen zoals de afbeelding weergeeft. Er blijft een klein spleetje in het midden over dat daarna dichtgehamerd of dichtgekit wordt met een siliconenkit. Het gebruik van lasaanschuivingen geeft ook een verbetering van de uiteindelijke stijfheid van de opbouw waardoor dit in principe te prefereren is boven 100% dichtkitten. Ook is het mogelijk de spleet dicht te hameren of te solderen.

Om te voorkomen dat er spleten tussen de kopse kanten komen van de verbindingstrippen



4. Duidelijk is te zien dat de verbinding intact blijft bij een trekproef

5. Vanwege de asymmetrie ontstaat een mechanisch koppel

6. De aluminium plaat bezwijkt tijdens de asymmetrische trekproef in plaats van de Triplate strip





■ 9. Ook op dergelijke jachten wordt Triplate verwerkt  
(foto: Moonen Shipyards)

► Op het passagiersschip Queen Mary 2 zijn vele kilometers Triplate verwerkt. Het bovenste deel is van aluminium vervaardigd om het zwaartepunt van dit schip te verlagen wat de stabiliteit en de snelheid van het schip ten goede komt (zie afb. 8). Triplate wordt ook veel toegepast op grote jachten zoals in afb. 9 en 10 is te zien.

#### LASTEMPERATUUR

Het is van belang dat de overgang aluminium/staal tijdens het lassen qua temperatuur niet boven de 315 °C komt. Vanaf deze temperatuur ontstaan er namelijk ongewenste intermetallische verbindingen op de overgang in de vorm van brosse aluminium/ijzer kristallen die de mechanische eigenschappen niet ten goede komen. De geometrie van de strip is echter dusdanig gekozen dat onder normale lasomstandigheden geen brosse overgang zal ontstaan tijdens het lasproces omdat de temperatuurgradiënt in de verschillende metaallagen daarborg voor staat. Dit is vooral te danken aan het uitstekende warmtegeleidingsvermogen van aluminium. Daarom is het van belang dat eerst het aluminium aan het Triplate wordt gelast en daarna het staal. In de praktijk blijkt dan dat de temperatuur van de overgang oploopt tot slechts circa 240 °C. Om een goede beheersing van de warmtehuishouding in de Triplate te bewerkstelligen dient de verbindingstrip vier keer zo breed te zijn dan de aluminium platen die voor de opbouw worden gebruikt. Bovendien bereikt men dan dat het zuivere aluminium, dat de zwakste schakel in de keten is, qua mechanisch

gedrag wordt gecompenseerd.

#### LASSEN EN VERWERKEN

De aluminiumconstructie kan men zowel met het TIG- als met het MIG-lasproces aan de verbindingstrip verbinden nadat men het te lassen oppervlak heeft ontvet en gereinigd. Het staal kan zowel met elektroden als met MIG/MAG-proces (CO<sub>2</sub>) gelast worden en ook eventueel met gevulde draad. Het is van belang dat de elektrodediameter niet groter is dan 2,5 mm omdat anders de thermische belasting tijdens het lassen toch weer te hoog kan oplopen. Om zekerheid hierover te hebben, kan men een temperatuurgevoelige coating aanbrengen die het temperatuurverloop tijdens het lassen indicatief weer geeft.

Triplate kan men op de gewenste lengte zagen met een cirkelzaag, lintzaag of zelfs een handzaag gevolgd door afdoende afbramen dat zowel met een slijptol als met een schuurband gedaan kan worden. Ook kan men het uitstekend versterkzagen zodat men een perfecte afwerking kan verkrijgen want Triplate blijft in bepaalde toepassingen regelmatig zichtbaar. Men mag nooit de strippen op lengte maken met behulp van snijbranders of andere thermische processen. Triplate kan worden voorzien van een coating zodat de strip niet in aanraking komt met het zeewater.

Meer informatie over vacuüm-gecladde verbindingstrippen:

[www.triplate.com](http://www.triplate.com)

[info@triplate.com](mailto:info@triplate.com)

[www.smt-holland.com](http://www.smt-holland.com)



■ 10. Het dek van het jacht zoals afgebeeld in afbeelding 9 is reeds voorzien van de Triplate verbindingstroken  
(foto: Moonen Shipyards)

## Verwerkings- kenmerken tri-plate

- Turbulente overgang niet het beste
- Laminaire verbinding verdient voorkeur
- Weersinvloeden tijdens atmosferisch cladden niet onderschatten
- Triplate is in elke gewenste breedte leverbaar
- Met waterstralen zijn complexe contouren mogelijk
- Temperatuur overgang aluminium/staal mag tijdens lassen niet boven 315 °C komen
- Laselektrodediameter mag niet groter zijn dan 2,5 mm
- Triplate kan met cirkelzaag, lintzaag en handzaag op lengte worden gezaagd
- Afbramen door slijptol of schuurband
- Strippen nooit op lengte maken met snijbranders of andere thermische processen