

Lassen met fosforbrons

dé oplossing reparatie antieke duikhelm

Rob Krul is naast ondernemer ook enthousiast sportduiker en repareert in zijn vrije tijd antieke koperen duikhelmen en andere missende onderdelen voor musea en verzamelaars. Alleen met het inlassen van koperen inzetstukken ondervond hij problemen. Via het Nederlands Instituut van Lastechniek (NIL) zocht en vond hij advies over het lassen van de antieke duikhelmen.

Duikhelmen voor gebruik in ondiep water werden meestal van koper gemaakt. Zuiver koper in dit geval vanwege de gemakkelijke bewerkbaarheid en goede corrosiebestendigheid. Bij reparatie van een helm moet gelet worden op de kleur van het koper. De kleur geeft vaak al aan hoe zuiver het koper is, want onder invloed van legeringselementen zoals tin en zink verandert de kleur.

Voor reparaties aan een duikhelm gebruikt Rob Krul het TIG-lasproces. Het voordeel van dit proces is dat warmte- en materiaaltoevoer gescheiden zijn en dat een las van goede oppervlaktekwaliteit gemaakt kan worden. Voor het dichten van een gat

gebruikt Krul een rond plaatje met iets kleinere afmetingen dan het gat en last dan de zaak dicht. Het overtoelinge lasmetaal wordt na het lassen mechanisch verwijderd, het oppervlak wordt gepolijst en de helm ziet er daarna weer uit als nieuw.

Zo zou het moeten gaan, maar bij het inlassen van het ronde plaatje trad scheurvorming in de las op. Als toevoegmateriaal werd in eerste instantie zuiver koper gebruikt. Dat is nodig vanwege de kleur. De las mag geen andere kleur hebben dan het basismateriaal, omdat dan de reparatie altijd te zien blijft.

Aanpassen lasproces

Om scheurvorming te voorkomen, heeft Krul allereerst getracht de lasprocedure te verbeteren. Hij gebruikte backinggas en het lassen op een stempel om opname van zuurstof aan de onderkant van de las te voorkomen.

Om lasspanningen te beperken, werd de las in delen gemaakt en steeds uitgehamerd om de trekspanningen in de las om te zetten in drukspanningen.

Niets mocht echter baten, de las bleef scheuren en als de las heel bleef dan scheurde deze alsnog tijdens het in model kloppen van de reparatie. Waarom er scheurvorming optrad tijdens lassen van het zuivere koper was niet moeilijk te beantwoorden. Er zou scheurvorming kunnen optreden door de vorming van waterdamp

in de warmtebeïnvloede zone en in de las.

Koperoxiduul

Koper is een vrij edel metaal, maar in vloeibare toestand neemt dit materiaal gemakkelijk zuurstof op. Tijdens de stolling van het koper vormt zich dan het zogenoemde koperoxiduul of Cu_2O . Het gaat om geringe hoeveelheden koperoxiduul en de ronde Cu_2O -deeltjes vormen zich aan de kristalgrenzen van het koper (vorming van een ontaard eutecticum). Tijdens het lassen worden de Cu_2O -deeltjes gereduceerd door de altijd aanwezige waterstof in en om de elektrische boog.

Waterstof kan afkomstig zijn van vervuiling aan het oppervlak, sporen van vetten en oliën en afkomstig uit de omringende lucht. De in de boog geïoniseerde waterstof dringt de las en het materiaal binnen en reduceert de koperoxiduuldeeltjes. De vorming van de opgesloten waterdamp zorgt voor hoge inwendige spanningen en dit resulteert in scheurvorming in de las en warmtebeïnvloede zone. Om deze veronderstelling te controleren had Rob Krul gelukkig wat materiaal bewaard van een gerepareerde helm. Bij inspectie van de structuur onder de lichtmicroscopie vielen de vele kleine ronde deeltjes aan de kristalgrenzen van het koper op. Het was duidelijk dat het om een zuurstofhoudend koper ging en dat het vermoeden dat er sprake was van waterdampverbrosting juist was.

Desoxidator

Om scheurvorming tijdens het lassen te voorkomen, is een desoxidator in het toevoegmateriaal nodig. Veelal wordt hiervoor fosforhoudend koper gebruikt. Het probleem is alleen dat dit toevoegmateriaal minder gemakkelijk verkrijgbaar is. Verpakkingen van

Prototype van een Amerikaanse duikhelm (foto: David Dekker)





Twee opnames van een duikhelm, zoals deze werd aangeboden voor reparatie. De helm zit vol deuken en duidelijk zijn ingesoldeerde en deels geklonken inzetplaatjes zichtbaar (foto's: Rob Krul)

10 kg zijn gebruikelijk en voor de reparatie van een paar duikhelmen zijn slechts een paar koperdraden nodig. Een ander toevoegmateriaal dat een desoxidator bevat, is het veel gebruikte boogsoldeer materiaal CuSi3. In de sectie JMB (Joining and Mechanical Behavior) van de TU Delft doet een promovendus onderzoek aan het boogsolderen van hoge sterkte staalsoorten en hij kon wel een paar meter draad missen. Voor het boogsolderen wordt ook gebruikgemaakt van de legering CuAl8 (aluminiumbrons), maar het nadeel van dit toevoegmateriaal is de goudkleur, waardoor dit materiaal afviel. Met de CuSi3 draad als toevoegmateriaal is een aantal proeflassen gemaakt. Tijdens het lassen trad enige slakvorming op, maar die kon na het lassen verwijderd worden. Ook scheurde de las niet meer en bleek deze goed te vervormen.

Fosforbrons

Hadden we hiermee een eenvoudige en goedkope oplossing in handen? Helaas niet. De kleur van de las stemde na bewerken niet overeen met die van het koper. De las was enigszins geel en viel duidelijk op. Een andere oplossing is dan lassen (eigenlijk meer solderen) met fosforbrons. Met de door Castolin in Delft beschikbaar gestelde draden bleek het lassen/solderen nog eenvoudiger. Het basismateriaal smolt niet, maar het lasmetaal vloeide uitstekend aan en door en was heel goed vervormbaar. De kleur van de las in gelaste toestand stemde goed overeen met het koper, maar bij bewerken van de las bleek dat er toch weer kleurverschillen waren. De las was wat grijzer dan het basismateriaal en het kleurverschil met het koper was te groot om dit te kunnen accepteren.

Omdat er gesoldeerd werd met de koper-fosfordraden smolt het basismateriaal niet en trad er ook geen reductie van het koperoxide op. Slakvorming bleef achterwege en afgezien van de kleurverschillen was dit de beste oplossing.

Verkoperen of tamponeren

Om de kleurverschillen tussen de reparaties en de helm op te heffen, zou de gehele helm verkoperd kunnen worden. Dat is geen goedkope oplossing, omdat de helm bronzen onderdelen bevat en sommige onderdelen vertind zijn. De bronzen en vertinde delen moeten afgedekt worden met lak en na het verkoperen moet die lak weer verwijderd worden. Dat kan allemaal gerealiseerd worden, maar het is geen goedkope oplossing. Soms komt de oplossing voor dit probleem onverwachts.

In september sprak Rob Krul met een kunstenaar die hem op de mogelijkheid van tamponeergalvaniseren wees. De installaties zijn kostbaar, maar er bleek ook een tamponeergalvanisatieset te koop voor hobbyisten. Inclusief verzendkosten kostte dit setje met de benodigde vloeistoffen slechts € 55,00. Het setje werkt op twee batterijen en het tamponeren van het gelaste oppervlak kost inclusief het vooraf schoonmaken van het koper niet meer dan 15 minuten. Wat kan het soms eenvoudig zijn, is de verzuchting van Rob Krul als hij het uiteindelijke resultaat bekijkt. Boogsolderen met fosfokoperdraad, bewerken van de lasnaad, de las en zijn omgeving goed schoonmaken en tamponeren. Dan kan de helm klaar gemaakt worden voor de tentoonstelling in het museum, de opdrachtgever voor reparatie van de helm. ■

Rob Krul

Veel antieke duikhelmen zijn vanwege de hoge koperprijs verschroot. Gelukkig zijn er ook hobbyisten die beschadigde duikhelmen willen repareren zoals Rob Krul. In zijn spaarzame vrije tijd maakt en repareert hij duikhelmen en andere missende onderdelen voor musea en verzamelaars. Hij maakt daarbij gebruik van zijn kennis op het gebied van het bewerken van metalen (eigenaar van Machinefabriek Krul), maar is ook niet bang om bijvoorbeeld kapotgegangene bronzen luchtkranen zelf te gieten. Om originele onderdelen te kunnen maken, maakt hij onder andere gebruik van het fotomateriaal van musea, oude boeken en prenten van verzamelaars.



Rob Krul in een Amerikaanse uitrusting uit 1942 in de haven van Terschelling (totaalgewicht 100 kg)

Informatie duikhelmen

Websites voor meer informatie over duikhelmen:

- www.krul-bv.nl;
- www.dehelmduiker.com;
- www.wrakkenmuseum.nl
- www.divingheritage.com;
- www.pieds-lourds.com;
- www.frogmanmuseum.com en
- www.sea-corps.com.