

Koperen duikhelmen

Lasproblemen oplossen bij reparatie

Hoe repareer je een oude, koperen duikhelm zodat deze er weer als origineel uitziet? Rob Krul weet hoe je dit moet aanpakken. Zelf is hij een enthousiaste sportduiker en eigenaar van een machinefabriek in het Noord-Hollandse Weteringbrug. Toch ondervond hij wat problemen tijdens het lassen: scheurvorming in de las.

De duikhelm is in 1823 bedacht door de gebroeders John en Charles Deane uit Whitstable (Engeland). Als eerste gingen zij onder water met een zelf ontworpen duikhelm. Het was niet alleen nieuwsgierigheid naar de onderwaterwereld, maar ook geldelijk gewin dat de broeders dreef. Met een duikhelm kon je naar verzonken schatten zoeken en goud en zilver naar boven halen. Kort na hun uitvinding verschenen de gebroeders Deane met hun duikpakken bij Terschelling om naar het goud van het legendarische goudschip Lutine te duiken. De ontdekking van de gebroeders Deane had de warme belangstelling van de Britse Admiraliteit en deze steunde de ontwikkelingen om een goed en veilig duikstelsel te maken. De mogelijkheid om naar verzonken schatten te zoeken, trok ook anderen aan. Andere uitvinders gingen zich met de duikhelm bemoeien. Een van hen was Augustus Siebe, die in 1837 zijn systeem patenteer-

de. Dit werd de standaard binnen de Britse marine en Siebe werd de toonaangevende fabrikant. Het duikstelsel werd daarna gekopieerd en verbeterd en een aantal gerenommeerde fabrikanten ontstond. De bekendste daarvan waren onder andere Miller Dunn, Desco, Schrader, Morse, Draeger en Galeazzi.

Duikuitrusting

Een complete duikuitrusting zoals die door de Koninklijke Marine tot omstreeks 1990 werd gebruikt, bestond uit de volgende onderdelen: duikhelm, duikpak, duikschoenen, gewichten en luchtvoorziening. Het duikpak werd gemaakt van canvas en rubber en later van rubber en stof. Om het pak werd een riem gedragen, waaraan een duikmes was bevestigd. De gewichten waren nodig om de duiker een negatief drijfvermogen te geven, ondanks de zware duikschoenen met een gewicht van acht kilogram per stuk. Voor de luchtvoorziening werden verschillende soorten duikpompen gebruikt. De duikhelm werd bijna altijd van koper gemaakt, een relatief edel en gemakkelijk vervormbaar materiaal. Voor een nog betere corrosiebestendigheid werden de helmen vertind voor gebruik in zout water. De duikhelm had meestal drie vensters: een groot venster voor, dat geopend kon worden, en twee kleinere vensters aan de zijkanten. Sommige helmen hadden zelfs nog een extra venster aan de bovenkant. Voor het werken op geringe diepte werd de zogenoemde open duikhelm toegepast. De helm werd niet aan het duikpak bevestigd, maar los op het pak gedragen en verzwaard met loden gewichten om drijven te voorkomen. De gesloten helm werd gebruikt voor dieper en kouder water en werd op het borststuk van het duikpak geschroefd. Een duikhelm met zes bevestigingsmoeren werd bijvoorbeeld een Siebe Gorman zesbouts duikhelm genoemd.

Een door Rob Krul zelf
gemaakte duikhelm



Reparaties aan duikhelmen

Essentieel voor het duiken is de luchtvoorziening. Hiervoor werd een luchtslang aangebracht, aangesloten op de luchtpomp. Via een overdrukventiel ontsnapte de gebruikte lucht. Ook werden aansluitingen gemaakt voor communicatie met de duiker. Voor verbetering van de luchttoe- en afvoer en voor een verbeterde communicatie werden soms extra gaten in de duikhelm aangebracht en oude gaten provisorisch gedicht. Dat gebeurde dus niet altijd even professioneel.

Rob Krul maakt en repareert in zijn spaarzame vrije tijd zelf duikhelmen en andere missende onderdelen voor musea en verzamelaars. Hij maakt daarbij gebruik van zijn kennis van het bewerken van metalen, maar is ook niet bang om kapotte bronzen luchtkranen zelf te gieten. Om originele onderdelen te kunnen maken, maakt hij onder meer gebruik van het fotomateriaal van musea, oude boeken en prenten van verzamelaars. Hij is altijd op zoek naar meer foto's en boeken en naar nieuw restauratiemateriaal zoals helmen en pompen.

Scheurvorming tijdens lassen

Duikhelmen voor gebruik in ondiep water werden dus meestal van koper gemaakt. Zuiver koper in dit geval vanwege de gemakkelijke bewerkbaarheid en goede corrosiebestendigheid. Bij het repareren 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 als tin en zink verandert de kleur.

Voor reparaties aan duikhelmen gebruikt Rob Krul



Rob Krul in een Amerikaanse uitrusting uit 1942 in de haven van Terschelling (totale gewicht honderd kilo)

het TIG-lasproces. 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 hij een rond plaatje met iets kleinere afmetingen dan het gat en last dan de zaak dicht. Het overtollige 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 vanwege de kleur. De las mag geen andere kleur hebben dan het basismateriaal, omdat dan de reparatie altijd te zien blijft. Om scheurvorming te voorkomen, heeft Rob Krul allereerst geprobeerd de lasprocedure te verbeteren. Hij gebruikte backinggas en verrichtte het laswerk 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 deze heel bleef dan scheurde de las alsnog tijdens het in model kloppen van de reparatie.

In dit soort gevallen ligt het voor de hand om contact op te nemen met het Nederlands Instituut voor Lastechniek (NIL). Het lasinstituut neemt op haar beurt weer contact op met andere specialisten, omdat het NIL niet over eigen onderzoeksfaciliteiten



Prototype van een Amerikaanse duikhelm

Foto's: Rob Krul



De duikhelm van de linker- en rechterkant, zoals deze werd aangeboden voor reparatie. De helm zit vol deuken en duidelijk zichtbaar zijn ingesoldeerde en deels geklonken inzetplaatjes

beschikt. Zo kwam de vraagstelling van Rob Krul 'waarom treedt scheurvorming op?' - bij mij terecht. Als metaalkundige is de vraag 'waarom treedt scheurvorming op tijdens het lassen van zuiver koper' niet moeilijk te beantwoorden. Dit treedt mogelijk op door de vorming van waterdamp in de warmtebeïnvloede zone en in de las.

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, waarvan de ronde deeltjes zich aan de kristalgrenzen vormen 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 mijn vermoeden dat er sprake was van waterdampverbrossing juist was.

Lastoevoegmateriaal met 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 tien kilogram zijn gebruikelijk, terwijl voor het repareren van de paar duikhelmen slechts enkele koperdraden nodig waren. Een ander toevoegmateriaal dat een desoxidator bevat, is het veel gebruikte boogsoldeer materiaal CuSi3 . In de sectie Joining and Mechanical Behavior van de TU Delft doet een promovendus onderzoek naar het boogsolderen van hogesterkte staalsoorten en hij kon wel een paar meter draad missen. Voor het boogsolderen wordt ook gebruik gemaakt van de legering CuAl8 (aluminiumbrons), maar het nadeel van dit toevoegmateriaal is de goudkleur. Dit materiaal viel dus af.

Met de CuSi3 -draad als toevoegmateriaal zijn 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

Informatie over duikhelmen op het web

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



Foto's: Rob Krul

Dezelfde helm, maar nu na reparatie

deze goed te vervormen. Hadden we hiermee een eenvoudige en goedkope oplossing in handen? Helaas niet. De kleur van de las stemde na bewerking niet overeen met die van het koper. De las was enigszins geel en viel onmiddellijk op na het bewerken.

Een andere oplossing is dan lassen (eigenlijk meer solderen) met fosforbrons. De firma Castolin is gevestigd in mijn woonplaats Delft en het was een kleine moeite om daar even langs te gaan. Met de door hen 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 het 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 onacceptabel groot. Omdat er gesoldeerd werd met de koper-fosfordraden smolt het basismateriaal niet en trad ook geen reductie van het koperoxiduul 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 vertint zijn. Deze delen moeten afgedekt worden met lak en na het verkoperen moet die lak weer verwijderd worden. Allemaal te realiseren, maar niet goedkoop. Soms komt de oplossing

voor een dergelijk probleem onverwachts. In september 2007 had Rob Krul een gesprek met een kunstenaar, die hem op de mogelijkheid van tamponneergalvaniseren wees. Na een korte zoektocht op internet bleek de firma Select Plating professionele tamponneerapparatuur te leveren. Het probleem was alleen de prijs van de uitrusting (circa 7.000 euro) en de noodzaak tot het volgen van een vierdaagse cursus. Voor serieproductie een interessante aanschaf, maar voor reparatie van een paar duikhelmen een te dure oplossing. Uiteindelijk bleek er ook een tamponneergalvaniseerset te koop voor hobbyisten. Inclusief verzendkosten kostte dit setje met de benodigde vloeistoffen slechts 55 euro. Het setje werkt op twee batterijen en het tamponeren van het gelaste oppervlak kostte, inclusief het vooraf schoonmaken van het koper, niet meer dan vijftien minuten.

"Wat kan het soms eenvoudig zijn," verzuchtte Rob Krul toen hij het uiteindelijke resultaat bekeek. "Boogsolderen met fosfor-koperdraad, bewerken van de lasnaad, de las en zijn omgeving goed schoonmaken en tot slot tamponeren." De helm werd vervolgens klaar gemaakt voor de tentoonstelling in het museum, de opdrachtgever voor reparatie van de helm. ■

Theo Luijendijk heeft een eigen ingenieursbureau en doet materiaalkundig en verbindingstechnologisch onderzoek voor de Nederlandse industrie. Daarnaast is hij als gastdocent werkzaam in de sectie Lastechnologie van de faculteit Technische Materiaal Wetenschappen aan de TU Delft.