LASTECHNIEK

Onafhankelijk vakblad voor lassen, lijmen en snijden | Nummer 2 - februari 2014

In deze editie o.a.

Aandacht voor de Techni-Show

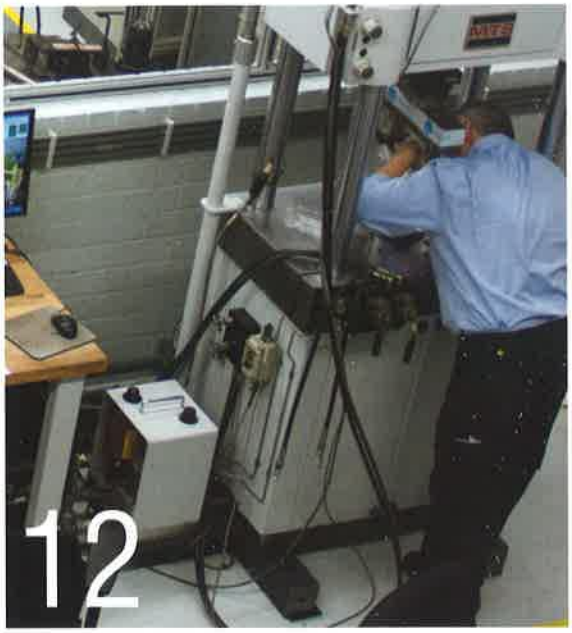
Engineering Critical Assessment

Een les in metallurgie

Inhoud #2 februari 2014

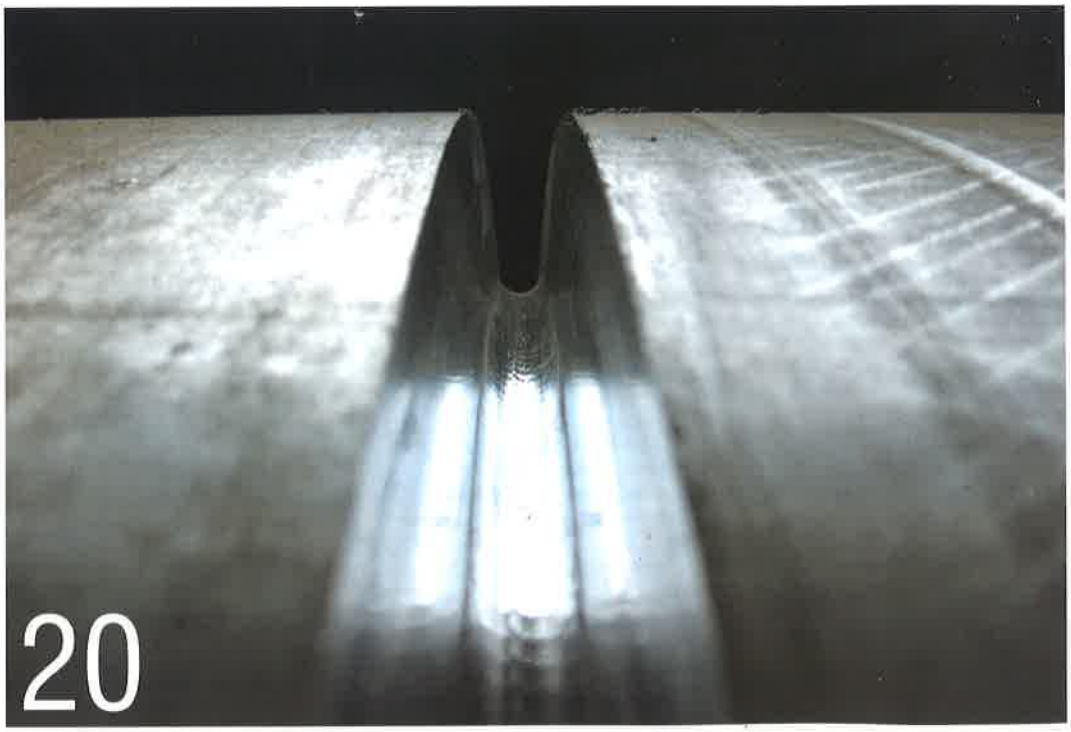
LASTECHNIEK
wordt uitgegeven door OPUS communicatie-ontwerp
in opdracht van het Nederlands Instituut voor Lastechniek
en het Belgisch Instituut voor Lastechniek

www.vakbladlastechniek.nl



04 Vanuit de verbindingswereld
12 Engineering Critical Assessment
16 Invloed van legeringselementen op de stuctuur en eigenschappen van lasmetaal
20 Een sterk staaltje, deel 2
24 Laskennis opgefrist 8; Thermisch gutsen

De semi-narrow-gap-lasnaadvoorbewerking, die door middel van frezen werd aangebracht, is identiek voor zowel langs- als rondnaden, waarbij alleen de diepte in afhankelijkheid van de plaatdikte varieert.



Coverfoto: William Opheij bij Caterpillar

Een sterk staal(tje) 2

Uitvoering en lastechnische details van het Statoil Mariner Field Development Project

Sif Group bv produceert de 'jacket legs' voor het grootschalige mariner olieveld, gelegen in de Noordzee. Een beschrijving van dit project, de staalkeuze en bijbehorende normen zijn besproken in deel 1 van dit artikel (Lastechniek #12/1).
In dit tweede deel gaat de auteur in op de uitvoering en lastechnische details.

door William Lafleur

In de vorige editie van Lastechniek, het themanummer 'Offshore', is besproken welke staalsoorten zijn toegepast in het ontwerp van de jacket legs voor het Mariner-project. De fabricage van de componenten van jacket legs wordt gekenmerkt door gebruik van dikwandig plaatmateriaal, grote lasvolumes en grote laslengtes. Op grond hiervan is onderpoederlassen het meest geschikte en economische lasproces. In dit artikel wordt nader ingegaan op de benodigde lasmethodekwalificaties en enkele lastechnische aspecten tijdens de uitvoering.

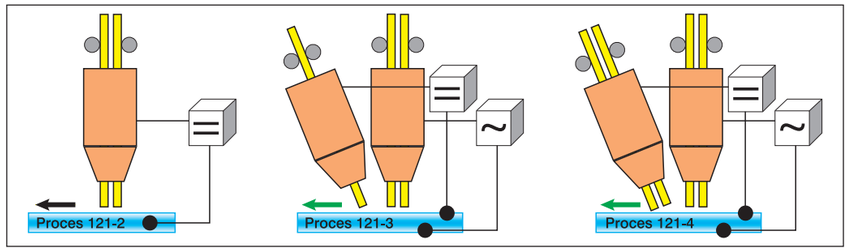
Lasprocessen en lastoevoegmaterialen

Sif Group bv beschikt over een uitgebreide database met bestaande lasmethodekwalificaties. Voor dit project moesten er desondanks vijftien nieuwe lasprocedures worden opgesteld, vanwege de grote verscheidenheid in staalsoorten, levertoestanden en lasnaadvormen. De lasprocedures moesten gekwalificeerd worden volgens NORSOK, Standaard M-101 Structural Steel Fabrication Edition 5. Deze standaard vereist dat lasprocedures voor staal - met een minimum gespecificeerde rekgrens van 355 MPa - gekwalificeerd moeten worden volgens ISO 15614-1, waarbij de additionele eisen uit de NORSOK-standaard in acht moeten worden genomen. Een van deze aanvullende eisen is dat er CTOD-testen voor het lasmetaal en de warmtebeïnvloede zone (HAZ) moeten worden uitgevoerd, daar waar de nominale lasdoorsnede 50 mm overschrijdt. Deze testen voor de verschillende staalsoorten hoeven echter niet uitgevoerd te worden indien deze resultaten al in een eerder stadium, tijdens de staalkwalificatie, voor de relevante dikte, testtemperatuur en warmte-inbreng zijn bepaald. De CTOD-testen voor het lasmetaal moeten op de grootste dikte (binnen 10 %) en met de hoogste warmte-inbreng gelast worden.
Tabel 1 toont de door Sif Group bv behaalde CTOD-waarden voor het lasmetaal.

Aanduiding lasdraad	Samenstelling	Minimale rekgrens (MPa)	Aanduiding lasproces volgens ISO 4063	Lasdikte (mm)	Test-temperatuur (°C)	CTOD-waarde lasmetaal [2] (mm)		
ISO 14171-A: S46 6 FB S3Si	CMn	≥ 460	121-2	125	-10°C	0,67	0,55	1,52
			121-3	135		4,01	4,51	4,50
			121-4	120 [1]		2,72	2,48	2,03
ISO 14171-A: S50 6 FB S0	CMn1Ni¼Mo	≥ 500	121-1	100 [1]	-10°C	0,71	0,61	0,51
			121-3	100		1,18	1,15	0,72
			121-4	100 [1]		1,55	1,43	1,32

[1] Aanvullende lasmethodekwalificaties, vereist voor het Mariner-project.
[2] Eis: min. 0,25 mm CTOD bij een ontwerptemperatuur van Td = -10°C.

Tabel 1 CTOD-waarden voor het lasmetaal in de gelaste toestand

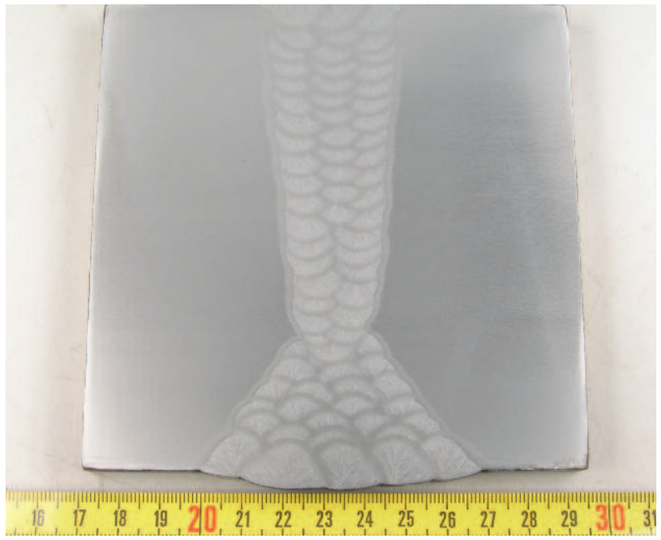


Figuur 1
Schematische weergave van de door Sif toegepaste OP-varianten.

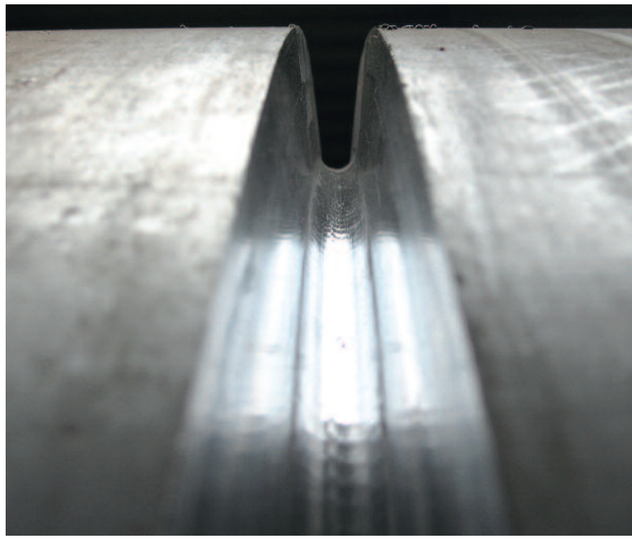
Voor het S500-staal werd een CMn1Ni¼Mo-gelegeerde draad ingezet om de minimale rekgrens met bijbehorende kerf- en breuktaaiheid te kunnen garanderen. Er was uiteindelijk maar liefst 21.000 kg van deze lasdraad nodig om al het S500-staal te kunnen lassen.
Op grond van de zeer strenge kwaliteitseisen werd daarnaast een hoogbasisch laspoeder gekozen met een gegarandeerd laag waterstofgehalte volgens ISO 14174-A: S A FB 1 55 AC H5.

Zoals besproken in deel 1, moet het staal bij voorkeur ook geschikt zijn om een hoge mate van productiviteit te realiseren. Het overgrote deel van de lasverbindingen werd gelast met het onderpoederlasproces (OP-proces), waarbij relatief dunne massieve draden (Ø 2,5 mm) werden ingezet. Door gebruik van een dunnere draad wordt een hoge stroomdichtheid en daarmee een hoge neersmeltsnelheid bereikt.

Figuur 2a Macro van een semi-narrow-gap-lasverbinding, lasproces 121-4.



Figuur 2b Semi-narrow-gap.



De semi-narrow-gap-lasnaadvoorbewerking, die door middel van frezen werd aangebracht, is identiek voor zowel langs- als rondnaden, waarbij alleen de diepte in afhankelijkheid van de plaatdikte varieert. Deze lasnaadvorm wordt gekenmerkt door een zeer nauwkeurige en reproduceerbare maatvoering, hetgeen vereist is om het productiepotentieel van het onderpoederlasproces volledig te benutten.
Dankzij innovatieve ontwikkelingen is het anno 2014 mogelijk om maar liefst vier rondnaden tegelijkertijd te lassen met één lasautomaat. De neersmeltsnelheid die gerealiseerd kan worden door deze lasautomaat bedraagt een indrukwekkende 4 x 30 = 120 kg/uur, waarbij de bediening door slechts één operator kan plaatsvinden.

Figuur 3 Rondnaadlasautomaat met vier laskoppen.

Specifieke toepassingen

Een specifieke en kritische toepassing betrof het lassen van de jacket leg 'knuckle' met een nominale dikte van 120 mm. Ook deze lasverbinding werd grotendeels met het OP-proces gelast. Zoals echter blijkt uit detail A in figuur 5, is de lasvorm niet meer rotatiesymmetrisch, waardoor het volgen van de lasnaad problematisch was. De eerste en grotere zijde werd OP-gelast. De tegenzijde werd gegutst, geslepen en vervolgens met een basische hoogrendement-elektrode tegengelast (lasproces nr. 111).

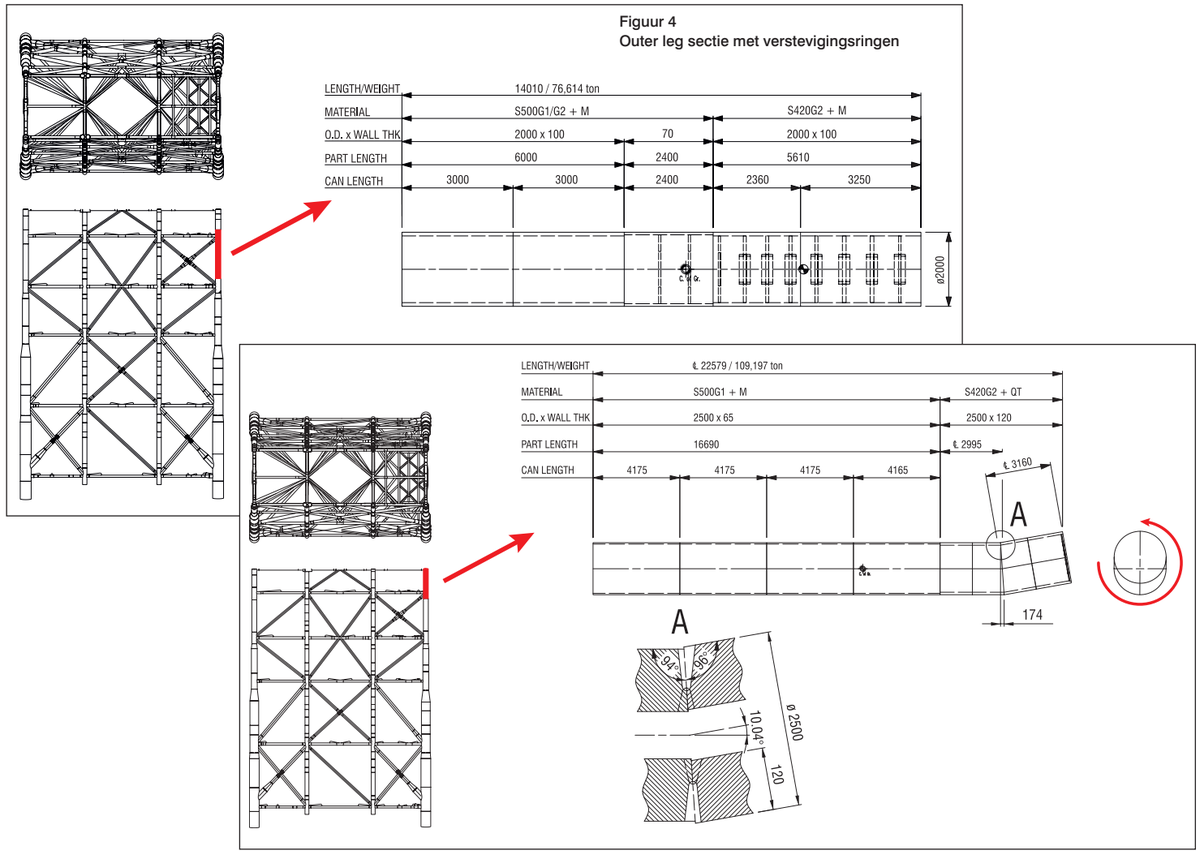
Het ontwerp van de Mariner jacket legs voorzag in een veelvoud van inwendige verstevigingsringen op vrij korte afstand van elkaar. Deze stiffeners, gepositioneerd ter hoogte van de knooppunten (node cans) met de dwarsverbanden (bracings), moesten volledig doorgelast worden. Gezien de enorme spanningen die tijdens fabricage en in bedrijf op dit punt samenkomen, worden hoge eisen gesteld aan het staal, de lasprocedure, het niet-destructief onderzoek, de toleranties en het lasuiterlijk.
Voor het lassen van deze stiffener- (node can) verbindingen werd een speciale methodiek toegepast. Allereerst werd de node can inwendig van bufferlagen voorzien. Vervolgens werden deze bufferlagen gedeeltelijk afgedraaid op een carrouseldraaibank. Dit gebeurde zodanig dat de onrondheid in zijn geheel werd weggewerkt en er een perfecte diametertolerantie werd verkregen.
De stiffener werd als een complete ring uit plaatmateriaal gesneden (zonder stuiknaden) en aansluitend werd de lasnaadvoorbewerking aangebracht door machinale bewerking. De uitwendige diameter van ringstiffener is gelijk aan de gemeten inwendige diameter van de romp ter plaatse van de bufferlagen, waardoor een zeer goede fit-up werd verkregen.

Bufferlagen worden niet alleen noodzakelijk geacht voor een goede maatvoering, maar zij absorberen bovendien spanningen in dikterichting en bevorderen de aanvloeiing van de lasrupsen.

Beheersen hoekverdraaiing

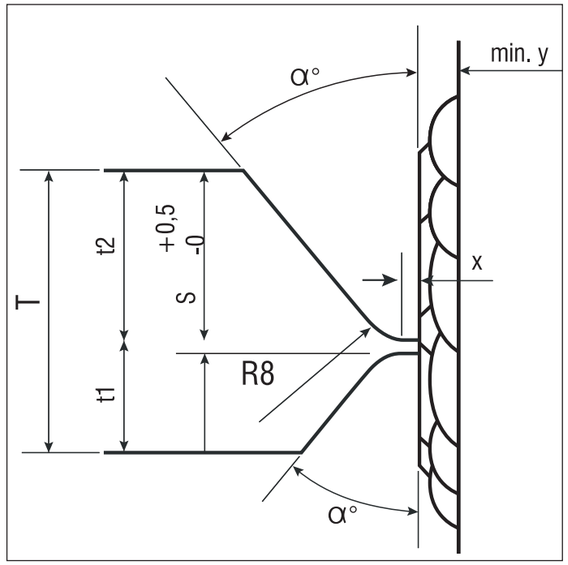
De lasprocedure beïnvloedt de mate van vervorming (hoekverdraaiing) vooral door het aantal laslagen en de warmte-inbreng die ermee samenhangt. Aangezien een lasprocedure meestal vooraf wordt gekozen op grond van vereiste kwaliteit of gewenste productiviteit, heeft de lasser tijdens de uitvoering weinig invloed meer om in dat kader de vervorming te beperken. Ook zijn de lasvolgorde en het lasproces erop gericht om evenwicht te bewerkstelligen in de thermische spanningen ten opzichte van de neutrale lijn van de lasverbinding.
Door de machinale voorbewerking en nauwkeurige samenbouw kon, afgezien van de grondlaag, het OP-lasproces worden ingezet. De doorgaans noodzakelijk geachte tegenbewerking (met het thermisch gutsproces) kon eveneens worden voorkomen, wat een positief effect had op de arbeidsomstandigheden, de laskwaliteit en de beheersbaarheid van de hoekverdraaiing.
Gebalanceerd (om en om) lassen is een effectieve methode om hoekverdraaiing in een meerlaagse lasverbinding tijdens de uitvoeringsfase te beheersen. Gebalanceerd lassen was echter tijdrovend en gezien de afmetingen van de node cans niet praktisch. Daarom werd een asymmetrische lasnaadvorm toegepast, waarbij het grootste lasvolume (t2) aan de tweede zijde werd gelegd (zie figuur 6). Hierbij werd rekening gehouden met het feit dat het eerder neergesmolten lasmetaal weerstand zou bieden tegen vervorming door de volgende laslagen, zodat de mate van vervorming per rups zou afnemen naarmate de naad verder gevuld werd.
De grotere krimp van de tweede zijde bleek de vervorming door het lassen van de eerste zijde (t1) in belangrijke mate op te heffen en er werd uiteindelijk slechts een geringe mate van hoekverdraaiing gemeten, die binnen de NORSOK-eis van ± 5 mm bleef.

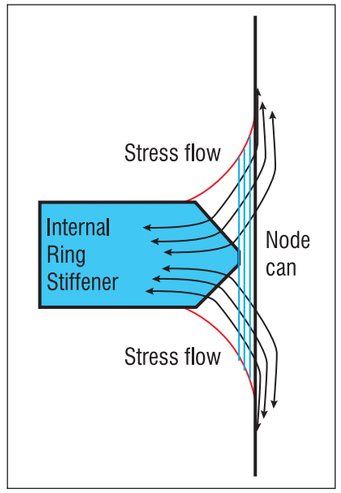
Inmiddels zijn de eerste outer legs volgens planning opgeleverd.



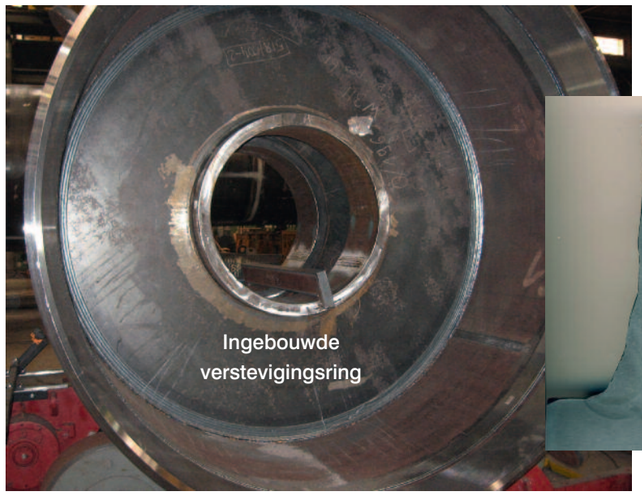
Figuur 4
Outer leg sectie met verstevigingsringen

Figuur 5 Knuckle sectie van de outer legs.

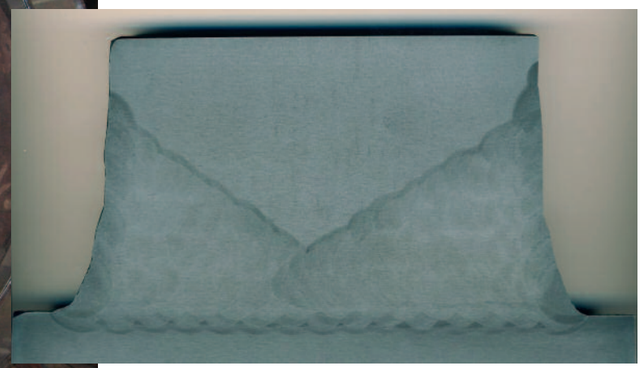




Figuur 6
Lasnaadvoorbewerking (boven) en krachtenverloop (hiernaast).



Figuur 7 Outer-leg-sectie met machinaal bewerkte bufferlagen en verstevigingsringen.



Figuur 8 Typische lasdoorsnede van een verstevigingsring.