



Wrijvingspuntlastoestel in het B.I.L. is een RPS 100 van de firma Harms & Wende

WRIJVINGSPUNTLASSEN DOET ZIJN INTREDE

HOOGSTERKTE ALUMINIUM EN AW-7075 T6 LEGERINGEN

Onlangs is er met het wrijvingspuntlassen een innovatieve puntlastetechniek ontwikkeld, waarbij de verbinding tot stand gebracht wordt via wrijvingswarmte en mechanische vervorming. Deze nieuwe lastetechniek is geschikt voor het lassen van aluminium en biedt een oplossing voor de moeilijkheden waarmee het weerstandspuntlassen bij deze materialen te maken heeft, zoals elektrodeslijtage en standtijd. Dit artikel geeft een uiteenzetting van het experimenteel onderzoek omtrent de nieuwe techniek bij aluminium EN AW-7075 T6 legeringen, die omwille van een hoge sterkte-dichtheidverhouding gebruikt worden in diverse toepassingen in de transportsector.

Irene Kwee en Koen Faes, Belgisch Instituut voor Lastechniek

TENDENS NAAR HOOGSTERKTE, LICHTGEWICHT MATERIALEN

Hoogsterkte, lichtgewicht materialen zoals aluminiumlegeringen zijn in opmars, in het bijzonder in de automobiel- en de luchtvaartsector. Tijdens de laatste vier decennia is de hoeveelheid aluminium in bijvoorbeeld auto's verviervoudigd en worden vliegtuigen inmiddels voor 75 tot 80 procent uit aluminium vervaardigd. Gelet op het feit dat er steeds vaker gebruikgemaakt wordt van aluminium plaatwerk in diverse takken van de industrie, ter vervanging van staalplaat, is het wenselijk dat de bestaande verbindingstechnieken, zoals puntlassen, nog steeds gebruikt kunnen worden. Deze techniek wordt toegepast in diverse sectoren omwille van de lage kostprijs, de snelheid en de ongevoeligheid voor variaties in de maatnauwkeurigheid van de te lassen onderdelen. Hierdoor is puntlassen ook bij uitstek geschikt voor automatisering.

WEERSTANDPUNTLASSEN

In tegenstelling tot bij het puntlassen van staal gaat het verbinden van aluminium met dit lasproces gepaard met een aantal ernstige moeilijkheden, als gevolg van de snellere achteruitgang van de puntlaselektroden. Aluminium is een uitstekende warmtegeleider, zodat bij het weerstandlassen de ohmse weerstandverwarming in de te lassen platen gering is. De opgewerkte warmte wordt hierdoor ook snel afgevoerd. Het gevolg is dat in vergelijking met koolstofstaal de benodigde effectieve lasstroom tot drie keer hoger ligt. Dit betekent dat een krachtigere stroombron voorzien moet worden voor het lassen van aluminiumlegeringen. Die hogere stroomsterkte is nadelig voor de slijtage van de laselektrode. Bovendien kunnen aluminium en koper nogal gemakkelijk in elkaar oplossen of aanleggen.

De hoge temperatuur die tijdens het lassen aan het plaat- en elektrodeoppervlak heerst, bevordert immers dit aanleggen van elektroden en valt bij het puntlassen van aluminiumlegeringen niet te voorkomen. Daarnaast hebben aluminiumlegeringen een oxidehuid die als elektrische isolator

werkt, wat zorgt voor nog een extra warmteontwikkeling. Als gevolg van de opname van aluminium daalt de smelttemperatuur van de koperen elektrode en zal bij de volgende las de opname van aluminium groter zijn. Om de kwaliteit van de puntlasverbinding te garanderen, moeten de elektroden regelmatig geborsteld worden. Het regelmatig reinigen van de elektroden werkt vertragend, waardoor de productiekosten toenemen. De combinatie van de hoge lasstroom met de neiging tot legeren resulteert meestal in een bijzonder korte elektrodelevensduur.

WRIJVINGSPUNTLASSEN

Om tegemoet te komen aan deze nadelen van het weerstandlassen van aluminium, werd een nieuwe variant van het puntlassen ontwikkeld; het

wrijvingspuntlassen. Dit is een zogenaamd solid-state lasproces (*m.a.w. het materiaal blijft in de vaste toestand*), geschikt voor het lassen van laagsmeltende legeringen zoals aluminium en magnesium. Het proces gebruikt een speciale tool voor het tot stand brengen van een plaatverbinding in de overlapconfiguratie. Het resultaat is een puntlasverbinding die tot stand gebracht wordt via wrijvingswarmte en mechanische vervorming.

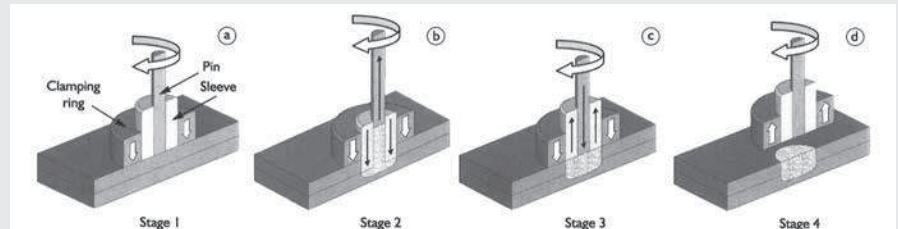
Voordelen

- verbinding zonder materiaalverlies of eindkrater;
- korte lastijd (enkele seconden);
- ecologisch: geen gebruik toevoegmaterialen of beschermgassen en geen uitstoot van lasrook, ir- of uv- of elektromagnetische straling tijdens de lascyclus.

Werkingsprincipe van het wrijvingspuntlassen

Het proces wordt in vier stadia uitgevoerd met behulp van een tool, bestaande uit een pin, een mantel en een klemmingsring. Deze laatste klemt de twee te lassen platen. De mantel en de pin roteren initieel in dezelfde zin (a). De mantel wordt al roterend in het materiaal gedrukt, terwijl de pin teruggetrokken wordt (b). Dit creëert een holte binnen in de mantel. De mantel brengt het materiaal van de platen in een viskeus-plastische toestand, ten gevolge van de wrijving van de mantel t.o.v. de plaat. Het plastische materiaal wordt vervolgens in de holte in de mantel gedrukt. Na het bereiken van een vooraf bepaalde in-

dringingsdiepte van de mantel wordt deze teruggetrokken en duwt de pin het plastische materiaal in de mantel terug in de laszone, zodat deze volledig gevuld wordt (c). Wanneer de pin en de mantel zich weer in hun initiële positie bevinden, wordt de rotatie van de beide stopgezet en wordt de tool in zijn geheel teruggetrokken (d). De belangrijkste parameters van het proces zijn de rotatiesnelheid, de indringdiepte, de lastijd en de kracht op de pin en de mantel. De lastijd bepaalt vooral de warmte-inbreng, terwijl de indringdiepte en de rotatiesnelheid geassocieerd worden met de materiaalstromen in de laszone.



TABEL 1	
ELEMENT	GEW. %
Al	87,1 – 91,4
Cr	0,18 – 0,28
Cu	1,2 – 2,0
Fe	Max. 0,5
Mg	2,1 – 2,9
Mn	Max. 0,3
Si	Max. 0,4
Ti	Max. 0,2
Zn	5,1 – 6,1
Other	Max. 0,15

Typische chemische samenstelling EN AW-7075 T6

LASBAARHEID VAN EN AW-7075 T6 LEGERINGEN IN PLAATVORM

De lasbaarheid van hoogsterkte aluminium EN AW-7075 T6 platen met een dikte van 1,6 mm werd onderzocht. De chemische samenstelling en mechanische eigenschappen van de legering worden weergegeven in tabel 1 en tabel 2. Hiertoe werden de wrijvingspuntlasverbindingen metallografisch bestudeerd en vervolgens onderworpen aan afschuifproeven en koptrekproeven. In beide reeksen werden de lastijd, indringdiepte en rotatiesnelheid gevarieerd volgens een statistische onderzoeksplanning. Een overzicht van de proeven wordt weergegeven in tabel 3.

Metallografisch onderzoek

Een typische dwarsdoorsnede van een wrijvingspuntlasverbinding wordt getoond in de figuur onderaan deze pagina. De zone tussen de twee gestippelde lijnen is ongeveer gelijk aan de buitendiameter van de mantel en duidt de laslens aan. De witte pijl verwijst naar het bindingsligament (bonding ligament length), dat gedefinieerd wordt als de lengte van de binding tussen de twee platen evenwijdig aan het plaatoppervlak. Een detailopname (oranje kader) toont de verschillende microstructurele zones en geometrische defecten. De laslens (SZ) bevindt zich in het midden van de las en wordt gekarakteriseerd door een fijne microstructuur. Naast de laslens bevindt zich de thermomechanisch beïnvloede zone (TMAZ). Deze bestaat uit een vervormde microstructuur, die ontstaat bij een lagere temperatuur en door plastische vervorming. De warmtebeïnvloede zone (HAZ) wordt gekenmerkt door een niet-vervormde microstructuur. De belangrijkste geometrische defecten zijn een onvolle-

TABEL 2			
VLOEIGRENS (MPa)	TREKSTERKTE (MPa)	REKGRENS (%)	SMELTPUNT (°C)
503	572	11	477 – 635

Mechanische eigenschappen van EN AW-7075 T6

TABEL 3			
REEKS 1		REEKS 2	
Lastijd (s)	6 – 8 – 10	Lastijd (s)	7 – 8 – 9
Indringdiepte (mm)	1,6 – 2,0 – 2,4	Indringdiepte (mm)	2,0 – 2,2 – 2,4
Rotatiesnelheid (tpm)	1.000 – 2.000 – 3.000	Rotatiesnelheid (tpm)	1.000 – 2.000 – 3.000

Overzicht van de lasparameters voor beide reeksen

Reeks 1: wrijvingspuntlasverbindingen voor afschuifproeven

Reeks 2: wrijvingspuntlasverbindingen voor koptrekproeven

dige vulling van de las die optreedt wanneer de pin het plastische materiaal terug in de mantel duwt, porositeiten die zich situeren langs het pad waarlangs de mantel de platen indringt, en hooking, dat het gevolg is van de vervorming van het oorspronkelijke scheidingsvlak tussen de twee platen.

Afschuifproeven

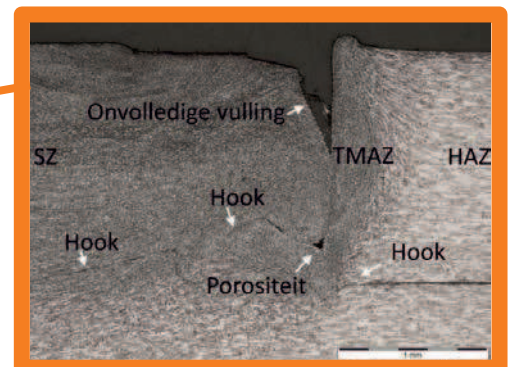
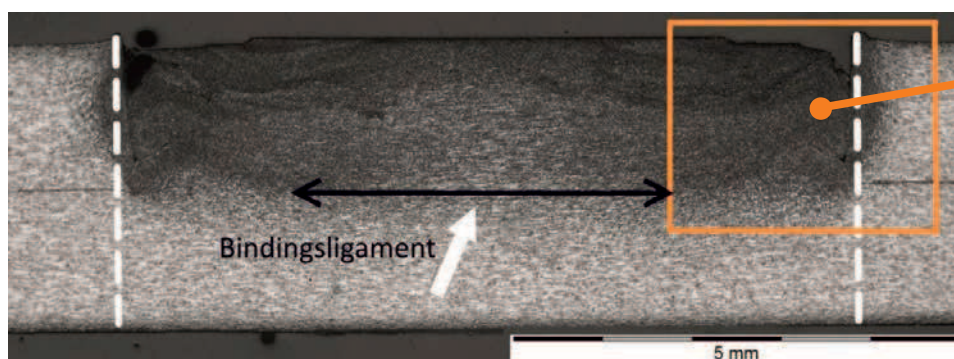
Een eerste reeks van wrijvingspuntlasverbindingen werd onderworpen aan een afschuifproef. Het bereik van de afschuifkrachten varieert van 6,9 tot 8,7 kN. Het onderzoek leverde grafieken op, die het effect illustreren van de lastijd en de rotatiesnelheid op de behaalde afschuifkracht. Hieruit blijkt dat de afschuifkracht verbetert bij een hogere lastijd. Dit kan verklaard worden aan de hand van de microstructuur van de wrijvingspuntlasverbinding, verkregen met verschillende lastijden. Naarmate de lastijd toeneemt, verdwijnt de onvolledige vulling, wat resulteert in een dwarsdoorsnede met minder of geen defecten. Bovendien geldt dat voor lasverbindingen met een langere lastijd de laslens in het centrum een meer fijnkorrelige microstructuur vertoont, die verder reikt dan het grensvlak tussen de twee platen. De meest verfijnde microstructuur bevindt zich aan de uiteinden van de laslens, aangezien de tangentiële snelheid van de pin en de mantel groter is op deze locaties. Deze veranderingen in microstructuur dragen bij tot de verhoging van de afschuifkracht en zijn waarschijnlijk het gevolg van een verhoogde warmte-inbreng, die o.a. veroorzaakt wordt door een stijging van de lastijd. Verder werd aangetoond dat de afschuifkracht verbetert naarmate de rotatiesnelheid daalt. Een lagere rotatiesnelheid leidt tot een laslens met een grotere lengte van het

bindingsligament en een fijnere microstructuur, dat bovendien dieper reikt in de onderste plaat. Deze veranderingen van de microstructuur dragen bij tot de verhoging van de afschuifkracht. Naarmate de rotatiesnelheid stijgt, veranderen de grootte en vorm van de laslens. Aangezien het grensvlak meer gekromd is aan weerszijden van de laslens, wordt de lengte van het bindingsligament korter. Bovendien reikt de laslens minder diep in de onderste plaat en is een verticale zone van grove korrels vlak onder de zone van de pin aanwezig. Dit kan te wijten zijn aan de tangentiële snelheid die nul is op deze locatie, waardoor de kleinste hoeveelheid vermenging optreedt op deze plaats.

Ten slotte is er een verband tussen de behaalde afschuifkrachten, de lasparameters en het faalmechanisme. Lasverbindingen waarvan de las volledig faalt in de onderste plaat, bezitten de hoogste afschuifkracht. Dit is mogelijk te wijten aan het feit dat de laszone in de onderste plaat waarschijnlijk de zwakste is. Dit faalmechanisme treedt voornamelijk op bij lasverbindingen die geproduceerd worden met een grotere indringdiepte, een tragere rotatiesnelheid en een langere lastijd.

Koptrekproeven

Een tweede reeks van wrijvingspuntlasverbindingen werd onderworpen aan een koptrekproef. Het bereik van de behaalde koptrekkrachten varieert van 0,3 tot 2,6 kN. Deze waarden liggen veel lager dan de waarden van de afschuifkrachten, die varieerden van 6,9 tot 8,7 kN. Dit is te wijten aan het feit dat de belasting in een koptrekproef niet de voorkeursbelasting is voor puntlasverbindingen in de overlapconfiguratie. Uit het onderzoek blijkt dat de



lastijd en indringdiepte een lineaire relatie met de behaalde koptrekkracht vertonen. De koptrekkracht verhoogt voor zowel een stijging van de lastijd als de indringdiepte. Dit is waarschijnlijk te wijten aan een verhoogde warmte-inbreng wanneer de lastijd verhoogd wordt. Een lasverbinding geproduceerd met een indringdiepte gelijk aan de dikte van de plaat (1,6 mm) leidt niet tot het doordringen van de pin en de mantel in de onderste plaat. Bijgevolg is er geen sterke verbinding in het grensvlak aanwezig, waardoor de kans op defecten (o.a. porositeiten, gedeeltelijke binding onder de laslens en hookingfenomenen) in het grensvlak tussen de 2 platen groot is en lage afschuifkrachten bekomen worden. Lasverbindingen geproduceerd met een indringdiepte groter dan de dikte van de plaat, leiden tot een verbetering van de koptrekkracht, aangezien in dit geval ook verbinding gemaakt wordt met de onderste plaat. Het effect van de lasparameters op het faalmechanisme tijdens de koptrekproeven kan als volgt worden omschreven. Bij lasverbindingen, geproduceerd met een indringdiepte van 1,6 mm, faalt de las uitsluitend aan het grensvlak. Dit kan verklaard worden wegens de gedeeltelijke binding en microstructurele defecten die in dit geval optreden, zodat het grensvlak optreedt als de zwakste zone in deze belastingrichting. Bij een toename van de indringdiepte verschuift het faalmechanisme

grotendeels van een faling van de las in het grensvlak naar een volledige faling van de las in de bovenste plaat. Echter, voor een stijging van de rotatiesnelheid blijft het falingsmechanisme waarbij de lasverbinding faalt in het grensvlak, dominant.

EFFECT PARAMETERS OP LASKWALITEIT

Het effect van de lasparameters op de microstructuur en krachten kan zo samengevat worden:

- **De invloed van de lastijd:** een stijging hiervan leidt tot een verhoogde warmte-inbreng. Dit leidt tot minder defecten en een diepere laslens met een verfijnde microstructuur, wat resulteert in een verhoging van de afschuif- en koptrekkrachten. Deze lasverbindingen falen doorgaans in de onderste plaat.
- **De invloed van de rotatiesnelheid:** een toename hiervan leidt tot een verhoging van de warmte-inbreng. Hier treedt echter het tegenovergestelde effect op, aangezien in dit geval een kleinere laslens met een kleinere lengte van het bindingsligament en een meer grofkorrelige microstructuur bekomen wordt, die resulteert in een lagere koptrekkracht. Een verlaging van de rotatiesnelheid tot 1.000 rpm resulteert in een diepere laslens met een langere lengte van het bindingsligament en een verfijnde microstructuur. Deze veranderingen van microstructuur

leiden tot een verbetering van de koptrekkracht.

- **De invloed van de indringdiepte:** een indringdiepte gelijk aan de dikte van de bovenste plaat moet vermeden worden, aangezien dit resulteert in gedeeltelijke verbindingen en microstructurele defecten in het grensvlak. De koptrekkracht verlaagt, wat verbeterd wordt door het verhogen van de indringdiepte. Een lasverbinding geproduceerd met een rotatiesnelheid van 1.000 rpm, een lastijd van 8 seconden en een indringdiepte van 2,4 mm vertoont de hoogste koptrekkracht van 2,8 kN en de hoogste afschuifkracht van 10,2 kN en faalt volledig in de onderste plaat. □

Lees dit artikel uitgebreider op metallerie.pmg.be

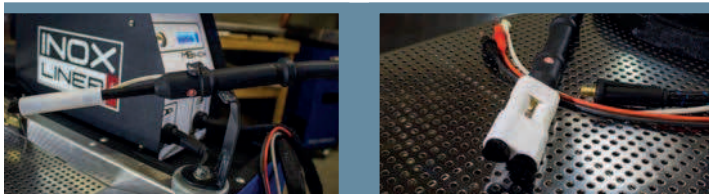
Interesse?

Om de mogelijkheden van dit proces in kaart te brengen en aan de praktijk te toetsen, zal het BIL bij voldoende industriële interesse een praktijkgericht onderzoeksproject opstarten. Het doel is na te gaan wat de mogelijkheden zijn van dit proces wat betreft de lasbaarheid van materialen en de toepasbaarheid. Daarnaast zullen er industriële casestudy's ontwikkeld worden om het potentieel van het proces aan te tonen. Bedrijven die interesse hebben in het proces, kunnen contact opnemen met het Belgisch Instituut voor Lastechniek.

Contact: Koen Faes koen.faes@bilibs.be

Sir
John
i serve

De volgende stap in lasnaadreiniging



Door een automatische pomp wordt het werken met de Inoxliner producten nog efficiënter, sneller en beter.

- Automatisch elektrolyt dosering door één-knops bediening.
- Zuinig in het gebruik, 50% sneller en 60% langere standtijd van de koolstofwast.
- Elektrolyt dosering vanuit de can rechtstreeks op het werkstuk.



Bel voor meer informatie of een demonstratie:

Sir John b.v.
Moordrecht
Tel. 0031 (0182) 36 69 31

info@sir-john.nl
www.sirjohn.nl

MD METAALWERKEN
ROOS DE ROOS



LASERNIJDEN
plaat en buis



PLOOIEN

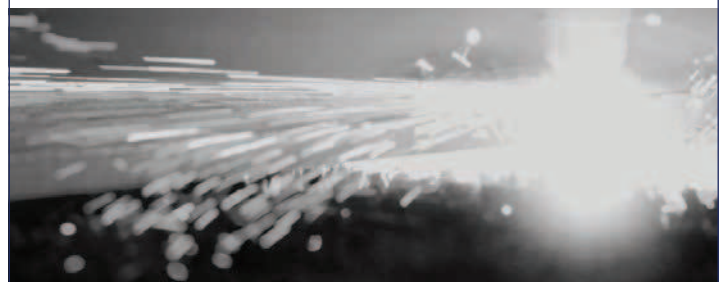


PONSNIBBELEN



LASSEN

VAN TOELEVERING TOT HALFFABRICAAT



Uw opdracht verdient de beste aanpak!

industrieterrein Hoogveld ■ Vriesenrot 6 ■ 9200 Dendermonde
052 21 84 57 ■ info@deroos-metaal.be ■ www.deroos-metaal.be