

Figuur 3: principe van de drie toepassingen van friction stir welding bestudeerd binnen project CASSIR.

Toepassing 1 - a: profielgeometrie; **b:** friction stir lassen van profielen.

hoge productiviteit (doel: lassnelheid van 2 m/min), en hogere mechanische eigenschappen en vermoeiingsweerstand dan bij conventionele lasprocédés.

- Toepassing 2 handelt over friction stir overlappen van 2124-T4/T851 dikke plaat voor luchtvaarttoepassingen. Legering 2124 is een niet-smeltlasbare AlCuMg legering, die onder andere wordt aangewend voor vliegtuigvleugelonderdelen. Hierbij wordt conventioneel uitgegaan van een dikke plaat, waaruit de gewenste vorm gefreesd wordt. Op die manier gaat dus een zeer aanzienlijke hoeveelheid basis-materiaal verloren. Bij deze case is het de bedoeling om met behulp van 2 friction stir overlappen een relatief slanke flens met hoogte 30 mm op te bouwen, om aldus 40-50% materiaal te besparen in vergelijking met het machineren van een massieve blok.
- Toepassing 3 gaat over friction stir

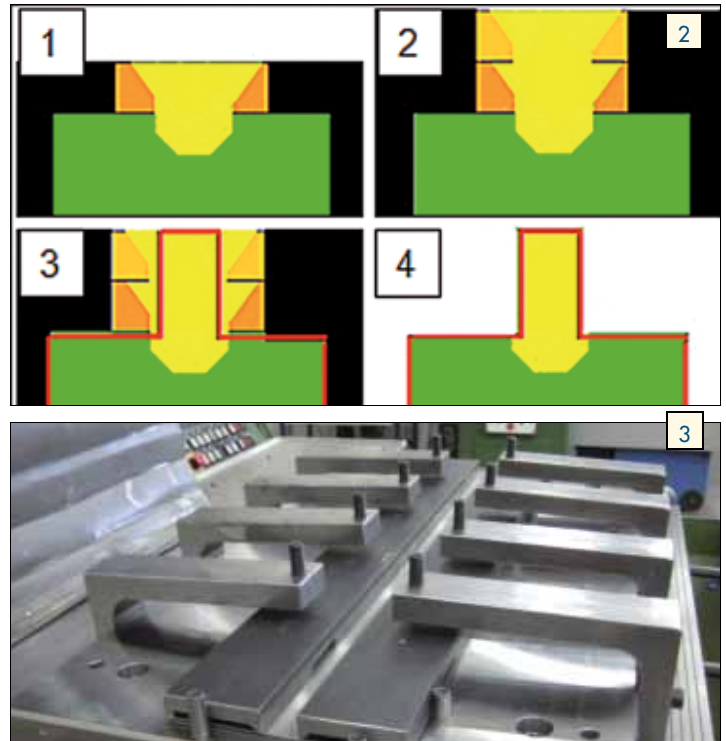
stomplassen van 5754-T111 dunne plaat voor luchtvaart- en automobieltoepassingen. Friction stir welding van plaat met dikte kleiner dan 1 mm is een onderwerp dat tot dusver weinig bestudeerd is, hoewel friction stir welding een krachtige techniek kan zijn om hoogkwalitatieve lasverbindingen te realiseren in dunwandige aluminiumlegeringen. Dit vooral wat betreft niet smeltlasbare legeringen. In dit geval werd uitgegaan van een conventioneel lasbare aluminiumlegering, om enerzijds de praktische mogelijkheid van het proces aan te tonen, en anderzijds een vergelijking mogelijk te maken met smeltlasprocédés.

TOEPASSING 1

Er zijn twee mogelijke manieren om friction stir welding toe te passen:

- verplaatsingsgecontroleerd: de positie van de roterende tool tov een referentie wordt constant

Figuur 4a: specifieke proefopstelling voor toepassing 1: vierpuntsbuiging opstelling (simulatie uniforme verdeelde belasting, zoals bulkgoederen, op een laadvloer) bij BIL



Toepassing 2: met twee overlappen wordt een flens van 30 mm hoogte opgebouwd in niet-smeltbaar materiaal. **Toepassing 3:** experimentele opstelling voor FSW van 0,8 mm 5754-H111 materiaal

- krachtgecontroleerd: de indrukkraft van de roterende tool wordt constant gehouden tijdens het proces.

Beide manieren hebben hun voordelen en toepassingsgebied, maar in de praktijk werd het meeste onderzoek tot dusver verricht in verplaatsingsgecontroleerde modus. Voor het realiseren van meterslange lassen biedt krachtgecontroleerd FSW belangrijke voordelen, aangezien dit minder gevoelig is voor dimensionale veranderingen (bijvoorbeeld door eigenspanningen) langsheen de lengte van het te lassen materiaal. CEWAC heeft in de loop van het project de lasparameters dermate geoptimaliseerd, dat zowel in verplaatsings- als krachtgecontroleerde modus een lassnelheid van 2 m/min kon worden bereikt. Hierbij werd de verticale wand in figuur 3a verdund tot 4 mm (in een streven naar gewichtsbesparing van de structuur),

en werd gelast aan de zijde met een afrondingsstraal van 1 mm. Dit laatste is geen sinecure, aangezien geen extra materiaal kan worden toegevoegd met FSW. Er werd echter voor een relatief grote afrondingsstraal geopteerd, aangezien dit een hogere productiviteit bij het extruderen van de profielen mogelijk maakt. Deze lassen zullen worden onderworpen aan een uitgebreid vermoeiingsonderzoek bij het BIL, hierin geassisteerd door CEWAC. UCL heeft zich, naast de parameter-optimalisatie, vooral gericht op het restspanningsonderzoek door midden van de intern geperfectioneerde "crack compliance" methode. Hierbij genereert UCL experimentele input aan de onderaannemer CENAERO, die instaat voor de modellering van het proces. Op basis van het uitgebreide corrosie-onderzoek door UGent kon worden vastgesteld dat de laszone aanvaardbare corrosie-eigenschappen bezit. Er moet nog worden

Figuur 4b: specifieke proefopstelling voor toepassing 1: dompelproef opstelling (simulatie blootstelling van onderzijde laadvloer aan dooizouten) bij UGent



opgemerkt dat de partners ernaar streven om het onderzoek op maat van de beoogde toepassing te voeren, bijvoorbeeld voor een enkelzijdig friction stir gelaste laadvloer. In dit kader kunnen specifieke proeven, zoals statische en dynamische vierpuntsbuigproeven en dompelproeven, genoemd worden (zie figuur 4). In de tweede helft van 2009 zal als alternatief verbindingsprocédé voor deze case het hybride laserlassen worden bestudeerd, dat zal worden uitgevoerd door Lasercentrum Vlaanderen van VITO. Deze laswerkzaamheden kaderen binnen het Waalse collectieve onderzoeksproject "ARCLASER", dat goedgekeurd werd door DG06 voor de periode midden 2009 tot midden 2011.

TOEPASSING 2

In de tweede helft van 2008 hebben CEWAC en het BIL het onderzoek gestart naar het overlappen van 2124 plaat. Hierbij wordt als volgt te werk gegaan (zie ook figuur 3, toepassing 2):

- een plaat van 17 mm wordt in overlap gelast op een dikke plaat van 44 mm,
- hierna wordt het lasoppervlak vlakgefreesd tot een 'flens' ontstaat van 15 mm hoogte,
- bovenop deze plaat wordt een tweede 17 mm dikke plaat in overlap gelast, zodat (na verder machineren) een flens ontstaat van in totaal 30 mm hoogte.

Aanvankelijk werd gepoogd om het 2124 materiaal in de harde T851 temper te lassen. Het was niet mogelijk om 2124-T851 te lassen aan snelheden hoger dan 5 mm/min: boven deze lassnelheid werd het risico op breuk van de pin te groot. Daarop werd besloten om het basismateriaal in de zachere T4 toestand te brengen, door oplossingsgloeien en natuurlijk verouderen. Hierbij werd het in eerste instantie al mogelijk om de lassnelheid op te drijven tot 60 mm/min (m.a.w. een verhoging met factor 12!) - zie figuur 5 voor een dwarsdoorsnede van de las en microscopische detailopnames. Gezien de betere "friction stir lasbaarheid" in de T4 toestand worden op dit moment tools met verschillende geometrie bestudeerd om de productiviteit verder op te drijven.

De bedoeling is dan om een geschikte warmtebehandeling na het lassen toe te passen, om een optimum in sterkte, breuktaaiheid en corrosieweerstand te bereiken. Het resterende onderzoek zal corrosieonderzoek (met inbegrip van spanningscorrosie) omvatten, alsook breukmechanica en micro-trekproeven. Het modelleren zal zich toespitsen op het voorspellen van vervormingen na het op maat brengen van de flenzen door middel van een finale freesbehandeling. Inzake "milieuvriendelijkheid" zal worden vergeleken met het conventionele

frezen van dergelijke stukken.

TOEPASSING 3

UCL, BIL en UGent hebben een uitgebreid onderzoek uitgevoerd naar FSW van dunne plaat (5754-H111 plaat van 0,8 mm dik), wat doorgaans wordt aangeduid als μ FSW of micro-FSW, een onderwerp waaraan internationaal tot dusver verrassend weinig aandacht werd geschonken. De resultaten op gebied van metallografie, mechanische beproeving en corrosie werden beschreven in een paper, gepresenteerd tijdens het laatste FSW Symposium in Awaji, Japan. Er werd aangetoond dat lasverbindingen met acceptabele productiviteit (tot 1 m/min) kunnen worden gerealiseerd met nietconventionele tools.

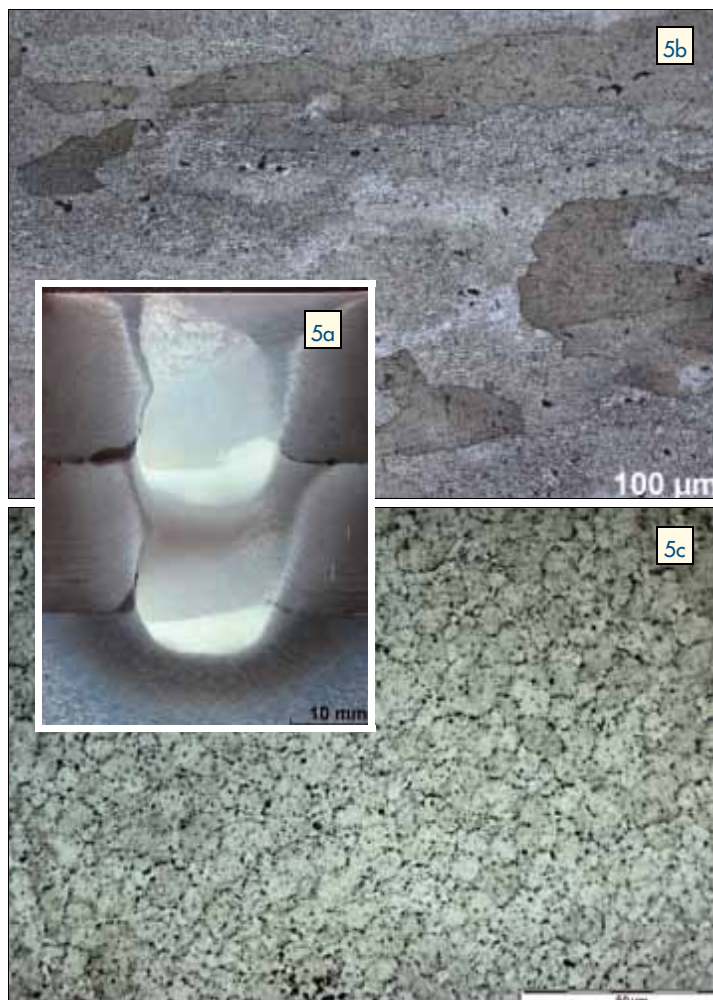
Daarnaast werd geobserveerd dat fenomenen die van ondergeschikt belang zijn bij FSW van materialen met hogere dikte, zoals verdunning door de indruk van de schouder, een significant effect kunnen hebben op de mechanische eigenschappen van dunwandige gelaste verbindingen. Hierna werd dit materiaal door CEWAC onderworpen aan een aantal alternatieve lasprocédés, ter vergelijking met het friction stir welding. UCL heeft de 'crack compliance' methode toegepast voor het restspanningsonderzoek op friction stir gelaste verbindingen, en zal dit eveneens uitvoeren op smeltgelaste verbindingen (TIG, MIG, CMT, laserlassen). Op die manier wordt nagegaan of inderdaad lagere restspanningen optreden bij FSW vergeleken met conventionele(re) lasprocessen.

Inzake lasuitzicht, corrosie-eigenschappen en productiviteit presteert μ FSW beter dan TIG en MIG. Er is echter duidelijk een groot verschil qua productiviteit met het laserlassen (zie figuur 6). Hierbij moet wel opgemerkt worden dat misschien in het huidige geval het laserlassen de geprefereerde techniek blijkt, maar dat dit natuurlijk niet opgaat voor niet-smeltlasbare legeringen.

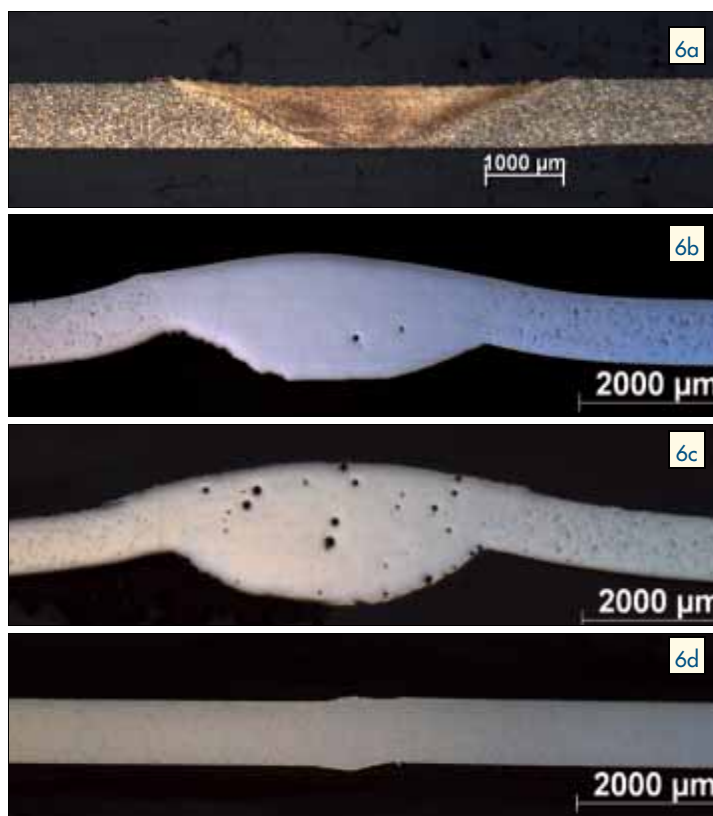
Daarenboven was de rotatiesnelheid van de tool bij UCL begrensd tot 4000 rpm. Hogere rotatiesnelheden laten hoogstwaarschijnlijk hogere lassnelheden toe. Vandaar dat CEWAC en het BIL in het kader van het FEDER project Microsoud, dat de periode 2008-2013 bestrijkt, een μ FSW machine zullen aankopen die rotatiesnelheden hoger dan 4000 rpm kan leveren.

SLOT

Het staat bedrijven nog steeds vrij om kosteloos aan dit voor 100 % gesubsidieerde project deel te nemen, dat eind 2009 ten einde loopt. Er zal door de partners ter afsluiting een studienamiddag georganiseerd worden met presentaties van zowel nationale als internationale onderzoekers en bedrijven. Meer info op aanvraag. □



Figuur 5: metallografie in het kader van toepassing 2. **5a:** macrografie van 2 overlappen in 2124-T4 materiaal, gerealiseerd aan 60 mm/min bij 300 rpm; de benodigde drukkracht is van de orde 60 kN. **5b:** detail van het 2124-T4 basismateriaal. **5c:** detail van het centrum van de las (de zogenaamde nugget), op vijf maal grotere vergroting dan 5b



Figuur 6: metallografische doorsnedes van lassen in 0,8 mm dikke 5754-H111 plaat, gerealiseerd met vier verschillende processen. **6a:** FSW - 1 m/min bij 4000 rpm. **6b:** gepulseerd MIG - 0,96 m/min bij 60 A (5356 toevoegdraad). **6c:** TIG AC - 0,35 m/min bij 69 A (5754 toevoegdraad). **6d:** Nd: YAG laserlassen - 12 m/min bij 3 kW