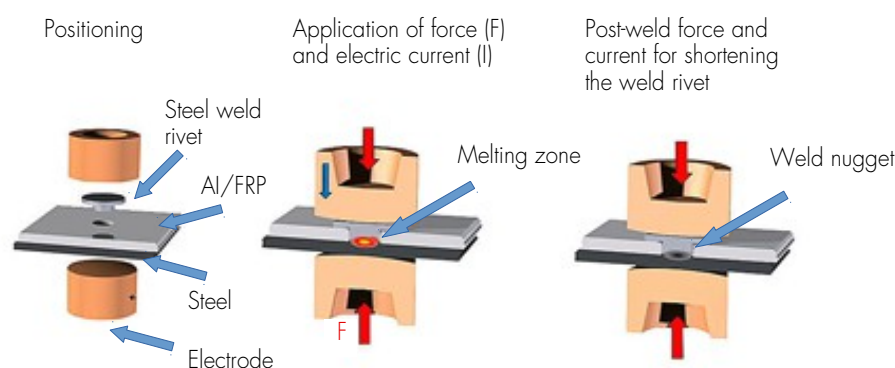


# VERBINDEN VAN ONGELIJKSOORTIGE MATERIALEN

## DRIE ONDERZOEKSPROJECTEN GEFOCUST OP VERBINDEN VAN MULTIMATERIALEN

Conventionele thermische verbindingstechnieken bereiken snel hun technische grenzen, wanneer multimateriaalverbindingen vereist zijn. Verschillende combinaties van materialen en diktes maken het robuust verbinden alsmaar complexer. Om tegemoet te komen aan de huidige noden op het vlak van het verbinden van ongelijksoortige materialen, heeft het BIL een drietal onderzoeksprojecten opgestart die focussen op dergelijke verbindingen.

Door Dr. Ir. Koen Faes en Ir. Irene Kwee – Belgisch Instituut voor Lastechniek



**Figuur 1:** weerstandselementlassen (bron: Laboratory of Materials and Joining Technology, Universiteit Paderborn)

### INLEIDING

Het combineren van klassieke materialen (constructiestaal, aluminium) met andere klassieke (roestvast staal) of zelfs nieuwe materialen (composieten, hogesterkstalen) biedt ontwerpers oplossingen, waar een ontwerp uit één materiaal faalt. Een multimateriaalontwerp benut voor elke deelstructuur een materiaal met optimale materiaaleigenschappen. Het kostenefficiënt realiseren van lichtgewicht constructies in de industrie berust op de beschikbaarheid van geschikte verbindingstechnologieën met hoge procesbetrouwbaarheid voor multimateriaalcombinaties. Daarom speelt verbindingstechnologie een belangrijke rol in het realiseren van dit soort producten. De systematische ontwikkeling van verbindingsmethoden is noodzakelijk om de metallurgische en thermische incompatibiliteit op te lossen, zoals het geval is voor combinaties als staal-aluminium of metaalvezelversterkte composieten.

### PROJECT INNOJOIN

In het Europese Cornet-project 'INNOJOIN' wordt het thermisch verbinden van ongelijksoortige plaatmaterialen bestudeerd. Recent zijn er ontwikkelingen gebeurd voor een aantal thermische lasprocessen, die het mogelijk maken om ongelijksoortige metaalcombinaties te lassen, met technieken die relatief weinig investeringen vragen en makkelijk in een bestaand productieproces kunnen worden geïmplementeerd.

#### Weerstandselementlassen

Conventioneel weerstandlassen is nog steeds een van de meest gebruikte verbindingstechnieken in de automobiellindustrie. Weerstandspuntlassen is kostenefficiënt en biedt een hoog niveau van procesbetrouwbaarheid. De Universiteit van Paderborn (LVWF) heeft het toepassingsgebied van dit proces echter uitgebreid voor het verbinden van staal en aluminiumlegeringen. Het zogenaamde weerstandselementlassen, zoals

schematisch geïllustreerd in **figuur 1**, maakt gebruik van een toevoegmateriaal, de lasniet genaamd. Bij het lassen van aluminium aan staal wordt de stalen lasniet geplaatst in een perforatie in de aluminium plaat. De lasniet wordt gelast aan de stalen plaat, die onder de aluminium plaat gepositioneerd wordt.

Het gat in de bovenste plaat kan gerealiseerd worden via het ponsen. Deze techniek is bijzonder geschikt voor aluminium, maar deze methode kan schade toebrengen aan de structuur van een vezelversterkte kunststof (bijvoorbeeld delaminatie).

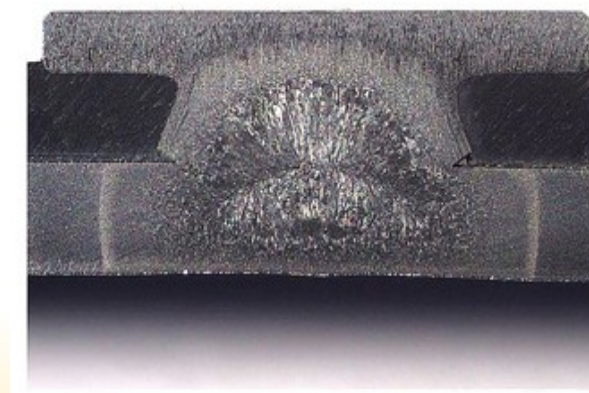
Na het ponsen wordt de lasniet geplaatst in het gat. Vervolgens worden de elektroden van het lastoestel enerzijds op de lasniet geplaatst, en anderzijds op de basisplaat.

De warmte, gegenereerd door de elektrische stroomdoorgang, creëert een lasniet in de contactzone tussen de lasniet en de basisplaat. Door toename van de kracht op de elektrode wordt de lasniet in axiale richting samengedrukt, wat resulteert in een sterke verbinding tussen het hoofd van de lasniet en de bovenste plaat. **Figuur 2** toont een voorbeeld van het weerstandselementlassen van staal aan aluminium.

#### Wrijvingselementlassen

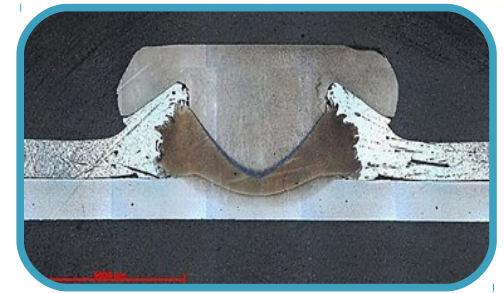
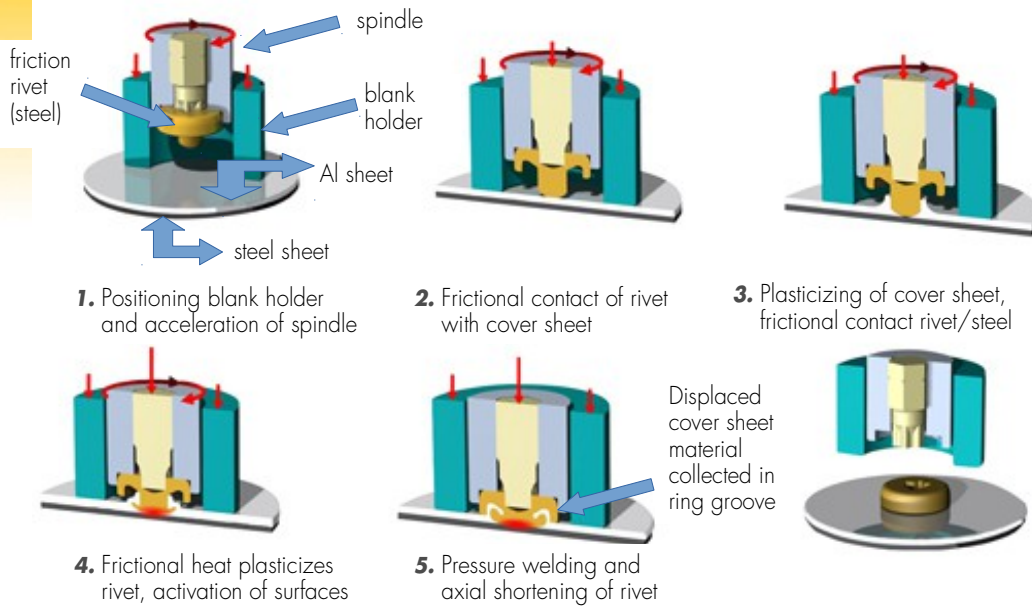
Het zogenaamde wrijvingselementlassen vertegenwoordigt een uitstekend alternatief voor het verbinden van verschillende materialen. Net zoals het voorgaande proces, combineert het wrijvingselementlassen mechanische en thermische verbindingprocessen en is het bijzonder geschikt voor multimateriaalverbindingen, bestaand uit aluminium en staalsoorten.

Analoog met de vorige lastechniek wordt dit hulpwerkstuk gelast via wrijving aan een andere plaat (door de bovenste plaat). Echter, in tegenstelling tot het weerstandselementlassen en afhankelijk van de materiaalkeuze, kan de verbinding verwezenlijkt worden zonder voorafgaand ponsen van de bovenste plaat.



**Figuur 2:** weerstandselementlassen van staal aan aluminium (bron: Laboratory of Materials and Joining Technology, Universiteit Paderborn)

S235  
EN AW-6016  
(1,5 mm)  
22 MnB5  
(2,0 mm)



**Figuur 3 en 4:** wrijvings-elementlassen (bron: Laboratory of Materials and Joining Technology, Universiteit Paderborn en EJOWELD-project)

**Figuur 3** toont het werkingsprincipe zonder voorafgaand ponsen. Diverse materiaalcombinaties zijn mogelijk, aangezien het wrijvingslasproces toelaat om een brede waaier van ongelijksoortige materialen te verbinden. De wrijvingsfase begint met het contact van het laserelement en de bodemplaat, en neemt het grootste deel van de procestijd in beslag. De combinatie van de wrijvingswarmte tussen het element en de bodemplaat, en de hoge axiale krachten veroorzaken de vorming van karakteristieke lasbramen rond het wrijvings-element, dat gepaard gaat met het verkorten van het element. Nadat een bepaalde verkorting of lastijd bereikt is, wordt het roterende wrijvings-element afgeremd, tot stilstand gebracht, en wordt er een hogere axiale sneedkracht aangebracht. Het wrijvings-element wordt verder samengedrukt en resulteert niet alleen in een sterke verbinding tussen het element en de bodemplaat, maar eveneens tussen het element en de bovenste plaat (vormverbinding). **Figuur 4** illustreert een verbinding bekomen met behulp van het wrijvings-elementlassen.

**Elektromagnetisch pulslassen van plaatmateriaal**

Het elektromagnetisch pulslassen is een nieuw en innovatief verbindingsproces. De lastechniek maakt gebruik van elektromagnetische krachten om werkstukken te vervormen en te lassen. Dit procedé bezit de mogelijkheid om verbindingen te realiseren tussen sterk verschillende metalen en legeringen, die met de conventionele smeltlasprocedures moeilijk te verbinden zijn. Het is een automatische lastechniek, die gebruikt kan worden voor het verbinden van buisvormige of plaatvormige werkstukken in de overlapconfiguratie. Magnetisch pulslassen behoort tot de groep van de druklasprocessen. Bij deze lasprocessen kan een metaalbinding verwezenlijkt worden tussen twee oppervlakken door ze tegen elkaar te drukken. Magnetisch pulslassen is een druklasproces waarbij de vervorming gebeurt met een zeer hoge snelheid, net zoals bij het explosielassen. De explosieve kracht wordt echter gegenereerd op een veilige manier, namelijk via een inductiespoel. De magnetische drukkrachten worden opgewekt door het ontladen van een grote

hoeveelheid elektrische energie door de spoel gedurende een zeer korte tijdspanne (puls). Via het magnetisch pulslassen is het mogelijk om buis- en plaatmateriaal te lassen, afhankelijk van de spoel die gebruikt wordt. **Figuur 8** illustreert een voorbeeld van het elektromagnetisch pulslassen van aluminium aan koperplaatmateriaal.

**Ultrasoon lassen**

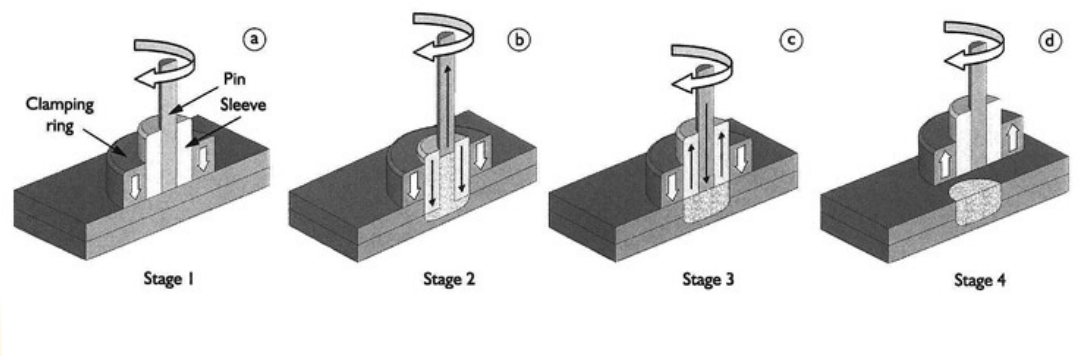
Ultrasoon lassen is een 'solid state'-lasproces waarbij een verbinding verwezenlijkt wordt door de lokale afgifte van hoogfrequente trillingsenergie. De werkstukken worden samengehouden door een vrij lage statische kracht. De tip van de sonotrode staat in rechtstreeks contact met een van de te lassen stukken. Het andere werkstuk is vastgemaakt aan het aambeeld, zodat dit niet kan bewegen tijdens het lassen. Het systeem stuurt kleine, lineaire, cyclische bewegingen naar de tip van de sonotrode (**figuur 9**), de zogenaamde ultrasonische vibraties. Deze vibraties zorgen ervoor dat het gekartelde patroon van de sonotrode in het bovenste werkstuk gedreven wordt, waardoor de ultrasonische energie effectief kan worden overgedragen naar de

lasinterface. Bijgevolg zullen de sonotrode en het bovenste werkstuk met dezelfde fase en amplitude vibreren. Door deze vibraties ontstaat er wrijvingswarmte tussen de te lassen materialen. Dit zorgt ervoor dat de materialen plastisch worden, waardoor de bovenste component zich eenvoudig kan binden met de onderste component. Om deze reden ontstaat er een verbinding op de plaats waar de tip van de sonotrode aangrijpt. Bij metalen bestaat het proces in het algemeen uit twee fasen: eerst worden de oxidelagen van de metaaloppervlakken verwijderd, zodat er een direct contact verkregen wordt tussen de metalen delen. Vervolgens kunnen de atomen zich binden in de contactzone. Ultrasoon lassen kan uitgevoerd worden op een grote verscheidenheid van metalen en kunststoffen. De belangrijkste varianten zijn het ultrasoon puntlassen en het rolnaadlassen. Bij het ultrasoon puntlassen wordt er meestal gebruik gemaakt van een systeem met een laterale sonotrode. Als er een buigmoment toegepast wordt op deze sonotrode, zal er een statische kracht ontstaan op de werkstukken, waardoor die vastgeklemd worden.

**FRICTIONSPOTLASSEN**

**Figuur 5** toont het werkingsprincipe van het frictionspotlassen, waarbij een huls (sleeve) geroteerd wordt. De huls penetreert de bovenste plaat en gedeeltelijk de bodemplaat. Hierbij wordt het materiaal plastisch gemaakt, waarna het terechtkomt in de ruimte binnen in de huls. Hierdoor beweegt de pin naar boven. Bij een voldoende penetratiediepte wordt de roterende huls teruggetrokken en duwt de pin het plastische materiaal in de laszone om de verbinding te creëren.

**Figuur 7** illustreert een verbinding van aluminium aan staal, verkregen door het frictionspotlassen.



**Figuur 5:** frictionspotlassen (bron: Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Duitsland)

Door deze vastklemming staat de tip van de sonotrode in contact met het bovenste laswerkstuk.

**Figuur 10** toont een voorbeeld van een ultrasonische puntlas van aluminium aan aluminium.

Bij het rolnaadlassen gebruikt men een cilindervormige sonotrode die al rollend over het materiaal voortbeweegt.

Het grote verschil ten opzichte van het ultrasoon puntlassen is dat de sonotrode kan voortbeweegen.

Hierdoor wordt er niet in één punt gelast, maar in een lange naad.

### Doel InnoJoin

Naast de voorgaand beschreven lastechnieken komen ook het frictionstirlassen, het laserlassen en het weerstandlassen met processtapen aan bod. Al deze technologieën zullen gevalideerd worden voor een drietal materiaalcombinaties.

De processen zullen op een gestructureerde manier onderzocht worden voor een aantal representatieve industriële materiaalcombinaties en producten, samen met het onderzoek van de voor- en nadelen van de technieken. Zo zal er systematische en betrouwbare kennis gegenereerd worden betreffende de toepasbaarheid van deze veelbelovende processen voor industriële toepassingen.

Het InnoJoin-project omvat een brede waaier van lastechnologieën, aangeleverd door het consortium BIL, KU Leuven - Campus De Nayer, CEWAC, SLV (Halle, Duitsland), en LWF (Paderborn, Duitsland), evenals een brede waaier van materialen,

zodat er innovatieve oplossingen voor industriële toepassingen verwacht kunnen worden. De partners zullen ook hun specifieke kennis en ervaring aanwenden betreffende destructieve en niet-destructieve beproevingsmethoden, voor het genereren van vergelijkbare, relevante en correcte resultaten.

### PROJECT MECHJOIN

Het project 'MECHJOIN' handelt over het mechanisch verbinden van materialen met een beperkte ductiliteit. Geavanceerde lichtgewicht materialen, zoals hogesterktealuminium- en magnesiumlegeringen, worden gebruikt in een steeds groter wordende waaier van toepassingen in de transportsector, de machine- en apparatenbouw, en in metaalproducten.

In tegenstelling tot staal is het thermisch lassen van deze materialen problematisch, aangezien zowel de statische als de vermoeiingsweerstand van de verbindingen alsook van het basismateriaal aangetast wordt. Aldus is er een behoefte aan meer geschikte verbindingstechnieken met een lage warmte-inbreng om deze materialen op een kwaliteitsvolle manier te verbinden.

De nadruk in dit onderzoek ligt op de toepassing van twee van de meest belangrijke mechanische en dus 'koude' verbindingstechnieken, namelijk clinchen en zelfpensend rivetieren, voor hogesterkte



**Figuur 9:** sonotrode bij het ultrasoon puntlassen (bron: Belgisch Instituut voor Lastechniek)

lichtgewicht materialen.

**Figuren 11** en **12** illustreren verbindingen, bekomen door respectievelijk het clinchen en het zelfpensend klinken. In het onderzoek zullen ook heterogene verbindingen bestudeerd worden, zoals lichtgewicht materialen in combinatie met bv. staal. Het belangrijkste probleem is dat de hoogsterkte materialen een beperkte ductiliteit bezitten, terwijl deze processen plaatselijk zeer grote plastische rekken veroorzaken. Derhalve gaat het verbinden van deze materialen gewoonlijk gepaard met scheuren die geïntroduceerd worden tijdens het verbindingproces. Voor het mechanisch verbinden van deze lichtgewicht hogesterktematerialen zijn complexe breukmechanische onderzoeken van het breukgedrag

nodig, ten gevolge van hun beperkte ductiliteit. Meer bepaald moet de invloed van de geïntroduceerde scheuren tijdens het verbindingproces op de finale eigenschappen van de verbinding onderzocht worden.

### Onderzoekers

Dit project zal gerealiseerd worden als een samenwerking tussen het BIL, KU Leuven - Campus Gent (voorheen KaHo Sint-Lieven), Fraunhofer Institute for Machine Tools and Forming Technology (Chemnitz, Duitsland), Technische Universiteit in Dresden (Duitsland) en EFB (Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung, Hannover, Duitsland).

### PROJECT METALMORPHOSIS

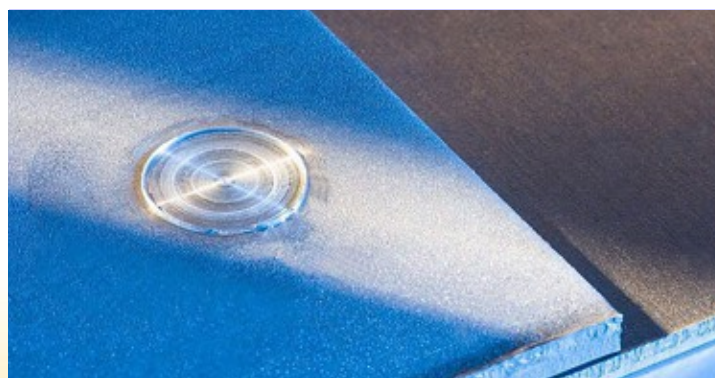
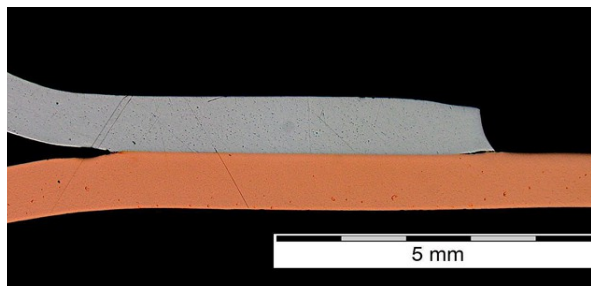
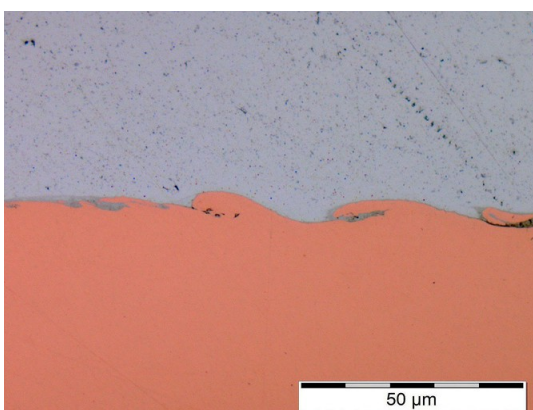
Het Europese 7de kaderproject 'MetalMorphosis' focust op het realiseren van nieuwe hybride metaal-composietcomponenten voor de automobiellindustrie, via de elektromagnetische pulstechnologie.

De nood aan nieuwe hybride metaal-composietcomponenten voor de automobiellindustrie brengt grote uitdagingen met zich mee betreffende verbindingen tussen verschillende materiaaltypes. Dit is de drijfveer achter het MetalMorphosis onderzoeksproject, momenteel lopende aan het BIL in samenwerking met acht Europese partners.

De globale doelstelling van het MetalMorphosis-project is het ontwikkelen van een reeks nieuwe hybride metaal-composietcomponenten voor de automobiellindustrie, via de innovatieve elektromagnetische pulstechnologie. Deze technologie kan gebruikt worden voor het verbinden van ongelijksoortige metalen. In dit project zal het toepassingsgebied uitgebreid worden naar het verbinden van composieten met metalen.

In het MetalMorphosis-project wordt er gebruikgemaakt van twee varianten van de elektromagnetische pulstechnologie, namelijk het

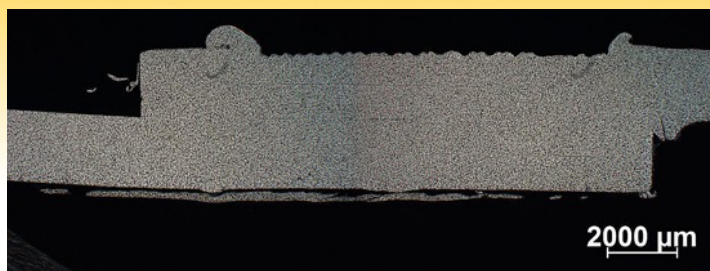
**Figuur 8:** elektromagnetisch pulslassen van aluminium aan koperplaatmateriaal (bron: Belgisch Instituut voor Lastechniek)



**Figuur 7:** frictionspotlassen van aluminium aan staal (bron: Riftec GmbH, Duitsland)



**Figuur 6:** frictionspotlasmachine



**Figuur 10:** ultrasone puntlas van alu aan alu (bron: Riffec GmbH, Duitsland)



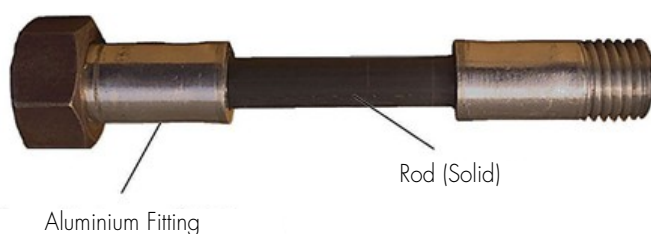
**Figuur 12:** zelfponsend klinken (bron: Henrob innovative joining solutions)

elektromagnetisch pulskrimpen en het elektromagnetisch pulslasen. Verbindingen, gerealiseerd door middel van het elektromagnetisch pulskrimpen, kunnen onderverdeeld worden in twee categorieën volgens het overheersende verbindingsmechanisme, namelijk verbindingen via interferentie of vorm.

Verbindingen op basis van interferentie worden vervaardigd door de plastische vervorming van het ene werkstuk en de elastische

vervorming van het andere werkstuk. Hierdoor worden er wrijvings- en interferentiespanningen tussen beide werkstukken gegenereerd.

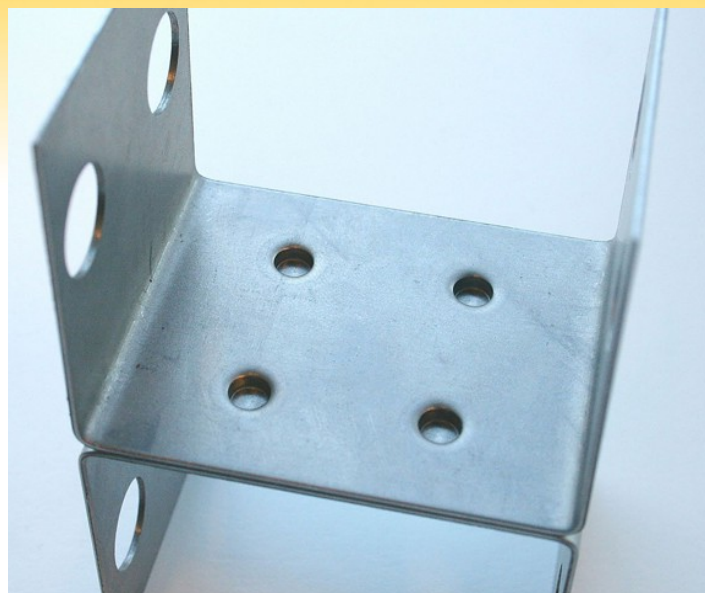
Daarentegen komen er verbindingen op basis van de vorm tot stand door het vervormen van het ene werkstuk in een uitsparing (bijvoorbeeld een groef) van het andere werkstuk. Op deze manier is de verbinding bestand tegen externe krachten (cfr. mechanische interlock).



**Figuur 14:** verbinding tussen een aluhulpstuk en een composietstaaf (bron: Poynting GmbH, Duitsland)



**Figuur 13:** verbinding tussen een composietstaaf en een alubuis (bron: Belgisch Instituut voor Lastechniek)



**Figuur 11:** clinchverbinding (bron: Tetra-Project: clinchen als interessant alternatief voor puntlassen)

**Figuur 13** toont een voorbeeld van een verbinding op basis van de vorm, waarbij er een composietstaaf in een aluminium buis ingesloten is. Voor verbindingen op basis van zowel de interferentie als de vorm zullen er tijdens het MetalMorphosis-onderzoeksproject verscheidene innovatieve ontwerpconcepten ontwikkeld worden.

**Figuur 14** illustreert een dergelijke verbinding tussen een aluminium hulpstuk en een composietstaaf.

#### Onderzoekers

Het gespecialiseerde en multidisciplinaire consortium bestaat uit negen Europese partners, namelijk: Belgisch Instituut voor Lastechniek (België), Tenneco (België), Poynting (Duitsland), Centimfe (Portugal), Toolpresse (Portugal), Cidaut (Spanje), Ideko (Spanje), Stam (Italië) en Regeneracija (Slovenië).

Deze drie recente onderzoeksprojecten beogen het ontwikkelen van innovatieve verbindings technieken en producten via diverse technieken.

Hiermee kan er een reeks nieuwe hybride componenten geproduceerd worden, die inspelen op de huidige trend naar lichtgewicht materialen in diverse sectoren.

#### OPROEP TOT DEELNAME AAN DEZE ONDERZOEKSPROJECTEN

Uit het voorgaande mag duidelijk worden dat ontwikkelingen in het lasgebeuren nieuwe mogelijkheden bieden voor de realisatie van kwaliteitsvolle ongelijksoortige verbindingen. De keuze van de meest geschikte techniek is afhankelijk van de toepassing, de seriegrootte en de aard van de verbinding (puntlas, overlap of stomplas).

Momenteel is er weinig objectieve kennis beschikbaar omtrent de technische haalbaarheid van het gebruik van deze processen voor bepaalde materiaalcombinaties of producten, noch over de eventuele verhoging van de productiviteit of over de te behalen laskwaliteit, en dus over het economische voordeel dat de inzet van deze innovatieve processen voor de industrie kan betekenen. Deze projecten zullen inzichten verschaffen in deze moderne verbindingstechnologieën voor het verbinden van ongelijksoortige materialen en zullen bedrijven in staat stellen om de geschikte verbindingstechnologie voor hun product te identificeren. Op basis van toegepast onderzoek zullen de verbindingstechnologieën objectief onderzocht worden, zodat men een onderbouwde keuze kan maken over het al dan niet implementeren van een heterogene materiaalverbinding. Tijdens deze projecten worden er ook een aantal representatieve cases uitgewerkt, op basis van de inbreng van de deelnemende bedrijven. Indien u interesse heeft in deze onderzoeksprojecten, kunt u contact opnemen met:

- Koen Faes (09/292.14.00)  
[Koen.Faes@bil-ibs.be](mailto:Koen.Faes@bil-ibs.be)



#### MEER INFO?

**Belgisch Instituut voor Lastechniek vzw**

Technologiepark 935  
9052 Zwijnaarde  
Tel.: +32 (0) 9/292.14.00  
Fax: +32 (0) 9/292.14.01  
[www.bil-ibs.be](http://www.bil-ibs.be)  
[info@bil-ibs.be](mailto:info@bil-ibs.be)



Joining your future.

Belgisch Instituut voor Lastechniek vzw