

Magnetisch pulslassen

Industriële toepassingen

Magnetisch pulsvormen, opkrimpen en lassen zijn gebaseerd op het gebruik van elektromagnetische krachten om werkstukken te vervormen of te lassen. Deze elektromagnetische vervorm- en lastechnieken vertonen opmerkelijke voordelen ten opzichte van de conventionele lasprocessen. De mogelijkheden van de technologie worden geïllustreerd met een aantal toepassingen.

Het basisprincipe van de elektromagnetische pulstechnologie wordt verduidelijkt in figuur 1. Over de te vervormen of te verbinden buisvormige werkstukken wordt een spoel geplaatst. In deze spoel wordt tijdens de operatie in een zeer korte tijd een zeer grote hoeveelheid elektrische energie vrijgegeven. Sommige systemen kunnen maar liefst twee miljoen ampères ontladen in slechts vijftig μs . De hoge stroomontlading induceert wervelstromen in het uitwendige werkstuk, de zogenaamde eddy currents. Beide stromen wekken magnetische velden op die

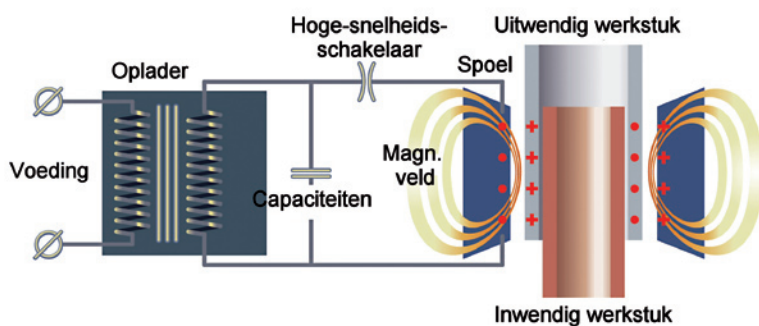
Magnetisch pulslassen

Bij oordeelkundige keuze van de parameters wordt een metaalbinding tussen het uitwendige en het inwendige werkstuk gecreëerd. In dit geval worden oppervlakteverontreinigingen verwijderd door de botsing van de twee materialen en ontstaat zo een zuiver metaalcontact. De atomen van de materialen worden met een zodanige kracht tegen elkaar gestuwd dat hun natuurlijke afstotingskrachten overwonnen worden en een stabiele evenwichtstoestand en een metaalbinding verkregen worden [2,3]. Het principe van het magnetisch pulslassen is gelijk aan dat van het explosielassen, maar de explosieve kracht wordt gegenereerd op een gecontroleerde en dus veilige manier: door elektromagnetische krachten die worden opgewekt door een spoel. Beschermgassen, toevoegmaterialen of andere hulpmaterialen zijn niet nodig.

Koud lasproces

Het magnetisch pulslassen is een koud lasproces. Omdat de warmte-ontwikkeling zeer beperkt is, wordt er geen warmtebeïnvloede zone gecreëerd en verliest het materiaal zijn eigenschappen niet. De

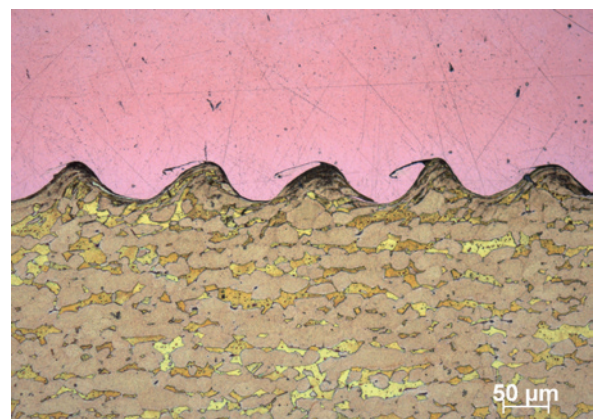
Magnetisch puls lassysteem



Figuur 1 - Principe van het magnetisch pulskrimpen en lassen [1]

elkaar afstoten. Dit ontwikkelt een kracht die het uitwendige werkstuk met grote snelheid comprimeert, waardoor het botst met het inwendige werkstuk. De snelheid waarmee dit gebeurt, kan oplopen tot meer dan 300 m/s.

De belangrijkste vereiste voor het gebruik van het proces is dat het werkstuk goed elektrisch geleidt. De efficiëntie van de conversie van elektrische naar mechanische energie is functie van de elektrische geleidbaarheid van het werkstuk. Materialen met een lage elektrische geleidbaarheid hebben veel meer energie nodig om te vervormen.



Figuur 2 - Verbinding van koper aan messing [4]

en krimpen

beperkte en zeer plaatselijke warmtegeneratie tijdens de lascyclus maakt het mogelijk om materialen te verbinden met een sterk verschillend smeltpunt. Zo kan bijvoorbeeld aluminium aan koper worden gelast, of aan titaan, staal of brons. Het macrobeeld van de lasdoorsnede vertoont veel overeenkomsten met dat van een explosiegelaste verbinding. Zie figuur 2 voor een lasdoorsnede van koper aan messing [4].

Toepassingen

Het magnetisch pulslasproces kan worden gebruikt voor het verbinden van buisvormige producten in de overlapconfiguratie. Het proces biedt vooral interessante mogelijkheden voor het verbinden van moeilijk conventioneel lasbare materiaalcombinaties. De eerste ontwikkelingen betroffen buisverbindingen in de materiaalcombinaties aluminium-staal, aluminium-koper en aluminium-aluminium, en koper-staal en koper-koper. Tot op heden is nog maar een klein aantal materiaalcombinaties onderzocht.

Het lasproces leent zich vooral voor het lassen van onderdelen uit de automobiellindustrie, lucht- en ruimtevaart en de koel- en aircosector. Denk maar aan componenten van aircotoestellen, waarvoor koperen buizen aan flenzen in roestvast staal moeten worden gelast. De verbindingen worden meestal gesoldeerd. Andere mogelijke toepassingen zijn drukvaten voor aircosystemen in personenwagens, brandstoffilters of bevestigingen van deksels voor oliefilters.

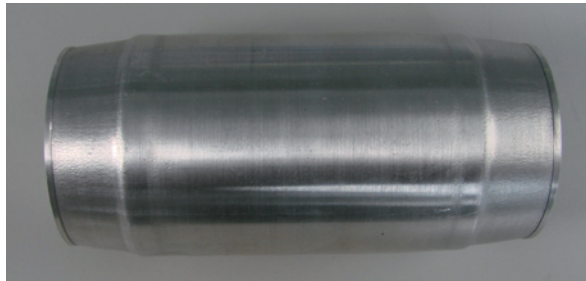
Een beperking blijft echter dat het magnetisch pulslasproces enkel toegepast kan worden voor materialen die goed elektrisch geleidend en goed vervormbaar zijn, zoals aluminium en koper. Het lassen van buizen in koolstofstaal vereist meer energie wegens de hogere sterkte. Roestvaste staalsoorten zijn moeilijk lasbaar door de lagere elektrische geleidbaarheid.

Figuur 3 toont een elektromagnetisch gepulslaste aandrijfjas, die bestaat uit een aluminium buis en een stalen uiteinde van een universeel verbindingstuk. Voorbeelden hiervan vinden we onder meer in kleine tractoren en toepassingen in de automobiellindustrie.

Figuur 4 toont een gelast drukvat, gemaakt van een aluminium buis en twee aluminium eindstukken. De



Figuur 3 - Gepulslaste aandrijfjas [5]



Figuur 4 - Gepulslast drukvat voor aircosystemen [5]

lassen in dit drukvat zijn heliumdicht en zijn bestand tegen de hoge drukken van aircosystemen.

Onderzoeksproject

Het Belgisch Instituut voor Lastechniek heeft recent een onderzoeksproject opgestart om de voordelen van het magnetisch pulslassen aan te tonen voor de industrie [4], in navolging van het onderzoek over het magnetisch pulsvormen. Momenteel is er weinig objectieve kennis beschikbaar over de technische haalbaarheid van het proces voor industriële toepassingen, noch over de eventuele verhoging van de productiviteit of over de laskwaliteit, en dus over het economisch voordeel dat de inzet van dit innovatieve lasproces voor de industrie kan betekenen. Samen met het Centre d'Etudes wallon de l'assemblage et du controle des matériaux (CEWAC) in het Belgische Luik, onderzoekt het onderzoekscentrum van het BIL deze zeer innovatieve lastechniek. Door deelname krijgen bedrijven op korte termijn inzicht in de mogelijkheden van dit nieuwe lasproces. Een aantal bedrijven, actief in diverse sectoren, is vooral geïnteresseerd in materiaalcombinaties als koper-aluminium, aluminium-staal en koper-roestvast staal. De haalbaarheid van de techniek voor de toepassingen van de deelnemende bedrijven wordt onderzocht.

Figuur 5 - Elektromagnetisch gekrompen torsie-as



Figuur 6 - Gekrompen stalen koppelingen op rubberen slangen [6]



Figuur 7 - Krimpverbinding in een bevestigingsstuk van een zijvleugel op een vrachtwagen [6]



Figuur 8 - Onderdeel voor de automobiellindustrie, vervaardigd via magnetisch pulskrimpen [8]



Figuur 9 - Magnetisch pulskrompen aandrijf-as [7]



Magnetisch pulskrimpen

Krimpen is een mechanische verbindingstechniek die vaak gebruikt wordt in allerlei industriële toepassingen. De magnetische pulskrimpverbindingen worden verkregen via plastische vervorming, zonder dat er een metallurgische binding ontstaat. Het proces is geschikt voor het uitvoeren van krimpverbindingen van cilindrische, elliptische en rechthoekige werkstukken. Elektromagnetisch krimpen leidt tot een hoge en uniform verdeelde druk. De elektrische weerstand van deze verbindingen is 50 procent lager dan deze bij mechanische krimpverbindingen [6].

Figuur 5 toont een elektromagnetisch gekrimpte torsie-as met een chemisch aangebrachte zwarte afwerkingslaag. De mechanische verbinding tussen de stalen buis en het stalen koppelstuk kan zowel torsiemomenten als axiale krachten overbrengen. De zwarte afwerkingslaag werd vóór het krimpen aangebracht. Elektromagnetisch pulskrimpen is de meest kostenefficiënte productiemethode voor het vervaardigen van dergelijke stukken. Een ander voorbeeld is het opkrimpen van stalen koppelingen op rubberen slangen (figuur 6).

Het gebruik van het elektromagnetisch pulskrimpproces is niet beperkt tot non-ferrolegeringen; ook hogere sterkte staalsoorten kunnen worden verbonden met het proces. Figuur 7 toont een krimpverbinding in een bevestigingsonderdeel voor zijvleugels van vrachtwagens (in het koolstofstaal S355, diameter 50 mm, wanddikte 3 mm).

Het proces kan ook worden gebruikt voor de productie van lichtgewicht onderdelen voor de transportsector, zoals zetels voor auto's of vliegtuigen. Onderdelen die bestemd zijn voor de automobiellindustrie worden getoond in de figuren 8 en 9.

Onderzoek

Een Europees onderzoeksproject dat binnenkort van start gaat, is het maken van krimpverbindingen via de magnetisch pulstechnologie. Magnetisch pulskrimpen biedt immers voordelen ten opzichte van het magnetisch pulslassen, zowel technisch als economisch. Tussen beide processen worden de volgende verschillen vastgesteld:

- Magnetisch pulslassen vereist werkstukken met een goede elektrische geleidbaarheid en een goede vervormbaarheid, zoals koper en aluminium. Daarentegen kan magnetisch pulskrimpen ook toegepast worden voor materialen met een lagere vervormbaarheid of een lage elektrische geleidbaarheid, zoals roestvaste staalsoorten.
- De kwaliteit van magnetische pulslasverbindingen is veel sterker afhankelijk van de parameterinstellingen en het parametervenster voor hoog-kwalitatieve lassen is beperkt.

- Het magnetisch pulslasproces moet steeds uitgevoerd worden met een initiële luchtspleet tussen het uitwendige en het inwendige werkstuk (afstand is nodig om snelheid op te bouwen). Het magnetisch pulskrimpproces kan daarentegen uitgevoerd worden zonder luchtspleet, zodat er minder ontwerpaanpassingen nodig zijn.
- Het magnetisch pulskrimpproces vereist minder elektrische energie, zodat de verbindingen kunnen worden uitgevoerd met kleinere en dus goedkopere pulsgeneratoren.
- De kwaliteit van magnetisch pulslassen is meer afhankelijk van de voorbereiding van de werkstukken (schoonmaken van de oppervlakken).

Door het magnetische pulskrimpen te overwegen als alternatief voor het magnetisch pulslassen kan de toepasbaarheid van het proces enorm vergroot worden. Voorwaarde is echter dat de beperkingen van het magnetisch pulskrimpproces opgelost worden. Krimpverbindingen zijn immers niet lek- of luchtdicht. Voor elektrische toepassingen is de overgangswaarde aan de verbindingssinterface groot. Om deze beperkingen op te lossen zal een nieuwe variant van het proces worden ontwikkeld: magnetisch pulskrimpen met toevoegmateriaal, hetzij een soort lijm, hetzij een soort soldeermiddel. Als dit onderzoek zijn doelstellingen bereikt, is het magnetisch pulskrimpen een waardevol, robuust en economisch aantrekkelijk alternatief verbindingproces, dat bedrijven in staat stelt te produceren op een snellere en goedkopere manier.

Dit Europees project wordt uitgevoerd in het kader van de Europese CORNET-projectformule. Kenmerkend is dat er inhoudelijk op Europees niveau over het project beslist wordt, maar dat de deelnemende regio's het project steunen (IWT Vlaanderen en AiF Duitsland). Aan het onderzoeken nemen naast het Belgisch Instituut voor Lastechniek deel: het Onderzoekscentrum voor Aanwending van Staal (OCAS) in het Belgische Zelzate, de Schweisstechnische Lehr- und Versuchsanstalt (SLV) in München en Industrieanlagen Fügetechnik Fertigungstechnik (IFF), een onderzoeksinstelling die is gespecialiseerd in lijmverbindingen. ■

Conclusies

Via het magnetisch pulsvormen en lassen kunnen werkstukken contactloos vervormd en gelast worden, gebruikmakend van sterke gepulseerde elektromagnetische velden. Het magnetisch pulslassen maakt geen gebruik van warmte om een verbinding tot stand te brengen, zodat materialen met een sterk verschillend smeltpunt verbonden kunnen worden. Het proces bezit een groot potentieel voor het snel en betaalbaar realiseren van moeilijk conventioneel lasbare materiaalcombinaties.

Het magnetisch pulskrimpen is een robuust en economisch aantrekkelijk alternatief voor het magnetisch pulslassen, aangezien de kwaliteit van de krimpverbindingen veel minder afhankelijk is van de procesparameters. Het Belgisch Instituut voor Lastechniek onderzoekt deze processen om de voordelen ervan aan te tonen voor de industrie.

Op de website www.lastechniek.nl is een vervolg te vinden van dit artikel, met nog meer voorbeelden van industriële toepassingen.

Referenties

- [1] Figuur: Pulsar Ltd (www.Pulsar.co.il).
- [2] V. Shribman, Pulsar Ltd. Magnetic pulse technology for improved tube joining and forming. *Tube & Pipe*, Nov.-Dec. 2006, p. 91-95.
- [3] B-T. Spitz, V. Shribman. Magnetic pulse welding for tubular applications: Discovering new technology for welding conductive materials. *The Tube & Pipe Journal*, Juli 2001.
- [4] Resultaten uit het BIL-CEWAC onderzoeksproject "Soudimma: Technologie de soudage avancée par impulsion magnétique".
- [5] Figuren: PSTproducts GmbH (www.PSTproducts.com)
- [6] R. Schäfer, P. Pasquale, and S. Kallee. Industrial Application of the Electromagnetic Pulse Technology. PSTproducts GmbH, Alzenau, Germany. <http://www.pstproducts.com/downloads.htm>, 2009.
- [7] R. Schäfer, P. Pasquale. Split coils and multiple joining coils (MJo). State of the Art and Upcoming Development. International Conference and User Meeting. 22 april 2010, Alzenau, Duitsland.
- [8] S. Kallee, R. Schäfer, P. Pasquale. The Industrial Use of EMPT. State of the Art and Future Applications. International Conference and User Meeting. 22 april 2010, Alzenau, Duitsland.

Koen Faes (EWE) werkt sinds 1998 als onderzoeksingenieur en projectleider bij het Belgisch instituut voor Lastechniek. Wim de Waele is docent aan de Universiteit Gent en verbonden aan het Laboratorium Soete.