

LASSEN ZONDER WARMTE

MAGNETISCH PULSLASSEN

Het Belgisch Instituut voor Lastechniek (BIL) onderzoekt momenteel een jonge lastechniek, meer bepaald het elektromagnetisch hogesnelheidslassen, ook bekend onder de benaming magnetisch pulslas. De lastechniek maakt gebruik van elektromagnetische krachten om werkstukken te vervormen en te lassen. Aangezien deze techniek géén gebruikmaakt van warmte maar van drukkrachten om een verbinding tot stand te brengen, biedt ze belangrijke voordelen ten opzichte van de conventionele lastechnieken. Er wordt immers geen warmtebeïnvloede zone gecreëerd en het materiaal verliest zijn eigenschappen niet. Dit procedé bezit ook de mogelijkheid om verbindingen te realiseren tussen metalen en legeringen met sterk verschillend smeltpunt, zoals koper aan aluminium of aluminium aan staal.

Door Ir. Koen Faes

WERKINGSPRINCIPE

Magnetisch pulslas behoort tot de groep van de druklasprocessen. Bij deze lasprocessen kan een metaalbinding verwezenlijkt worden tussen twee oppervlakken door ze tegen elkaar te drukken.

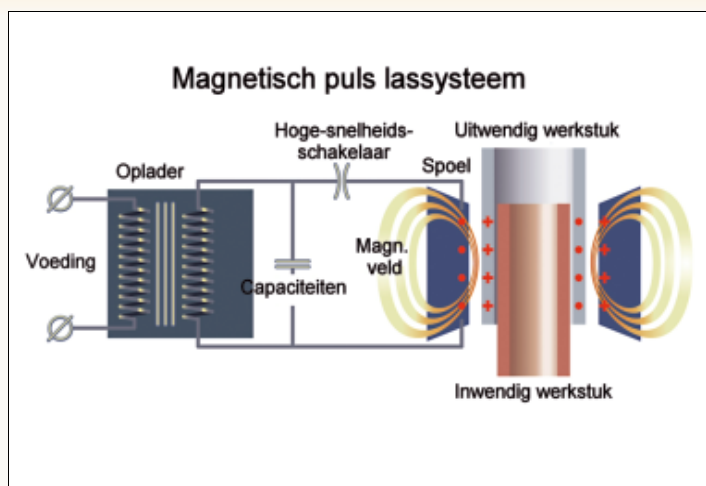
Magnetisch pulslas is een druklasproces waarbij de vervorming gebeurt tegen een zeer hoge snelheid, net zoals bij het explosielas. De ontdekking dat twee metalen delen met elkaar verbonden kunnen worden door één ervan te versnellen tot zeer hoge snelheden met behulp van explosieven, dateert van de jaren 40 en werd onderzocht in de USSR.

Het werkingsprincipe van het magnetisch pulslas is gelijkaardig aan dat van het explosielas, doch de explosieve kracht wordt gegeneerd op een veilige manier, namelijk via een inductiespoel. Het is een 'solid-state' lasproces, wat betekent dat de materialen niet tot smelten gebracht worden tijdens de lascyclus.

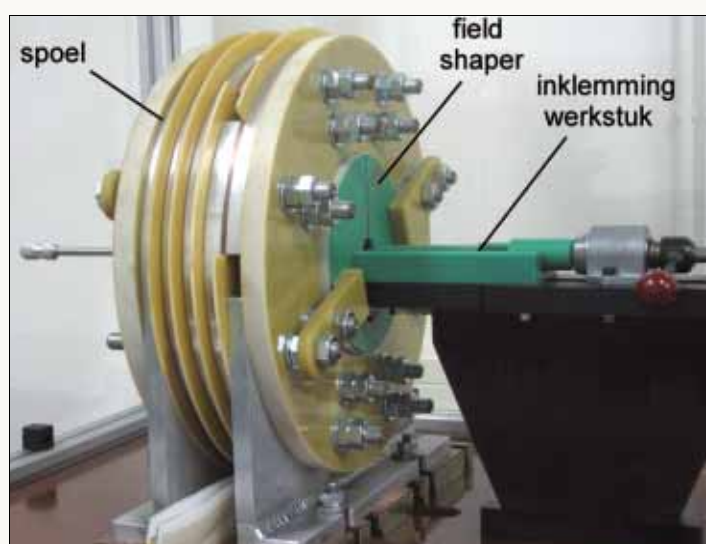
Het basisprincipe voor het lassen van buisvormige werkstukken wordt geschilderd in *figuur 1*. Een spoel wordt over de te lassen werkstukken geplaatst, maar maakt er geen contact mee. De twee te verbinden delen moeten in overlap geplaatst worden. Tijdens de lascyclus wordt een zeer grote hoeveelheid elektrische energie vrijgegeven in een zeer korte tijdsperiode. Sommige systemen kunnen maar liefst twee

miljoen ampères ontladen in slechts 100 microseconden.

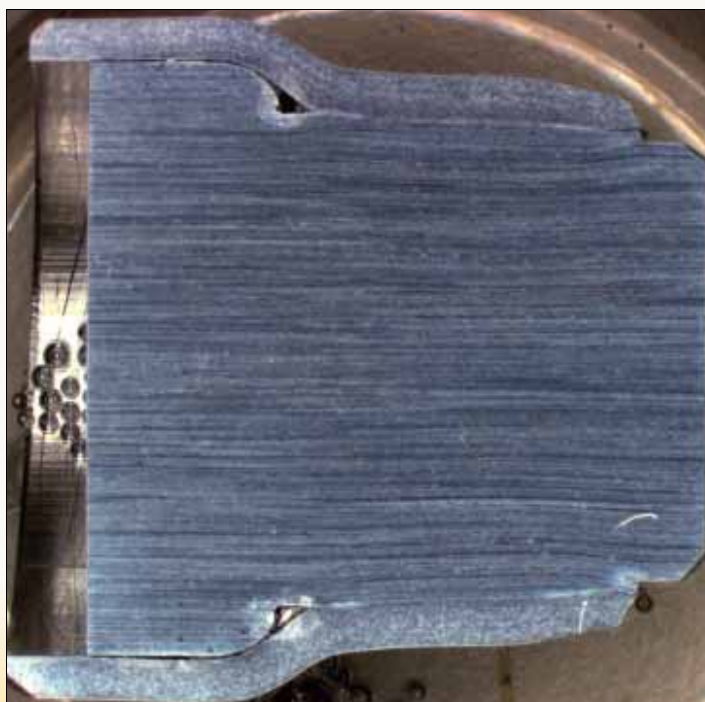
De hoge energiestroom loopt door de spoel en de stroomontlading induceert wervelstromen in het uitwendige werkstuk (de zogenaamde 'Eddy currents'). De stroom in de spoel en de wervelstromen wekken een magnetisch veld op, die elkaar tegenwerken. De afstoting tussen beide magneetvelden ontwikkelt een kracht die het uitwendige werkstuk met grote snelheid versnelt in de richting van het inwendige werkstuk. De snelheid waarmee het uitwendige deel impacteert kan tot meer dan 300 m/s bedragen. De ontwikkelde drukken bij impact kunnen hierbij oplopen tot 100.000 MPa. Eventuele oppervlakteverontreinigingen worden door de botsing van de twee materialen weggeduwd, waardoor een atomair zuiver metaalcontact ontstaat. De atomen van de materialen worden met zo'n kracht tegen elkaar gestuwd dat hun natuurlijke afstotingskrachten overwonnen worden en er een stabiele evenwichtstoestand en metaalbinding verkregen wordt. De las is in de meeste gevallen sterker dan het zwakste materiaal. Deze lastechniek werkt het best met materialen met hoge elektrische geleidbaarheid. Minder geleidende materialen vereisen een hogere energie. Het macrobeeld van de lasdoorsnede vertoont veel gelijkenissen met dat van een explosiegelaste verbinding.



Figuur 1: Principe van het magnetisch pulslas



Figuur 2: Spoel van de lasmachine



Figuur 3: Magnetische pulslas

APPARATUUR

Een installatie voor het magnetisch pulslassen bestaat typisch uit de volgende componenten:

- een hoogspanningscabine, waar de elektrische pulsen gecreëerd worden,
- de capaciteiten, waar de elektrische energie opgeslagen wordt,
- de spoel bestemd voor het lassen,
- een transformator, waarmee de frequentie en amplitude van de elektrische stroomontlading kan worden aangepast.

De spoelen zijn ofwel vlak of cilindrisch van vorm. Vlakke spoelen worden aangewend voor het vervormen en lassen van plaatmateriaal. Cilindrische spoelen dienen voor het lassen van buisvormige stukken en kunnen gebruikt worden in combinatie met een zogenaamde field shaper. Een field shaper is een massief koperen onderdeel dat geplaatst wordt in de inductiespoel. Het geleidt en concentreert het magnetische veld tot vlakbij het te lassen werkstuk. Een spoel zonder field shaper wordt gebruikt voor het lassen van één welbepaalde diameter. Via een field shaper kunnen met één spoel verschillende diameters gelast worden door het verwisselen van dit hulponderdeel. Het BIL beschikt over een proefopstelling waarmee de toepasbaarheid van het proces onderzocht kan worden. De maximale energie van de lasmachine bedraagt 50 kJ bij een spanning van 25 kV. De ontladingsstroom kan oplopen tot 500.000 A. *Figuur 2* toont de spoel in combinatie met de field shaper.

PARAMETERS PROCES

Net zoals bij explosielassen wordt een schokgolf of 'jet' gecreëerd in het contactvlak tussen de te lassen oppervlakken. De jetwerking zorgt ervoor dat verontreinigingen (oxides, oppervlaktelagen) weggeduwd worden, zodat een zuiver contact ontstaat tussen de oppervlakken. De atomen van oppervlakken worden met een zeer hoge druk samengebracht tot op zeer korte afstand, zodat er atoombindingen ontstaan. Er bestaan verschillende theorieën omtrent het precieze bindingsmechanisme, maar algemeen wordt aangenomen dat de materialen zich kortstondig in een viskeus-plastische toestand bevinden. Het ontstaan van een metaalbinding wordt bepaald door de radiale snelheid van het uitwendige deel, de hoek waarmee dit impacteert tegen het inwendige deel en de snelheid waarmee de schokgolf zich voortplant. Deze parameters moeten gelegen zijn binnen nauwe grenzen om de optimale lascondities te verkrijgen.



Figuur 4: Macrografische doorsnede van een magnetische pulslas (detail van figuur 3)

De laskwaliteit wordt in belangrijke mate beïnvloed door de machine-instellingen. De opgeslagen elektrische energie in de capaciteiten bepaalt de stroom in de inductiespoel en de frequentie ervan tijdens de ontlading. De stroom in de spoel bepaalt op zijn beurt de magnetische kracht. Ook de elektrische geleidbaarheid van het uitwendige werkstuk speelt een belangrijke rol en beïnvloedt de magnetische kracht. Daarnaast spelen de volgende geometrische parameters een belangrijke rol: de breedte van de luchtspleet tussen het uitwendige en het inwendige werkstuk, de positie van de werkstukken in de spoel of field shaper, de overlapafstand en de relatieve hoek tussen de te verbinden oppervlakken.

VOORDELEN VAN MAGNETISCH PULSLASSEN

- Bij correcte uitvoering is de las sterker dan het zwakste basismateriaal. De breuk treedt bij beproeving steeds op buiten de laszone.
- Beschermgassen of toevoegmaterialen zijn niet nodig.
- Geen speciale voorbereidingen van de werkstukken voorafgaandelijk aan het lassen zijn vereist. Ontvetten van de werkstukken wordt aangeraden. Voor systemen met grote energie is de werkstukvoorbereiding minder kritisch dan bij systemen met lage

energie.

- In vergelijking met conventionele lasprocessen is het magnetisch pulslasproces een 'koud' lasproces. Enkel door de wervelstromen en de plastische vervorming gaat het werkstuk opwarmen, de temperatuur blijft echter beperkt tot 50 °C. Hierdoor wordt er geen warmte-beïnvloede zone gecreëerd, en verliest het materiaal zijn eigenschappen niet. Dit betekent ook dat de werkstukken onmiddellijk na het lassen ontklemd en verder bewerkt kunnen worden.
- Hoge productiesnelheid, soms tot 10 stukken per minuut.
- Het is een ecologisch lasproces, aangezien geen warmte, gas of lasrook geproduceerd wordt.

ONDERZOEK

Momenteel wordt dit lasproces onderzocht door het BIL, in samenwerking met OCAS (onderzoeksafdeling van ArcelorMittal in Vlaanderen) en de universiteit van Gent, afdeling Mechanica van Materialen en Constructies. Het onderzoek wordt uitgevoerd met steun van het Vlaamse gewest (IWT). Het doel is het bestuderen van de industriële toepasbaarheid van het proces voor representatieve materialen en producten aangedragen door een gebruikerscommissie. Op die manier, gekoppeld aan een economische beschouwing, kunnen

Figuur 5: Metallografische doorsnede van de verbinding getoond in figuur 4



de deelnemende bedrijven een weloverwogen keuze maken over het al dan niet inzetten van de techniek in hun productie. Het BIL neemt het experimentele werk voor zijn rekening. De lasmachine werd recent geïnstalleerd en een aantal preliminaire lasproeven zijn reeds uitgevoerd. Het lasproces wordt gemodelleerd door OCAS. De eindige-elementenmodellen verschaffen inzicht in de werking van het proces en kunnen het materiaalgedrag en de finale vorm voorspellen. Het bepalen van de geschikte parameterinstellingen kan hiermee versneld worden. De invoergegevens voor de modellen worden aangeleverd door BIL en UGent. *Figuur 3* toont een axiale doorsnede van een las van een aluminium buisje met een aluminium inwendig deel (beide EN AVV-6063). Het buisje heeft een diameter van 25 mm en een wanddikte van 1,5 mm. Om de correcte uitlijning van beide stukken te verzekeren werd aan het inwendige stuk een kraag voorzien. De lasparameters werden voorafgaandelijk geoptimaliseerd. De in aanmerking genomen parameters waren de energie opgeslagen in de capaciteiten, de spleetbreedte en de positie van de werkstukken in de spoel. Het metallografisch onderzoek toonde aan dat een binding verkregen werd over een lengte van ongeveer 5 mm. Bij elke las worden steeds 2 zones opgemerkt waar geen binding tot stand komt (de in- en uitloopstrook genaamd in *figuur 4*). Kenmerkend voor de las is het golfvormige patroon van de lasinterface. Een detail hiervan wordt getoond in *figuur 5*. Er wordt een overgangslaag vastgesteld, bestaande uit intermediaire fasen. De verbindingen worden momenteel verder bestudeerd aan de hand van SEM- en EDX.

TOEKOMST

Het magnetisch pulslassen is een relatief jonge lasmethode, weliswaar met reeds enkele industriële toepassingen, gebaseerd op het gebruik van elektromagnetische krachten om werkstukken te lassen. Enige preliminaire lasexperimenten werden met succes door het BIL afgerond. Verder onderzoek zal verricht worden naar het verbinden van moeilijk lasbare materialen en heterogene verbindingen. De lasmethode maakt immers geen gebruik van warmte, zodat materialen met een sterk verschillend smeltpunt met deze lastechniek verbonden kunnen worden. Het proces bezit een groot potentieel voor het snel en kostengunstig realiseren van deze

verbindungen. 