

Luisteren naar de las

Tijdens de vorming van een las ontstaan hoogfrequente geluidsgolven. Dit verschijnsel, akoestische emissie genaamd, vormt de basis voor een techniek waarmee de kwaliteit van een las realtime geïnspecteerd kan worden. In het onderzoeksproject SoundWeld wordt deze nieuwe techniek geëvalueerd voor verschillende lasprocessen.

door Koen Faes, Jürgen Feytaerts - Belgisch Instituut voor Lastechniek
Axel Vlamincq, Eli Reekmans - Oqton Belgium

Een grote zorg in de lasindustrie is het snel, betrouwbaar en goedkoop opsporen van defecten, zowel in de las als in het gelaste product. Traditionele inspectietechnieken zijn tijdrovend, wat leidt tot hogere productkosten. Soms is inspecteren zelfs onmogelijk. De opkomst van nieuwe lasprocessen en de trend naar het verbinden van ongelijksoortige of moeilijk lasbare materialen maakt de kwaliteitscontrole nog moeilijker. Onderzoekers hebben daarom gezocht naar snelle, efficiënte en kosteneffectieve methoden voor de evaluatie van de laskwaliteit en de vroegtijdige detectie van lasonvolkomenheden. De oplossing is een realtime inspectie die de kwaliteit van de las tijdens of onmiddellijk na het lassen kan vaststellen.

Meerdere voordelen

Realtime controle van de laskwaliteit heeft meerdere voordelen. Het biedt de mogelijkheid om 100% van de lassen te controleren en de kosten te verlagen (van energie, materialen en mankracht). Het kan de steekproefsgewijze inspectie na de productie elimineren of aanzienlijk verminderen, het aantal destructieve testen verminderen en de betrouwbaarheid van het lasproces en het eindproduct vergroten. Realtime controle biedt het voordeel van een volledige traceerbaarheid van de productie of het bijhouden van productie-auditgegevens. Het laat toe om parameteraanpassingen door te voeren tijdens het proces zelf. Maatregelen voor het constant houden van de laskwaliteit kunnen eerder genomen worden. Een optimaal productieproces moet immers ook de reproduceerbaarheid garanderen.

Indien de meettechnieken voldoende nauwkeurigheid bieden, kan de laskwaliteit synchroon met de productie worden gegarandeerd. Andere materialen of geometrieën die een aanpassing van de lasparameters vereisen, kunnen gelast worden door gebruik te maken van procesregelkringen.

Meettechnieken

In de afgelopen decennia zijn veel nieuwe meettechnieken op de markt verschenen die informatie opleveren over de kwaliteit van lasverbindingen en gelaste producten. Zo bestaan er verschillende soorten sensoren om realtime bewaking van het lasproces uit te voeren, zoals boogsensoren, optische sensoren, infrarood en ultrasoon sensoren.

Boogsensoren controleren de booglengthe via een automatisch spanning/stroom-regelsysteem, wanneer de positie van de elektrode ten opzichte van het werkstuk wijzigt.

Optische sensoren zijn er in verschillende varianten, zoals elektro-optische, CCD-, CMOS-sensoren en de hogesnelheidscamera. Het licht dat door optische sensoren wordt gedetecteerd kan gebruikt worden om de variabelen van het lasproces te meten of in te schatten, en om lasparameters in real time aan te passen.

Infraroodsensoren detecteren de infraroodstraling, uitgezonden door het materiaal. Deze sensoren zijn vergelijkbaar met optische sensoren die de emissie aan het oppervlak van de las meten en informatie geven over de afkoelsnelheid, de lasbreedte en penetratiediepte. Ze kunnen ook gebruikt worden voor lasnaadvolgsystemen.

Ultrasoon sensoren (figuur 1) meten de akoestische emissie tijdens het lassen. Dit zijn hoogfrequente geluidsgolven, die geproduceerd worden tijdens of kort na het lassen.

De genoemde sensoren genereren grote hoeveelheden data die op een snelle en effectieve manier verwerkt moeten worden. Intelligente software kan grote hoeveelheden data analyseren en trends en patronen identificeren. Deze informatie kan vervolgens gebruikt worden om lasfouten te detecteren en om het lasproces bij te sturen of efficiënter te maken. Op deze manier passen installaties zich voortdurend aan nieuwe omstandigheden aan en worden ze geoptimaliseerd, zonder dat er input van de operator nodig is.

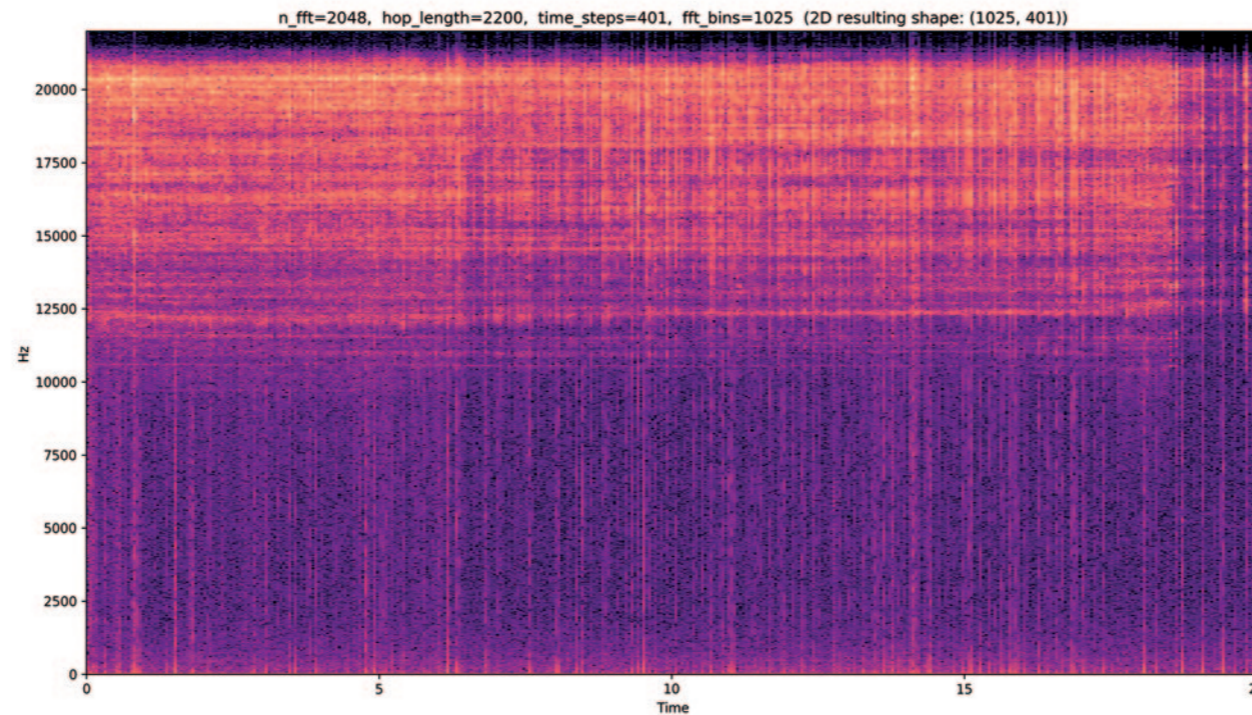
Figuur 1 Ultrasoon sensor



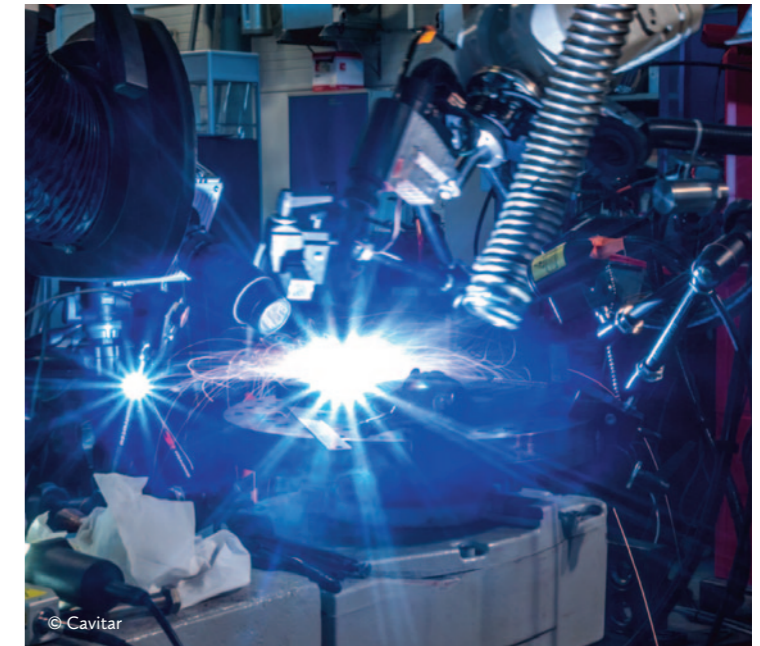
SoundWeld

In het kader van het project SoundWeld werd geïnvesteerd in een meetsysteem op basis van akoestische emissie. Dit meetsysteem kan gebruikt worden als niet-destructieve techniek voor het beoordelen van de las kwaliteit tijdens het lassen. In dit project wordt deze nieuwe niet-destructieve in-line beproevingstechniek geëvalueerd voor verschillende lasprocessen.

Tijdens het maken van een lasverbinding ontstaat akoestische emissie als gevolg van de vorming van de las, maar ook bij het ontstaan van defecten of door storende invloeden. De vorm waarin akoestische emissie optreedt, is afhankelijk van het lasproces, het materiaal, de temperatuur en de geometrie van het werkstuk. De fundamentele doelstelling van controle via akoestische emissie tijdens het lassen is het verkrijgen van nuttige informatie over de kwaliteit van de verbinding en de geschiktheid van de gebruikte lasparameters tijdens het lassen. Door gebruik van de correcte apparatuur en instellingen en de bijhorende analysesoftware kunnen de verschillende bronnen van akoestische emissie onderscheiden worden en kunnen mogelijke lasonvolkomenheden aangetoond worden.



Figuur 2 Spectrogram



Monitoren van het robotlasproces

de lasonvolkomenheid. Een spectrogram is een weergave van geluid waar de tijd op de horizontale as wordt uitgezet en de frequentie op de verticale as. De hoeveelheid energie op een gegeven tijdstip in een bepaalde frequentieband wordt weergegeven door de verkleuring in het diagram.

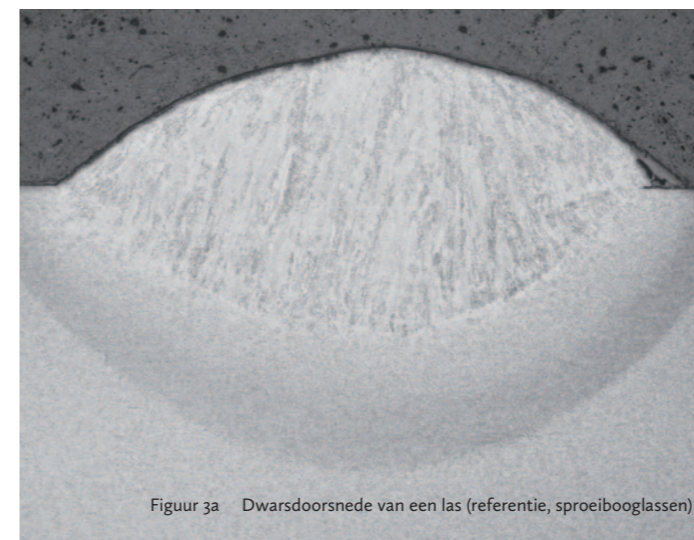
Door het twee-dimensionale karakter van een spectrogram kan het op dezelfde manier voorgesteld worden als een traditionele foto, met een matrix van pixels. Hierdoor is het mogelijk om modellen die ontwikkeld werden voor het analyseren van foto's, te gebruiken voor het analyseren van het geluid, opgenomen tijdens het lassen. De modellen herkennen op een gelijkaardige manier patronen in de tweedimensionale matrix.

Lasexperimenten

Experimenten werden uitgevoerd waarbij het gerobotiseerd MIG/MAG-lassen werd gemonitord op basis van akoestische emissie. Verschillende typen sensoren werden hiervoor gebruikt: zowel piëzo-elektrische sensoren als een microfoon.

Lassen werden uitgevoerd met de verschillende boogtypes van het MIG/MAG-proces: kortsluitbooglassen, globulair lassen, sproei-booglassen en gepulseerd lassen. Lasrupsen werden hiervoor neergesmolten op een plaat (bead on plate). Lassen, uitgevoerd met optimale parameters, dienden als referentie. Daarnaast werden lassen uitgevoerd waarbij één bepaalde parameter gevarieerd werd; de lassnelheid, de uitsteeklengte, de toortshoek of de lasrichting (trekkend of duwend), met als doel het introduceren van lasonvolkomenheden. Ook werden lasproeven uitgevoerd zonder beschermgas.

Een lagere voortloopsnelheid leidt tot een bredere las, eengrotere overdikte en een diepere inbranding. Bij een hogere snelheid zien we het omgekeerde effect, met mogelijk de introductie van lasfouten zoals porositeiten, vooral bij het sproei-booglassen en het gepulseerd lassen. Bij het vergroten van de uitsteeklengte wordt de las iets smaller en wordt de overdikte iets groter. Vooral bij het sproei-booglassen worden via deze parameterinstelling porositeiten geïntroduceerd en ook worden randinkartelingen vastgesteld (figuur 3).



Figuur 3a Dwarsdoorsnede van een las (referentie, sproei-booglassen)



Figuur 3b Las met onvolkomenheden (te grote uitsteeklengte, sproei-booglassen)

Resultaten

Zelflerende modellen, gebaseerd op kunstmatige intelligentie, werden gebruikt voor het herkennen en voorspellen van de gebruikte procescondities (boogtype en lasparameters die al dan niet aanleiding geven tot lasfouten). De voorspelde lascondities op basis van de akoestische-emissiemetingen werden hierbij vergeleken met de in praktijk gebruikte condities. Modellen die gebruikt werden tijdens de preliminaire testen behaalden hierbij een nauwkeurigheid van 85%.

Een computer leert bijvoorbeeld objecten in een foto herkennen door vele foto's met bekende objecten door het systeem te laten verwerken.

Het leren herkennen van patronen uit voorbeelden noemen we een data-gedreven systeem.

Data-gedreven methode

Artificiële intelligentie (AI) heeft de afgelopen jaren gezorgd voor een revolutionaire ontwikkeling in verschillende industriële processen waar automatisering voordien niet mogelijk werd geacht. Het automatiseren van deze processen wordt mogelijk gemaakt door systemen die leren aan de hand van voorbeelden. Een computer leert bijvoorbeeld objecten in een foto herkennen door vele foto's met bekende objecten door het systeem te laten verwerken. Het leren herkennen van patronen uit voorbeelden noemen we een data-gedreven systeem.

De data-gedreven methode werd gebruikt om op basis van het geluid van een las de las kwaliteit te bepalen, en de eventuele fouten die optreden te herkennen en classificeren. Voor het detecteren van patronen in de geluidssamples wordt het geluid omgezet naar een spectrogram (zie figuur 2). In dit spectrogram leren we patronen herkennen die bepalend zijn voor de kwaliteit van de las, het boogtype en eventueel