

Eenvoudige mechanisatie bij het booglassen

Deze publicatie is tot stand gekomen in het kader van een updateproject, waarbij een groot aantal technische voorlichtingspublicaties wordt aangepast aan de huidige stand der techniek. Hierbij heeft een nauwe samenwerking plaatsgevonden tussen de op de laatste pagina van deze publicatie vermelde partijen. Deze publicatie is een update van de publicatie "Eenvoudige mechanisatie bij het booglassen" (TCV02, NIL, 1998) en vormt samen met de publicaties "TI.07.40 - Ontwerp voor gemechaniseerd lassen" en "TI.07.41 - Geavanceerde lasmechanisatie en sensoren", een overzicht met betrekking tot de automatisering van het lasproces. Al deze geupdate publicaties zijn, evenals de andere in dit updateproject vervaardigde en uitgegeven publicaties, als pdf-file vrij te downloaden vanaf de websites "www.verbinden-online.nl", "www.dunneplaat-online.nl" en via de websites van de deelnemende organisaties.

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Waarom mechaniseren van laswerk?	1
2.1	Verlaging van de kostprijs van het product	2
2.2	Meer (flexibeler) productiecapaciteit met minder mankracht	2
2.3	betere of beter voorspelbare productkwaliteit	2
2.4	Verlagen van de product- en productierisico's	2
2.5	Betere arbeidsomstandigheden	2
2.6	Aantrekkelijkheid voor de arbeidsmarkt	2
3	Wat verstaan we onder eenvoudige mechanisatie?	2
3.1	Welke booglasprocessen lenen zich voor mechanisatie?	3
3.2	Welke randvoorwaarden gelden er?	3
4	Hoe pakken we het aan?	5
4.1	Voorbereiding	5
4.1.1	Kwaliteit	5
4.1.2	Economie	6
4.1.3	Doorlooptijd	6
4.2	Plan van aanpak	6
4.2.1	Samenstellen van een werkgroep om het traject te begeleiden	6
4.2.2	Inventarisatie van de producten die voor mechanisatie in aanmerking komen	6
4.2.3	Welke vorm van mechanisatie wordt gekozen?	6
4.2.4	Opstellen programma van eisen (PVE)	6
4.2.5	Offertes aanvragen	6
4.2.6	Uitvoeren van lasproeven	6
4.2.7	Aanschaf, opleiding, afname	6
4.2.8	Implementatie binnen de productie	6
4.2.9	Evaluatie; heeft de investering het gewenste rendement opgeleverd?	7
5	Enkele voorbeelden van eenvoudige mechanisatie	7
6	Literatuur	8
	Bijlage I "Matrices"	9

1 Inleiding

De begrippen mechaniseren en automatiseren worden binnen de lastechniek nogal eens door elkaar toegepast. Zo wordt bij het MIG/MAG lassen vaak van 'automatisch' lassen gesproken, terwijl in feite halfgemechaniseerd lassen een betere keuze zou zijn. Om misverstanden te voorkomen, houden wij in deze praktijkbeveling de volgende internationaal geaccepteerde definitie aan (C.I.R.P. document 'Nomenclature and definitions for manufacturing systems'): *het toepassen van technische hulpmiddelen bij menselijke arbeid, met als doel deze arbeid te verlichten of soms zelfs geheel te elimineren*. Dit is overigens een iets andere invalshoek dan de meeste werkgevers hanteren, waarbij veelal de economische aspecten het zwaarst wegen.

Mechanisatie is nooit een doel op zich maar een middel om te komen tot een gewenst resultaat. Veelal staan het verlagen van de kostprijs en het verhogen van de productiesnelheid hoog op het verlanglijstje van de meeste bedrijven. Meestal wordt gekeken naar het directe rendement van mechanisatie en/of het verbeteren van de kwaliteit van de producten. Steeds meer spelen echter ook andere factoren een rol, waaronder het verbeteren van de werkomstandigheden, waardoor medewerkers prettiger werken en het ziekteverzuim naar beneden gaat. Door mechanisatie van het lassen wordt het resultaat

minder mensafhankelijk, hetgeen echter niet wil zeggen dat het mensonafhankelijk wordt. Het vakmanschap van het lassen blijft nog steeds nodig om de apparatuur van de juiste afstelling en waarneming van de lasparameters te voorzien en op deze manier de kwaliteit van de lassen en de producten te waarborgen.

In de loop der jaren is, naar aanleiding van de behoefte van bedrijven, zeer veel apparatuur ontwikkeld voor eenvoudige mechanisatie van het lassen. In veel gevallen vinden deze ontwikkelingen hun oorsprong in de scheepsbouw, waarbij Japan van oudsher een voortrekkersrol heeft. Na verloop van tijd komen deze ontwikkelingen naar Europa en Nederland. Hiermee willen we echter niet zeggen dat in Europa en Nederland geen ontwikkelingen plaatsvinden op dit gebied; ook hier zijn creatieve bedrijven bezig, in een continu proces samen met bedrijven, apparaten te ontwikkelen en te modificeren voor een optimaal gebruik in de industrie, en met succes.

In deze praktijkbeveling schenken we alleen aandacht aan "*eenvoudige mechanisatie bij het booglassen*". We gaan hierbij in op de vraag wat eenvoudige mechanisatie van het booglassen is, welke randvoorwaarden er gelden, welke lasprocessen ervoor in aanmerking komen en hoe we het aan moeten pakken. Deze praktijkbeveling heeft niet de intentie bedrijfsspecifieke mechanisatieproblemen op te kunnen lossen. We hopen echter bedrijven op weg te helpen door aan te geven wat eenvoudige mechanisatie van het lassen precies inhoudt en hoe dit traject het beste afgelegd kan worden. De ervaring leert dat bedrijven zelf vaak inventief genoeg zijn om, bij voldoende tijd, te komen tot een oplossing van de gestelde problemen ten aanzien van het mechaniseren van het lassen. Vaak ontbreekt het ze echter aan tijd, omdat primair aandacht geschonken moet worden aan de productie. We hopen dat deze praktijkbeveling ertoe bijdraagt dat sneller en efficiënter het eerste traject ten aanzien van de mogelijkheden van het mechaniseren van het lassen aangepakt kan worden. Soms kan het echter verstandig zijn gebruik te maken van vakspecialisten op het gebied van mechanisatie van het booglassen om tijd te winnen of om te voorkomen dat het wiel opnieuw uitgevonden moet worden en over valkuilen heengestapt kan worden.

2 Waarom mechaniseren van laswerk?

Na het waarborgen van de continuïteit van een onderneming is het maximaliseren van de winst vaak een volgende doelstelling van de meeste bedrijven. Mogelijkheden om dit te bereiken zijn het verbeteren van de efficiency binnen het bedrijf. Hierbij moeten producten vervaardigd worden met de gewenste kwaliteit tegen een zo laag mogelijk kostprijs. Dit kan op vele manieren bereikt worden afhankelijk van het type product en soort bedrijf. Voor zeer veel bedrijven zijn de loonkosten de bepalende factor voor de kostprijs van een product. Het is dan ook niet verwonderlijk dat bedrijven de loonkosten proberen te verminderen. Tegenwoordig zien we dat bedrijven hierbij twee wegen volgen. Een aantal bedrij-

ven, die vaak simpele producten vervaardigen, wijken uit naar zogenaamde lage lonen landen. Een groot aantal bedrijven houdt de productie echter in Nederland en kiest ervoor de loonkosten te verlagen door mechanisatie. Hiervoor is het noodzakelijk te investeren in mensen en middelen. Deze kosten kunnen echter van tevoren globaal worden uitgerekend en afgezet tegen de baten.

Om het laswerk te kunnen mechaniseren is een duidelijk inzicht nodig in de belangrijkste doelstellingen die men wil bereiken met de mechanisatie van het lassen. Eerst dient dus een inventarisatie te worden gemaakt waarom mechanisatie gewenst is. Daar er vele redenen kunnen zijn voor het mechaniseren van het laswerk is het noodzakelijk prioriteiten te stellen binnen de gemaakte inventarisatie en hier de gewenste vorm van mechanisatie op af te stemmen.

De belangrijkste redenen om tot mechanisatie van het lassen over te gaan zijn de volgende:

- ▶ Verlaging van de kostprijs van het product;
- ▶ Meer (flexibeler) productiecapaciteit met minder mankracht;
- ▶ Beter of beter voorspelbare kwaliteit van producten;
- ▶ Verlagen van de productie- en productrisico's;
- ▶ Verbeteren van de arbeidsomstandigheden;
- ▶ Aantrekkelijkheid voor de arbeidsmarkt.

2.1 *Kostprijsverlaging van het product*

Binnen Nederland en het grootste deel van Europa geldt dat met name de loonkosten de kostprijsbepalende factor zijn van het product. Veel bedrijven zijn dan ook op zoek naar het verlagen van de loonkosten om hun productkosten omlaag te brengen. Dit gebeurt in de praktijk zoals reeds eerder gezegd door het uitbesteden van het laswerk naar zogenaamde lage lonenlanden of door het mechaniseren van het laswerk. Het uitbesteden aan lage lonenlanden heeft als nadeel dat de kwaliteit niet altijd gewaarborgd is, dat er logistieke problemen op kunnen treden en dat minder flexibel op de marktvraag kan worden gereageerd.

Mechanisatie van het lassen heeft deze nadelen niet, maar heeft andere consequenties namelijk dat er geïnvesteerd, moet worden in (rand)apparatuur en soms in personeel en/of opleiding hiervan. Een investering in apparatuur (en ook personeel) kan echter eenvoudig doorgerekend worden, zodat men in dat opzicht niet voor verrassingen kan komen te staan.

2.2 *Meer (flexibeler) productiecapaciteit met minder mankracht*

Mechanisatie van het lassen zorgt ervoor dat de procentuele inschakelduur in de meeste gevallen verhoogd wordt, waardoor sneller en meer producten gemaakt kunnen worden. Omgekeerd houdt dit in, dat dezelfde hoeveelheid producten vervaardigd kunnen worden met minder mensen en dus lagere loonkosten. Deze baten dienen te worden afgezet tegen de kosten voor de mechanisatie van het lassen. Een flexibeler productiecapaciteit wordt verkregen doordat het eenvoudiger is apparaten gedurende een langere aaneengesloten periode te laten werken (meer of minder producten) en eventueel apparaten tijdens koffiepauzes te laten doorwerken. Ten opzichte van het lassen met de hand is elke vorm van mechanisatie minder flexibel in de zin van het kunnen inspelen op niet voorziene situaties, mede hierdoor is mechanisatie voor enkelstuksproductie uit economisch oogpunt veelal (nog) niet aantrekkelijk.

2.3 *Betere of beter voorspelbare kwaliteit van producten*

Soms wordt een betere kwaliteit van producten verkregen door mechanisatie van het lassen. Belangrijker is echter dat in bijna alle gevallen een constantere en dus

beter voorspelbare kwaliteit van producten wordt verkregen. Naast voor de hand liggende voordelen als minder vervorming, een constantere en vaak geringere lasdoorsnede en een product waarvan de lassen er (visueel) beter uitzien, zijn er bijkomende voordelen als minder nabewerken van producten, beperkter NDO onderzoek en het mogen rekenen met bijvoorbeeld een gegarandeerde inbranding.

2.4 *Verlagen van de product- en productierisico's*

Omdat door mechanisatie vooral een constantere kwaliteit wordt verkregen (mits uiteraard de juiste lasparameters zijn ingesteld), zal het uitvalpercentage van producten beperkt zijn. Ditzelfde geldt voor het nabewerken van producten. De constante warmte-inbreng die met het gemechaniseerd lassen te realiseren is, samen met constante en reproduceerbare lasdoorsneden, maakt dat producten minder zullen vervormen en daardoor minder nabewerkt hoeven te worden. Er is om deze redenen ook minder uitval van producten en dus minder afval.

2.5 *Betere arbeidsomstandigheden*

De VGW (Veiligheid, Gezondheid en Welzijn) eisen worden hoe langer hoe strenger, waardoor veel van datgene wat in het verleden heel gewoon was, nu, of in de nabije toekomst, niet meer toegestaan is. Dit geldt voor de ergonomie rond het lassen (bukken, knielen, langdurig repeterende bewegingen en tillen), maar ook voor andere aspecten als straling en lasrook. De verwachting is dat de regelgeving ten aanzien van het booglassen steeds strenger zal worden, waardoor er alleen nog maar onder zeer stringente (veiligheids)maatregelen met de hand gelast zal mogen worden. Mechanisatie van het booglassen kan hiervoor een oplossing bieden.

2.6 *Aantrekkelijkheid voor de arbeidsmarkt*

Het vak lassen zal door de eerder genoemde redenen minder aantrekkelijk worden voor veel mensen. Lichaamelijk zwaar belastend werk en blootstelling aan schadelijke stoffen is voor de meeste mensen niet de eerste keuze bij het kiezen van een baan. Het is dus vaak een negatieve selectie die de mensen in het lassersvak doet terechtkomen. Mechanisatie van het lassen zou een oplossing kunnen bieden, omdat de competentiebalans van de lasser/operator verandert en ervoor kan zorgen dat het werk minder zwaar is met minder gevaar voor blootstelling aan schadelijke stoffen.

3 *Wat verstaan we onder eenvoudige mechanisatie?*

Onder eenvoudige mechanisatie verstaan we in deze praktijkaanbeveling het inzetten van eenvoudige, niet of beperkt programmeerbare hulpmiddelen ter ondersteuning van de lasser met als doel een verlaging van de kostprijs en/of een verhoging van de kwaliteit van de producten. In alle gevallen betekent eenvoudige mechanisatie een reproduceerbare kwaliteit! Eenvoudige mechanisatie bevindt zich op het traject van het handlassen naar het volledig gemechaniseerd lassen met robots of productautomaten.

Met eenvoudige mechanisatie van het booglassen is het vaak mogelijk om tegen een betrekkelijk geringe investering een uitstekend rendement te behalen en niet zelden verdient dit soort apparatuur zich binnen een half jaar tot een jaar terug. Natuurlijk zijn er beperkingen ten aanzien van dit type apparaten; deze dienen echter afgezet te worden tegen apparatuur met misschien minder beperkingen, maar die een veel hogere investeringen vragen. Teneinde een indruk te krijgen wat in deze praktijk-aanbeveling onder eenvoudige mechanisatie verstaan

wordt, zijn in hoofdstuk 5 een aantal voorbeelden van eenvoudige hulpmiddelen bij het lassen gegeven.

3.1 Welke booglasprocessen lenen zich voor mechanisatie?

Alle booglasprocessen die halfautomatisch en automatisch gebruikt worden, lenen zich in principe voor mechanisatie of verdergaande mechanisatie. Het gaat dus in principe om lasprocessen die zich over een langere periode zelf in stand kunnen houden. De meest bekende booglasprocessen die gemechaniseerd of verregaand gemechaniseerd gebruikt kunnen worden zijn:

- MIG/MAG lassen;
- TIG lassen;
- (Micro-)Plasmalassen;
- Poederplasmalassen;
- Lassen met grote vermogens of hoge snelheden, waaronder het (TIME, Rapid-Arc, Rapid melt, Roterende boog en Twin-arc lassen);
- Plasma-MIG lassen;
- Onder poeder lassen.

Hoewel in principe hier ook het booglassen met beklede elektrode (zwaartekrachtlassen) genoemd zou mogen worden, blijkt toch dat in de meeste gevallen het zwaartekrachtlassen voor mechanisatiedoelinden volledig is vervangen door het MAG lassen.

Ten aanzien van al deze lasprocessen kan, met betrekking tot de te kiezen vorm van mechanisatie, gekozen worden uit twee opties te weten:

- Het (las)proces wordt langs het product bewogen;
- Het product wordt langs het (las)proces bewogen.

In veel gevallen zijn het gewicht en de afmetingen van het product bepalend of het product gemanipuleerd kan worden, dan wel dat de lastoorts langs het product moet bewegen.

Bij zware en grote producten (schepen, booreilanden, ketels, enz.) is het onmogelijk het product te manipuleren en moet het lassen aan het product plaatsvinden.

Voor het lassen of bewerken van kleinere producten kan worden gekozen voor de manipulatie van het pro-

duct, waarbij de lastoorts of een ander gereedschap in een stationaire opstelling geplaatst wordt. Kleinere producten kunnen worden gemanipuleerd door een robot of een speciaal geconstrueerde productautomaat, maar ook een simpele manipulator (bijv. draaitafel) kan uitstekende diensten bewijzen voor het verplaatsen van het product.

Als de lastoorts of het gereedschap zich verplaatst ten opzichte van het product, moeten de producten ingeklemd en/of opgespannen worden in lasmallen. Dit zorgt altijd voor extra kosten, die meegenomen moeten worden in de investeringsberekening.

3.2 Welke randvoorwaarden gelden er?

Zoals altijd wordt er bij het investeren in productiemiddelen gekeken naar twee zaken, te weten de economische en de technische haalbaarheid. Ten aanzien van de economische haalbaarheid wordt over het algemeen aandacht geschonken aan de volgende aspecten:

- (Investerings)kosten;
- Besparingen;
- R.O.I. (rendement op het geïnvesteerde vermogen).

Over het algemeen is het zo dat het management op basis van deze getallen een beslissing neemt of er geïnvesteerd mag worden of niet. Voordat deze getallen beschikbaar zijn, is er meestal al aandacht geschonken aan de technische haalbaarheid en is bekend of mechanisatie technisch mogelijk is, alsmede welke lassnelheden, cyclustijden, enz. realiseerbaar zijn. Bijna altijd zal dus eerst de technische haalbaarheid worden nagegaan en wordt hierna bekeken of het economisch verantwoord is de investering te plegen. In de praktijk is het meestal niet zo zwart/wit, omdat vaak al in een vroegtijdig stadium globaal berekend wordt of een eventuele investering rendabel is of niet en hoe groot de maximale investering ongeveer mag zijn. In bijna alle gevallen zijn grote investeringen in lasapparatuur toelaatbaar als er wordt bespaard op de loonkosten (verhogen van de procentuele inschakelduur). In figuur 3.1 wordt dit door een eenvoudig voorbeeld uit het NIL programma COSTCOMP weergegeven.

COSTCOMP® - SNr: 5.0.0104.3501 - [vergelijkingsmodus]				
Bestand Vergelijk Eigenschappen Lasnaad Set up Help				
Met gebruikmaking van vooraf gedefinieerde data				
		135 M 1.0 mm	135 M 1.0 mm	
		18,6 mm²	18,6 mm²	
Neersmeltsnelheid	kg/h	3,55	3,55	
Kosten per kg poeder of m³ gas	€	5,04	5,04	
Kosten voor 1000 elektrodes of kg draad	€	1,26	1,26	
Uurtarief (zonder apparatuur overhead)	€	22,90	22,90	
Uren per jaar	h	1500	1500	
Inschakelduur	%	28	42	
Hoeveelheid werk onder keur	%	100	100	
Afkeur percentage	%	5	5	
Totale investeringen	k€	4,000	75,000	
Rente	%	8	8	
Afschrijftermijn	yr	5	5	
Totale kosten per jaar	k€	41,236	62,282	
Neergesmolten lasmetaal per jaar	kg	1416,45	2124,68	
Gewicht per meter	kg	0,15	0,15	
Totale kosten per kg lasmetaal	€	29,11	29,31	
Percentage van de totale las	%	100	100	
Kosten voor dit gebied (per meter)	€	4,26	4,29	
Totale kosten voor deze las (per meter)	€	4,26	4,29	
Productiviteit	kg/h	0,94	1,42	
Veranderen niet mogelijk		NUM	SCR	CAP 2007-10-13#16:04

figuur 3.1 Resultaat van een verandering in de inschakelduur op de investeringskosten bij nagenoeg gelijkblijvende laskosten

We berekenen in dit voorbeeld voor een tweetal situaties (verschillende procentuele inschakelduur) de kostprijs per meter laswerk op basis van de volgende algemene gegevens:

- Lasproces MAG massieve draad;
- Lasnaad: Hoeknaad a-hoogte 4 mm;
- Laspositie: PA (onder de hand);
- Draaddiameter: 1,0 mm.

Het gegeven voorbeeld toont aan dat er vaak aanzienlijke investeringen toelaatbaar zijn als de procentuele inschakelduur door mechanisatie wordt verhoogd. Een verbetering van de procentuele inschakelduur met 50% (van 28 naar 42%) rechtvaardigt, bij nagenoeg gelijkblijvende kosten per meter lasmetaal, een investering van € 75.000 ten opzichte van een investering van € 4.000; bijna een factor 20 dus!

Daar het bij eenvoudige mechanisatie vaak gaat om veel kleinere investeringen, is het nuttig de berekening ook eens op een andere manier uit te voeren namelijk uitgaande van een investering van € 20.000 en hierbij na te gaan bij welke verhoging van de procentuele inschakelduur de kosten per meter laslengte gelijk worden. Dit is gedaan in het voorbeeld van figuur 3.2, waarbij de condities hetzelfde zijn als bij het voorbeeld in figuur 3.1. Uit het voorbeeld van figuur 3.2 blijkt dat een investering van € 20.000 nagenoeg gelijkblijvende laskosten per meter lengte oplevert, als er een procentuele verhoging van de inschakelduur tegenover staat van slechts 3%.

Uit oogpunt van een verlaging van de kostprijs van het product levert u dat echter nog niets op (wel ten aanzien van de eerder genoemde andere aspecten als reproduceerbaarheid, productiecapaciteit, arbeidsomstandigheden, enz.). Een verhoging van de procentuele inschakelduur met 10 procent levert u echter al winst ten aanzien van de laskosten op van ruim 15%. Nemen we aan dat de gemiddelde laskosten voor een product op 20% liggen, dan wordt dus een product verkregen dat ca. 3% goedkoper is. Afhankelijk van het type product kan dit

het verschil betekenen tussen winst of verlies op een product.

De technische haalbaarheid bepaalt mede of mechanisatie realiseerbaar is of niet. Veelal worden hiervoor leveranciers ingeschakeld die aan moeten tonen dat mechanisatie technisch haalbaar is. Meestal eindigt dit soort onderzoek in het lassen van een proefserie producten waarbij de kwaliteit van de producten en de kosten voor het vervaardigen hiervan de belangrijkste maatstaven vormen voor het al dan niet invoeren van de mechanisatie binnen het bedrijf.

Soms blijkt ook uit dit onderzoek dat mechanisatie nog niet mogelijk is, of niet zonder meer het gewenste rendement oplevert. In dit geval kan worden gezocht naar alternatieven om het gemechaniseerd lassen wel rendabel en met de gewenste kwaliteit uit te kunnen voeren. Dit kan bijvoorbeeld zijn door aanpassingen te plegen in het voorbereidingstraject, het doorvoeren van constructieve wijzigingen aan het product, het inzetten van extra randapparatuur, het vervaardigen van extra spanen en klemmiddelen, enz. Elke keer zal dan moeten worden nagegaan welke consequenties de voorgestelde wijzigingen hebben op de kostprijs van het product. Mechanisatie kan alleen maar succesvol worden uitgevoerd, als er met een aantal aspecten rekening wordt gehouden. Een belangrijke regel is hierbij dat men zich moet realiseren dat de flexibiliteit van een handlasser alleen maar kan worden benaderd bij het gemechaniseerd lassen. Zelfs voor robots, met de best uitgeruste sensoren, geldt nog altijd dat ze de mindere zijn van de handlasser als het aankomt op flexibiliteit (bijv. terugkoppeling van de lasbadwaarneming in wijziging van de lasparameters). Hier tegenover staan echter tal van pluspunten waar de lasser het af moet leggen tegen mechanisatie van het lassen. Wil mechanisatie succesvol geïmplementeerd kunnen worden, dan is het noodzakelijk een aantal simpele aanbevelingen te hanteren. Deze zijn op de volgende pagina in een kader weergegeven.

COSTCOMP® - SNr: 5.0.0104.3501 - [COSTCOMP.SES]				
Bestand Vergelijk Eigenschappen Lasnaad Set up Help				
Met gebruikmaking van vooraf gedefinieerde data				
		135 M 1.0 mm	135 M 1.0 mm	
		18,6 mm²	18,6 mm²	
Neersmeltsnelheid	kg/h	3,55	3,55	
Kosten per kg poeder of m³ gas	€	5,04	5,04	
Kosten voor 1000 elektrodes of kg draad	€	1,26	1,26	
Uurtarief (zonder apparatuur overhead)	€	22,90	22,90	
Uren per jaar	h	1500	1500	
Inschakelduur	%	28	31	
Hoeveelheid werk onder keur	%	100	100	
Afkeur percentage	%	5	5	
Totale investeringen	k€	4,000	20,000	
Rente	%	8	8	
Afschrijftermijn	yr	5	5	
Totale kosten per jaar		41,236	45,966	
Neergesmolten lasmetaal per jaar		1416,45	1568,21	
Gewicht per meter		0,15	0,15	
Totale kosten per kg lasmetaal		29,11	29,31	
Percentage van de totale las		100	100	
Kosten voor dit gebied (per meter)		4,26	4,29	
Totale kosten voor deze las (per meter)		4,26	4,29	
Productiviteit		0,94	1,05	
Gegevens over neersmelt en / of stroomsterkte; geeft een sub-menu				
NUM SCR CAP 2007-10-15#21:09				

figuur 3.2 De benodigde verhoging van de inschakelduur, om bij een investering van € 20.000,-- nagenoeg dezelfde laskosten per meter te bereiken

Aanbevelingen voor de invoering van mechanisatie bij het lassen

Vanuit het constructiebureau/de werkvoorbereiding

- ▶ standaardisatie van materialen
- ▶ standaardisatie van maten en vormen

Vanuit het constructiebureau/de productie

- ▶ zeker stellen van de toegankelijkheid van de lasnaad
- ▶ toepassen van simpele lasnaadvormen
- ▶ tijdens het lassen moet de positie van de lasnaad ten opzichte van het lasproces (in grote lijnen) gewaarborgd zijn
- ▶ de mogelijkheid moet aanwezig zijn het lasproces vooraf of tussentijds te kunnen besturen, regelen of corrigeren en wel:
 - manueel via de lasser of operator
 - mechanisch via leidingen
 - elektronisch via sensoren
- ▶ combinaties van bovenstaande mogelijkheden
- ▶ keuzes maken ten aanzien van wat moet bewegen: het proces of het product
- ▶ nauwkeurige voorbereiding van lasnaadkanten
- ▶ gebruik van smeltbadondersteuningen

Vanuit het constructiebureau/de werkvoorbereiding

- ▶ Standaardisatie van materialen;
- ▶ Standaardisatie van maten en vormen.

Het is verstandig uit oogpunt van efficiency rekening te houden met deze aspecten. Bij het mechaniseren van het laswerk is het echter een noodzaak hier kritisch naar te kijken, omdat apparaten voor het gemechaniseerd lassen meestal niet zonder meer geschikt zijn voor bijvoorbeeld het lassen van roestvast staal en aluminium.

Standaardisatie van maten en vormen is gewenst om de omsteltijden van de apparatuur zo klein mogelijk te houden. Soms wordt gebruikgemaakt van eenvoudige apparatuur die kan worden vastgeklemd op onderdelen van de te lassen constructie. In dit geval is het zinvol om zoveel mogelijk dezelfde vormen te hanteren.

Vanuit het constructiebureau/de productie

- ▶ *Zeker stellen van de toegankelijkheid van de lasnaad*
Als hiertegen wordt gezondigd, kan het voorkomen dat er niet gemechaniseerd kan worden gelast, omdat de apparatuur of lastoorts niet op de gewenste plaats kan worden gebracht. Een handlasser is in dit opzicht veel flexibeler en toleranter dan welke vorm van mechanisatie, inclusief robots.
- ▶ *Toepassen van simpele lasnaadvormen*
Hoe simpeler de lasnaadvorm des te simpeler de vorm van mechanisatie die kan worden toegepast. Bijna altijd geldt dat naarmate de lasnaadvorm eenvoudiger is, de voorbereiding minder nauwkeurig uitgevoerd hoeft te worden en dat de procestoleranties tijdens het lassen ruimer mogen zijn.
- ▶ *Tijdens het lassen moet de lasnaad ten opzichte van het lasproces (in grote lijnen) gewaarborgd zijn*
Dit is een voorwaarde om geen gebruik te hoeven maken van sensoren. Sensoren zijn veelal duur, kwetsbaar en nemen meestal ruimte in beslag. Dit geldt zeker als niet volstaan kan worden met de traditionele sensoren voor het zoeken (tactiel) of het volgen van de lasnaad (via de lasboog). In alle gevallen geldt dat, naarmate de afwijkingen groter worden, de cyclustijden toenemen en een deel van de winst verloren gaat.
- ▶ De mogelijkheid moet aanwezig zijn het lasproces vooraf of tussentijds te kunnen besturen, regelen of corrigeren en wel:
 - o Manueel via de lasser of operator;
 - o Mechanisch via geleidingen;
 - o Elektronisch via sensoren;
 - o Combinaties van bovenstaande mogelijkheden.

Vanuit de lasser

Bij het mechaniseren van het lassen wordt er altijd naar gestreefd de invloed van de lasser zoveel mogelijk te beperken. Enerzijds om het de lasser/operator zo makkelijk mogelijk te maken en anderzijds om de kans op vergissingen en afwijkingen zo klein mogelijk te houden.

Ingrijpen door de lasser moet echter wel mogelijk blijven om voor de hand liggende reden.

- ▶ *Keuze tussen wat moet bewegen: het proces of het product*
Bepalend in veel gevallen hiervoor zijn de afmetingen en het gewicht van het product.
- ▶ *Nauwkeurige voorbereiding van lasnaadkanten*
Het is altijd wenselijk bij het gemechaniseerd lassen de voorbereidings- en/of aanbouwtoleranties zo klein mogelijk te houden. Hierdoor hoeft de lasser zo min mogelijk te corrigeren gedurende het lassen en zijn vaak hogere lassnelheden en dus kortere cyclustijden realiseerbaar. De kosten voor het nauwkeuriger voorbereiden van de productdelen moeten worden afgewogen tegen de baten vanuit de productie.
- ▶ *Gebruik van smeltbadondersteuningen*
Indien de producten zodanig van vorm of afmetingen zijn dat het niet mogelijk is de voorbereidings- en/of aanbouwtoleranties binnen de door het lasproces gestelde eisen te handhaven, bestaat de mogelijkheid gebruik te maken van zogenaamde smeltbadondersteuningsmaterialen voor het lassen. De kosten voor het aanbrengen van deze materialen en weer verwijderen, alsmede de kosten van de materialen zelf (bij eenmalig gebruik), moeten worden afgewogen tegen de winst die het gebruik van dergelijke materialen oplevert. Winst, doordat er nu gemechaniseerd gelast kan worden en/of doordat met hogere stroomsterkten en lassnelheden gelast kan worden.
- ▶ *COSTCOMP als computerprogramma kan behulpzaam zijn bij het maken van een keuze.*

4 Hoe pakken we het aan?

Afhankelijk van de gekozen vorm van mechanisatie kunnen met de aan te schaffen apparatuur grote bedragen zijn gemoeid. Het is om deze reden belangrijk de uiteindelijk te volgen stappen goed voor te bereiden om te zorgen dat het geïnvesteerde vermogen zijn rendement gaat opbrengen.

Mechaniseren van het lassen begint echter niet met het nadenken over welke apparaten aangeschaft moeten worden om het laswerk te mechaniseren, maar kent nog een traject hiervoor, namelijk het optimaliseren van alles dat direct of indirect te maken heeft met het lassen en de lasser.

Optimaliseren behoort altijd de eerste stap op weg naar mechanisatie te zijn. Hierbij wordt bedoeld dat de bestaande situatie geanalyseerd wordt en nagegaan wordt hoe met relatief eenvoudige middelen het resultaat kan worden verbeterd.

Afhankelijk van het type bedrijf en de producten die moeten worden gelast, kan deze optimalisatiefase verschillend zijn. De volgende aandachtspunten zijn aan de hand van vele praktijksituaties echter nuttig gebleken.

4.1 Voorbereiding

Allereerst wordt het product of de producten getoetst aan de volgende criteria:

- ▶ Kwaliteit;
- ▶ Economie;
- ▶ Doorlooptijd.

4.1.1 Kwaliteit

Wordt er voldaan aan de gestelde eisen. Hierbij geldt dat goed, goed genoeg is. Verdere optimalisatie kost vaak handenvol geld en heeft alleen zin als de klant hierom vraagt en er ook voor betalen wil.

4.1.2 *Economie*

Wordt tegen de laagste totaalkosten aan de kwaliteitseisen voldaan? Hierbij wordt niet alleen gekeken naar de ontwerp- en fabricagekosten, maar ook naar de te verwachten kosten van reparaties en iets dat steeds actueler wordt: recycling en demontage.

4.1.3 *Doorlooptijd*

Komt het product in de kortst mogelijke tijd tot stand, vanaf ontwerp tot en met de definitieve oplevering aan de klant? Zo niet, waar wordt dit dan door veroorzaakt en wat kan hier aan worden gedaan?

Optimalisatie ten aanzien van het lassen; dit houdt in dat kritisch gekeken wordt naar onder andere:

- ▶ de maat- en positietoleranties van de productdelen;
- ▶ te veel en overbodig laswerk;
- ▶ te ruime toleranties ten aanzien van de geometrie van de las (te grote a-hoogten);
- ▶ te lage procentuele inschakelduur (waardoor veroorzaakt?);
- ▶ te veel afkeur van het laswerk;
- ▶ te hoge reparatie- en herstelkosten;
- ▶ te lage las- en neersmeltsnelheden.

Optimalisatie ten aanzien van de lasser en zijn omgeving waaronder:

- ▶ minder monotoon werk en een betere ergonomie voor de lasser;
- ▶ meer zelf kunnen regelen; eigen initiatief van de lasser wordt beloond;
- ▶ spreiding van het vakmanschap over meerdere personen hetgeen de inzetbaarheid van het personeel verhoogt;
- ▶ goede en mogelijk betere afzuiging op de werkplek;
- ▶ goede en misschien betere verlichting op de werkplek;
- ▶ goede en praktisch bruikbare persoonlijke beschermingsmiddelen (8 uur per dag draagbaar!).

In de praktijk blijkt niet zelden dat het traject van optimaliseren zeer veel winst oplevert voor het bedrijf zonder dat hier ingrijpende veranderingen voor noodzakelijk zijn. Pas als dit traject afgelegd is, kan zinvol het volgende traject worden ingegaan, namelijk het mechaniseren van het laswerk.

4.2 *Plan van aanpak*

Afhankelijk van de aard en omvang van de mechanisatie kunnen hierbij de volgende sequentiële stappen worden gevolgd (Plan van Aanpak):

4.2.1 *Samenstellen werkgroep om het traject te begeleiden*

Als het om eenvoudige mechanisatie van het lassen gaat, is het vaak voldoende dat de lassers en de lassersbaas rond de tafel gaan zitten en bepalen wat en welke vorm van mechanisatie er moet komen. Bij grotere investeringen en uitgebreidere vormen van mechanisatie van het lassen is het verstandig een werkgroep te formeren.

Het is nuttig als hieraan medewerkers van verschillende disciplines uit het bedrijf deelnemen. Dit heeft als voordeel dat de gekozen vorm van mechanisatie wordt ondersteund vanuit de verschillende disciplines en dat er vanuit diverse invalshoeken naar het probleem gekeken wordt. Hierdoor is de kans op mislukkingen kleiner en wordt er een breed draagvlak gecreëerd bij het invoeren van de gewenste mechanisatie bij het lassen.

4.2.2 *Inventarisatie van de producten die voor mechanisatie in aanmerking komen*

Het is een noodzaak na te gaan welke producten er gemechaniseerd gelast moeten worden en hier de mechanisatie van het totale (las)proces op af te stemmen.

Aspecten die hierbij aan de orde komen betreffen onder andere:

- ▶ materiaalsoort;
- ▶ productvormen;
- ▶ materiaalafmetingen;
- ▶ lasposities;
- ▶ type lasnaden;
- ▶ hoeveelheid lasnaden;
- ▶ lasnaadvoorbewerking;
- ▶ seriegrootte.

Een handig hulpmiddel voor een eerste, snelle inventarisatie van een aantal zaken bieden de in Bijlage I opgenomen matrices ten aanzien van de producten, de productie en de mechanisatie.

4.2.3 *Welke vorm van mechanisatie wordt gekozen?*

Hiervoor is het noodzakelijk eerst de vraag te beantwoorden of het product dan wel de procesdrager moet bewegen. Hiernaast is het nuttig inzicht te hebben in datgene wat de markt te bieden heeft op het gebied van lasmechanisatie. Sommige leveranciers leveren kant en klare oplossingen andere juist weer modules waarmee de gebruiker zelf zijn gewenste mechanisatie van het lassen samen kan stellen.

4.2.4 *Opstellen programma van eisen (PVE)*

Het is noodzaak, vanuit de wensen die geformuleerd zijn voor de mechanisatie van het lassen, te komen tot het opstellen van een programma van eisen waaraan de apparatuur moet voldoen. Dit Programma Van Eisen dient enerzijds als basis voor het aanvragen van offertes bij verschillende leveranciers en anderzijds voor eventueel overleg met leveranciers. Misverstanden worden hierdoor voorkomen en men komt gerichter en sneller tot resultaten.

4.2.5 *Offertes aanvragen*

Op basis van het Programma Van Eisen kan bij meerdere leveranciers offertes worden aangevraagd. Door deze offertes te vergelijken met het opgestelde Programma Van Eisen, kan hierna op een verantwoorde manier een keuze worden gemaakt.

4.2.6 *Uitvoeren van lasproeven*

Afhankelijk van de grootte van de investering en de hieraan verbonden risico's, kan het zinvol zijn lasproeven uit te laten voeren door de leverancier van de aan te schaffen mechanisatiemiddelen, om na te gaan of de gewenste kwaliteit realiseerbaar is en om een indruk te krijgen wat de te verwachten cyclustijden zullen zijn. Het is altijd verstandig bij deze proeven zelf aanwezig te zijn, omdat zo kan worden nagegaan waar zich eventueel nog problemen bevinden, of er nog aanpassingen in het voortraject noodzakelijk zijn (constructie, voorbewerking) en om vragen van de leverancier direct te kunnen beantwoorden.

4.2.7 *Aanschaf, opleiding, afname*

Op basis van de uitgebrachte offertes en eventueel uitgevoerde lasproeven wordt nu overgegaan tot de aanschaf van de apparatuur waarna, afhankelijk van de complexiteit van de apparatuur, een opleiding voor de gebruiker door de leverancier verzorgd wordt en het apparaat kan worden afgenomen.

4.2.8 *Implementatie binnen de productie*

Als het apparaat aangeschaft is en een afnamecontrole heeft plaatsgevonden, zal het in de productie moeten worden geïmplementeerd onder begeleiding van de leverancier of de medewerkers die bij de voorgaande traject-

ten betrokken zijn geweest. Dit is een belangrijke stap, omdat hierbij niet alleen de techniek geïmplementeerd moet worden, maar er moet ook een draagvlak worden gecreëerd om het apparaat te accepteren en te gebruiken en ondersteuning te bieden bij eventuele problemen. Alleen op deze manier is het mogelijk een snelle en efficiënte introductie van nieuwe middelen voor de mechanisatie van het lassen mogelijk te maken.

4.2.9 *Evaluatie; heeft de investering het gewenste rendement opgeleverd?*

In dit traject wordt nagegaan of de te verwachten rendementsverbetering is gerealiseerd. Als dit niet of onvoldoende het geval is, kan bijstelling noodzakelijk zijn om deze rendementsverbetering alsnog te realiseren. Naast de economische aspecten is het noodzakelijk ook de technische aspecten mee te nemen in deze evaluatie, zodat een volledig beeld kan worden verkregen.

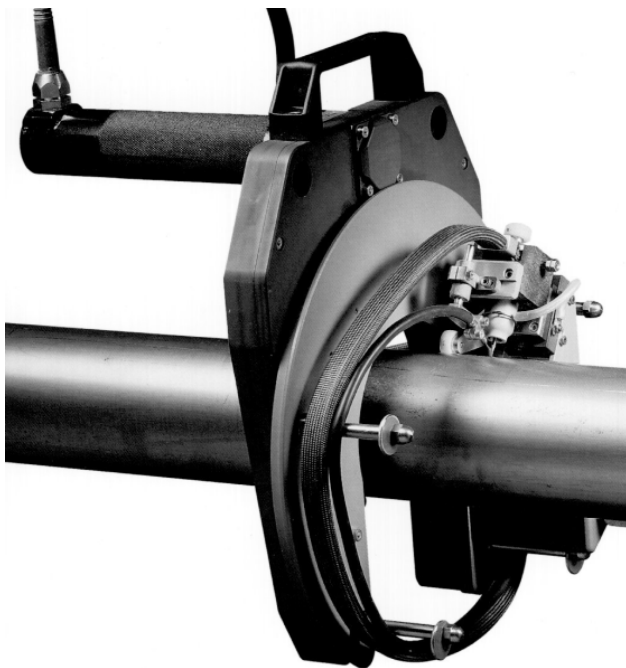
5 *Enkele voorbeelden van eenvoudige mechanisatie*

Bij het mechaniseren van het laswerk dient er een min of meer eenparige instelbare beweging van het proces of het product te zijn. Zoals eerder gezegd kan hierbij gekozen worden uit twee varianten namelijk:

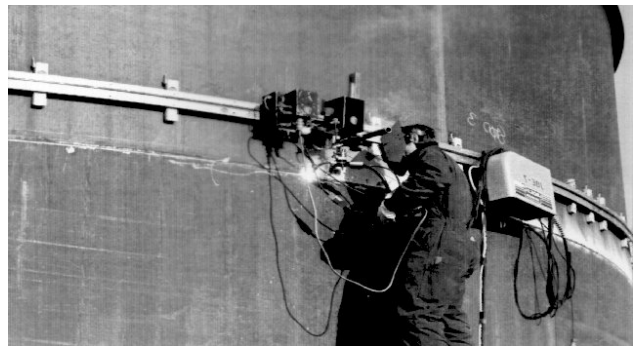
- het proces beweegt;
- het product beweegt.

Een aantal voorbeelden van hulpmiddelen voor eenvoudige mechanisatie van het lassen van beide situaties wordt hierna gegeven om de gebruiker van deze praktijk aanbeveling een idee te geven wat er zoal in de markt te verkrijgen is. Dit kan uiteraard maar voor een zeer beperkt aantal voorbeelden. Het is verstandig voor de laatste stand van de techniek informatie in te winnen bij de leveranciers van eenvoudige middelen voor het mechaniseren van het lassen.

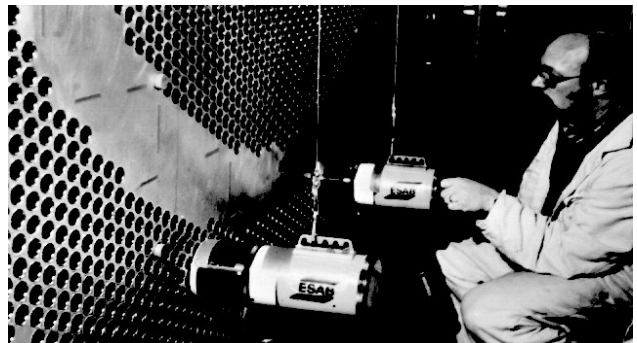
Figuren 5.1 t/m 5.5 geven een aantal voorbeelden van toepassingen waarbij het proces beweegt. De meest bekende hiervan zijn uiteraard de veel gebruikte pijp/pijp en pijpplaat lasautomaten, zoals in deze figuren is weergegeven.



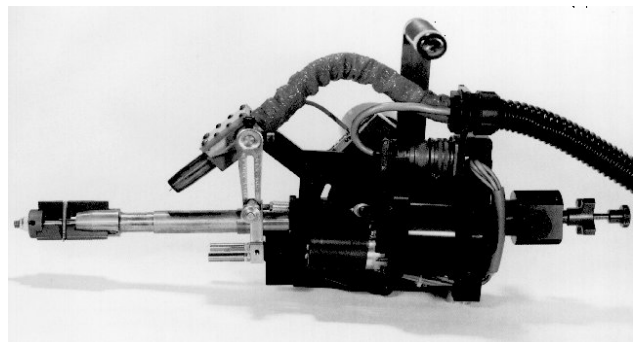
figuur 5.1 Gemechaniseerd TIG orbitaal lassen van pijpen (Foto Polysoude)



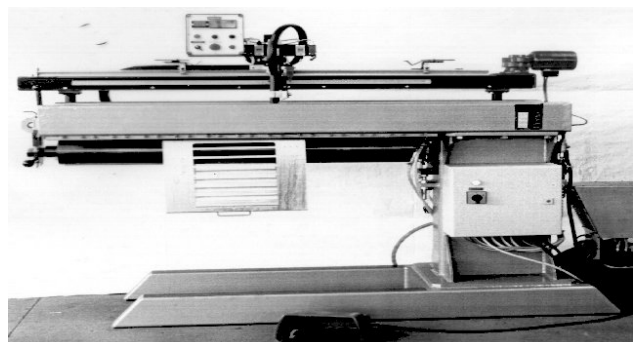
figuur 5.2 Lassen van een vat uit de zij met behulp van een tractor op rails



figuur 5.3 Gemechaniseerd TIG lassen van pijp/pijpplaat verbindingen (Foto Polysoude)

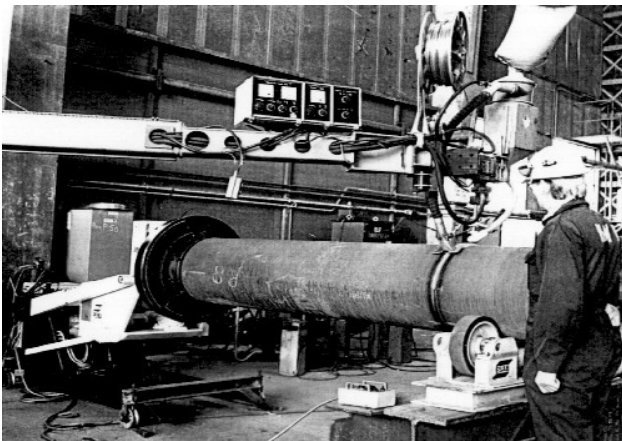


figuur 5.4 Gemechaniseerde MIG/MAG lasapparatuur voor het lassen van pijp/pijpplaatverbindingen (Foto Magnatech)

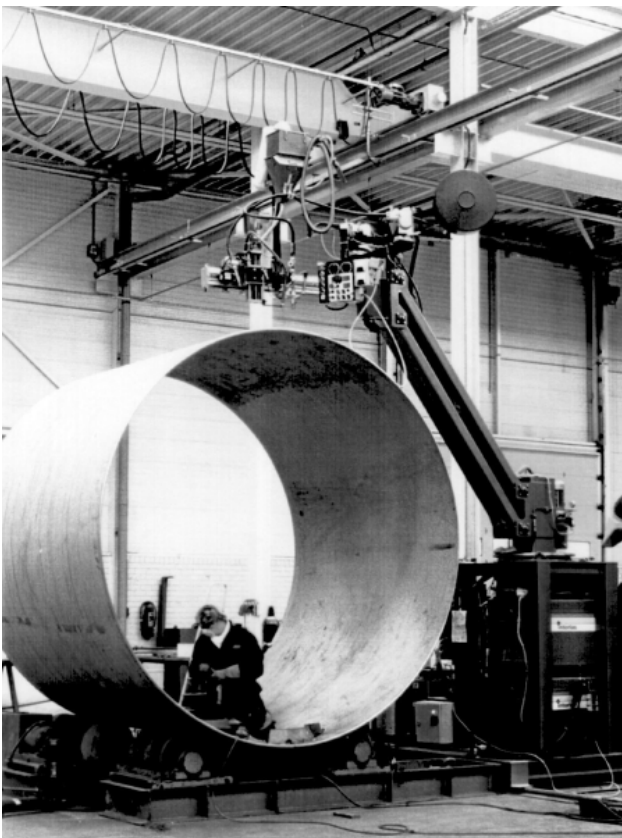


figuur 5.5 Lassen met behulp van een inklembank en langsbeweging van de lastoorts (Foto Interlas)

De figuren 5.6 en 5.7 geven een aantal voorbeelden van toepassingen waarbij het product beweegt. De meest bekende hiervan zijn uiteraard de veel gebruikte manipulator voor ronddraaiende bewegingen.



figuur 5.6 Onderpoederlassen van twee pijphelften met behulp van een manipulator en twee steunwielen



figuur 5.7 MIG/MAG lassen van een ring met behulp van een lasboom en een rollenbank (Foto Interlas)

6 Literatuur

- [1] Handboek MIG/MAG lassen. Dr. Ir. P.H. van Lent. Uitgave van het Nederlands Instituut voor Lastechniek (NIL).
- [2] Teleac cursus "Lassen, lijmen en plaatbewerken". Hoofdstuk 10. Automatisering, kwaliteitszorg en veiligheid. ISBN 90 6533 342 8.
- [3] Inventarisatie van mogelijkheden voor kleinschalige mechanisatie. TNO rapport 96MI-00548/HAN. T. de Haan. A. Gales. September 1996.
- [4] Advanced Techniques and low cost automation. Proceedings International Conference of the IIW in China in september 1994. ISBN 7-80003-318-X/TG.22.
- [5] Nederlandse scheepswerven bezoeken Japan (I t/m IV) R. Boekholt. Lastechniek mei t/m juli 1993).
- [6] Lasmechanisatie in Japanse scheepsbouw in beweging. R.A.W. van den Berg. Metaal & Kunststof nummer 12. Juli 1993.
- [7] NIL website (www.nil.nl).

BIJLAGE I Matrices

Gebruiksaanwijzing matrices:

Door het omcirkelen van datgene wat van toepassing is voor de gebruiker, wordt een snel overzicht verkregen van zijn situatie. De matrices dienen dus als inventarisatie. Het verkregen overzicht kan dienen voor inter overleg, dan wel voor overleg met leveranciers. De matrices dienen hierbij van links naar rechts te worden gebruikt. Verticaal is er geen relatie aanwezig. Het zijn dus geen selectiematrices op basis waarvan via een aantal kenmerken tot een keuze kan worden gekomen voor een bepaalde vorm van mechanisatie.

PRODUCTMATRIX

materiaalsoort	ongelegeerd staal	laaggelegeerd staal	roestvast staal	aluminium-legeringen	andere materialen	
buitenmaten product (mm)	< 500	500 - < 1000	1000 - < 2000	2000 - < 3000	≥3000	
gewicht (kg)	< 5	5 - < 25	25 - < 100	100 - < 1000	≥1000	
manipuleerbaarheid	uitstekend	goed	voldoende	matig	slecht	
geometrie	ruimtelijk	vlak	lijnvormig	symmetrisch	rotatie-symmetrisch	willekeurig gevormd
plaatdikte (mm)	< 0,5	0,5 - < 1,0	1,0 - < 3	3 - < 5	5 - < 25	≥25
aantal onderdelen	2	3 - < 5	5 - < 10	10 - < 20	20 - < 100	≥100
aantal lassen	1	2	3 - < 5	5 - < 10	10 - < 30	≥30
laslengte (mm)	hechtlassen	hechttrajecten	50 - < 100	100 - < 500	500 - < 1000	≥1000
aantal lagen	1	2	3	4 - < 6	6 - < 10	≥10
lasnaadvorm	T/l-naad	hoeknaad	overlapnaad	V-naad	X-naad	K-naad
laspositie	PA	PB	PC	PD	PF	PG
bereikbaarheid lasnaad	open > 180°	vrij 90 < 180°	beperkt 45 < 90°	sterk beperkt 30 < 45°	slecht < 30°	
vrij toegankelijk laslengte (mm)	< 50	50 - < 250	250 - < 1000 dwars	> 1000	> 1000 langs	
laskwaliteit	zeer hoge eisen	hoge eisen	normale eisen	beperkte eisen		
lasnaadinhoud (mm ³)	< 7	7 - < 12	12 - < 20	20 - < 30	≥30	
oppervlakte-gesteldheid	walshuid	primer	blank	gestraald	gesneden	
warmte-inbreng (kJ/cm)	geen eisen	< 15	15 - 25	interpass temperatuur	voorwarmen	

PRODUCTIEMATRIX

voorbewerking	knippen	verspanen	snijden	buigen	zetten	geen
producttoleranties (mm)	<0,1	0,1 - <0,3	0,3 - <0,5	0,5 - <1	1 - <3	≥3
lasproces	MIG/MAG	TIG	plasma	PPAW	OP	hoogvermogen processen
seriegrootte	1	2 - <5	5 - <10	10 - <25	25 - <100	≥100
herhaling	eenmalig	mogelijk repeterend	regelmatig terugkerend	continu terugkerend		
lasbadondersteuning	herbruikbare strip	keramiek	gebonden poeder	eigen materiaal	geen	
lasbadbescherming achterzijde	gas	geen				
materiaalkwaliteit	goed reproducerend	voldoende constant	variërend	sterk variërend		
inkoop	seriegewijs	just in time	op prijs	variërend	op voorraad	
opslag	buiten	binnen, niet geconditioneerd	binnen, geconditioneerd	in niet voorbewerkte toestand	in voorbereikte toestand	
doorstroomsnelheid	minuten	uren	dagen	weken		
aantal delen	2	3 - <5	5 - <10	10 - <20	20 - <100	≥100
aanbouwtoleranties	<0,1	0,1 - <0,3	0,3 - <0,5	0,5 - <1	1 - <3	≥3
optredende afwijkingen	dikteverschillen	uitlijnigheid	vooropening	high-low		

MECHANISATIEMATRIX

bewegingsvorm	lineair	cirkelvormig	gekromd	willekeurig		
lassnelheid (cm/min)	< 20	20 - < 40	40 - < 60	60 - < 100	100 - < 500	≥500
lasvolgorde	willekeurig	per laag	per lastraject			
baancorrectie	handmatig	mechanisch	elektronisch	afstandbediening	sensor geregeld	geen
pendelpatroon	geen	zig-zag	V-vorm	U-vorm	pieksteek	
hoogtecorrectie	handmatig	mechanisch	elektronisch	afstandbediening	sensor geregeld	geen
montagewijze	klemmen	rails	spanband	klembekken	geleidingswielen	zelfrijdend
beweging	product	proces				
lastoevoegmateriaal	geen	op laskop	op lasmachine	separaat		
besturing	potentiometer	numeriek	programmeerbaar			
draadaanvoer	push	push-pull	hulpsysteem	2-rollen	4-rollen	planetair
bijstellen nauwkeurigheid positionering (mm)	< 0,5	0,5 - < 1,0	1 - < 2	2 - < 4	4 - < 7	≥7
gewicht (kg)	< 2	2 - < 5	5 - < 10	10 - < 20	20 - < 30	≥30
lengte kabels (m)	< 3	3 - < 6	6 - < 10	10 - < 20	> 20	
bevestiging	klemsysteem	magneten	geleidewielen	vacuüm		
kans op vervuiling	geen	gering	matig	sterk		
montagetijd	< 5	5 - < 10	10 - < 30	30 - < 60	≥60	
hulpmiddelen	palletwagen	hijskraan	vorkheftruck	geen		

Auteur:

Deze voorlichtingspublicatie is opgesteld in opdracht van de Vereniging FME-CWM in het kader van het project 'Updaten VM publicaties'. Hierbij waren de volgende organisaties betrokken: SenterNovem, NIL, NIMR, FDP, Syntens, TNO Industrie en Techniek en de Vereniging FME-CWM/Industrieel Technologie Centrum (ITC).

De auteur, Ben Stoop (TNO Industrie en Techniek) werd ondersteund door een klankbordgroep bestaande uit: Ton Gales (TNO Industrie en Techniek), Henk Bodt (NIL) Jo van de Put (Syntens), Ger Vaessen (GVA) en Peter Boers (FME).

Bronvermelding:

Voor het samenstellen van deze publicatie is gebruik gemaakt van de volgende bronnen:
Diverse NIL-publicaties, VM-publicaties en Tech-Info-bladen.

Technische informatie:

Voor technisch inhoudelijke informatie over de in deze voorlichtingspublicatie behandelde onderwerpen kunt u zich richten tot de auteur Ben Stoop (tel.: 040 - 265 00 00, e-mail: ben.stoop@tno.nl) en:

Nederlands Instituut voor Lastechniek (NIL)

Bezoekadres: Boerhaavelaan 40,
2713 HX Zoetermeer
Correspondentie-adres: Postbus 190,
2700 AD Zoetermeer
Telefoon: 088 - 400 85 60
Fax: 079 - 353 11 78
E-mail: info@nil.nl
Internet: www.nil.nl

Informatie over, en bestelling van VM-publicaties, Praktijkaanbevelingen en Tech-Info-bladen:

Vereniging FME-CWM/Industrieel Technologie Centrum (ITC)

Bezoekadres: Boerhaavelaan 40,
2713 HX Zoetermeer
Correspondentie-adres: Postbus 190,
2700 AD Zoetermeer
Telefoon: 079 - 353 11 00/353 13 41
Fax: 079 - 353 13 65
E-mail: info@fme.nl
Internet: www.fme.nl



Netherlands Institute
for Metals Research



Federatie
dunne plaat

SenterNovem



© Vereniging FME-CWM/december 2007 - 03

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke ander wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Hoewel grote zorg is besteed aan de waarborging van een correcte en, waar nodig, volledige uiteenzetting van relevante informatie, wijzen de bij de totstandkoming van de onderhavige publicatie betrokkenen alle aansprakelijkheid voor schade als gevolg van onjuistheden en/of onvolkomenheden in deze publicatie van de hand.

Vereniging FME-CWM
Afdeling Technologie en Innovatie
Postbus 190, 2700 AD Zoetermeer
telefoon 079 - 353 11 00
telefax 079 - 353 13 65
e-mail: info@fme.nl
internet: www.fme.nl

