

# Industrie

Innovatie Positie Studie uitgevoerd in het kader van  
het project Innovatie Prestatie Contracten 'Flevo-Inno'

Almere, mei 2008



N714MR04

---

## Inhoudsopgave

Inleiding	4
1. Kennis	5
2. Ontwikkelingen oppervlaktetechnologie	7
2.1. HVOF draadspuiten	7
2.2. Cold spray proces	7
2.3. Thermal Sprayed Aluminium (TSA)	8
2.4. Opdampen (PVD)	8
2.5. LuminOre	9
2.6. Keronite	9
2.7. Self-healing coatings	10
2.8. Ontwikkelingen van spuitmaterialen	11
2.9. Gevulde draad	11
2.10. Duurzame scheepsbouw	12
2.11. Vervanging van chroom-6	12
2.12. Regeltechniek	13
3. Ontwikkelingen lastechnologie	14
3.1. Duplex-lassen	14
3.2. Friction Stir Welding	15
3.3. Laserlassen	15
3.4. Plasma poeder booglassen	16
3.5. Hoog vermogen MAG-lassen	17
3.6. Elektronenbundellassen	17
3.7. Orbitaal lassen	18
3.8. Surface Tension Transfer lassen	18
3.9. Lassen van ongelijksoortige materialen	19
3.10. Lastoevoegmaterialen	20
3.11. Draadtoevoersystemen	20
3.11.1. Carbotip	20
3.11.2. Pneumatic Feed Assit	21
3.12. Gezondheidseisen	21
4. Lichtgewicht materialen	22
4.1. Vezel-Aluminiumlaminaten	22
4.2. Magnesium	22
5. Mechanisch verbinden	24
5.1. Clinchen of drukvoegen	24
5.2. Ponsklinken	25
5.3. Blindklingschroefdraad	26
5.4. Inpers-felsschroefdraad	26

---

6. Energieverbruik	28
6.1. Energieverbruik in de industrie	28
6.2. Kansen voor efficiënter energieverbruik	28
7. Business cases	31
7.1. Ginaf (Lacomet)	31
7.2. Thermal Spray Aluminium - sluisdeuren	31
7.3. Temcor aluminium domes	33
7.4. Magnesium rollator – magnesium extrusie	34
A. Economische positie MKB industrie	35
Orderpositie	35
Investerings	36
Werkgelegenheid	37
Vooruitzicht economische groei	37
Referentielijst	38

---

## Inleiding

Het doel van deze Innovatie Positie Studie, als onderdeel van de pre-IPC Flevvo-Inno, is het versterken van de economische structuur van de provincie en de kennis- en onderwijsinfrastructuur in de industrie. Door vanuit verschillende oogpunten ontwikkelingen te belichten worden innovatiekansen naar voren gehaald die bedrijven aan kunnen grijpen om hun strategische positie te versterken. De IPC en IPS richten zich voornamelijk op bedrijven met 5 of meer medewerkers. Dit betreft in de provincie Flevoland ruim 600 bedrijven.

In deze studie zijn onder andere sectorrapporten van diverse brancheverenigingen zoals VNO NCW, MKB Nederland, Aluminium Centrum, FME en Metaalunie als bronnen gebruikt. De innovatie Positie Studie richt zich vooral op de thema's materiaal- en oppervlaktetechnologie. Uitgebreid onderzoek van de sector heeft geleid tot een interessant overzicht van innovatieve ontwikkelingen. Business cases van een aantal succesvolle innovaties in de industrie vormen het slotstuk van deze IPS. Onderzochte sectoren voor deze IPS zijn onder andere petrochemie, scheepsbouw, machinebouw, offshore, transportmiddelen, oppervlaktetechniek en pijpleidingen/drukvlaten.

De IPC wordt uitgevoerd door het Technocentrum Flevoland en het Kennis-transferCentrum Bouw & Industrie (KCBI). Het Technocentrum treedt op als penvoerder.

---

## 1. Kennis

Kennis functioneert als grondstof voor technologische innovatie. Kennis alleen is echter niet voldoende om ook daadwerkelijk tot innovatie te komen. Koppeling aan de markt geeft zicht op winstgevende nieuwe en vernieuwde productmarkt combinaties. Kennis vormt in toenemende mate een strategische factor voor bedrijven. Het vormt de basis voor onderscheidend vermogen en concurrentievoordeel. Het biedt een weg om uit de wurggreep van concurrentie 'op kosten alleen' te geraken of te blijven.

Er worden miljoenen in research gestoken, zowel nationaal als internationaal. Het blijft echter moeizaam voor veel MKB bedrijven om tot succesvolle benutting van de resultaten ervan te komen. Er bestaat nog steeds een kloof tussen de, veelal theoretische, uitkomsten van research en de concrete behoefte van bedrijven aan oplossingen. MKB bedrijven zelf dienen het initiatief te nemen om de kloof te overbruggen. Belangrijk daarbij is aandacht te geven aan het vergroten van het opnamevermogen van kennis door individuele bedrijven. Hierbij dient men zich te realiseren dat kennis 'op mensen voeten' gaat.

Kunnen meedenken met de klant is een noodzaak. De (grote) productbedrijven formuleren hun behoeftes steeds vaker op een abstract niveau. Uitbesteders geven in toenemende mate alleen functionele specificaties. Ze willen bijvoorbeeld een bepaalde levensduur of kwaliteitsniveau gegarandeerd krijgen. Ook hebben zij door, outsourcing van activiteiten, stafafdelingen waar voorheen veel technische kennis aanwezig was afgebouwd.<sup>1</sup> Dit geeft de toeleverende bedrijven kansen om een grotere rol in de keten te gaan spelen. Zij kunnen hierdoor een partner positie innemen. Essentieel hierbij is wel dat de kennis van wat er in de keten speelt groot is en continu aangevuld wordt. Ook moeten deze bedrijven leren om de klant te helpen bij het specificeren van de wensen en deze vervolgens om te zetten in technische oplossingen.

Voor veel bedrijven dreigt er een kennistekort, met name op het vlak van materiaal- en oppervlaktetechnologie. De afgelopen jaren zijn voor deze vakgebieden de technische opleidingen grotendeels afgebouwd. Dit geldt voor het HBO maar in mindere mate ook voor het universitaire onderwijs. Dit gevoegd bij het feit dat een groot deel van de huidige experts op het gebied van materiaalkunde, coatings en corrosie de komende jaren de pensioengerechtigde leeftijd gaat bereiken, leidt tot de conclusie dat veel bedrijven in de nabije toekomst moeite zullen hebben met het oplossen van materiaalkundige vraagstukken. De benodigde kennis is echter onmisbaar en zal tegen hoge prijs ingekocht moeten worden. Het is zaak tijdig te investeren in dit vraagstuk. Een mogelijke oplossingrichting is het expliciet maken van de momenteel in het bedrijf aanwezige kennis op dit vakgebied. Deze kennis is veelal aanwezig in de hoofden van mensen. Het is zaak de kennis voor zover mogelijk en nuttig op schrift te stel-

---

len en binnen het bedrijf deze kennis over te dragen. Extern opleiden is een andere mogelijkheid.

De Vereniging voor Oppervlaktetechnieken van Materialen (VOM) heeft hiertoe bijvoorbeeld de nieuwe duale opleiding Oppervlaktetechnologie ontwikkeld. Deze opleiding is gericht op medewerkers uit de branche van oppervlakbehandeling. De duale opleiding biedt voor zowel het bedrijf als de deelnemer voordelen. De bestudeerde stof roept bij de deelnemer velerlei associaties en praktische toepassingen op vanuit zijn eigen werksituatie, zodat de deelnemer de stof makkelijker tot zich kan nemen. Het bedrijf krijgt via de deelnemer toegang tot nieuwe, direct toepasbare kennis. Tevens voert de deelnemer twee innovatieprojecten binnen het eigen bedrijf uit. Dit kan leiden tot interessante commerciële successen. Deze praktijkopdrachten zijn specifiek gericht op het stimuleren van innovatie binnen de branche. Dit varieert van bedrijfskundige of procesmatige projecten tot technologisch onderzoek en marktanalyses. Uit een onderzoek dat door de VOM is uitgevoerd onder haar leden, blijkt de relevantie van deze opleiding voor de bedrijfstak. Er is grote behoefte aan hoger opgeleid personeel om de concurrentie aan te kunnen.

---

## 2. Ontwikkelingen oppervlaktetechnologie

### 2.1. HVOF draadspuiten

HVOF (High Velocity Air Fuel) draadspuiten is een techniek die de voordelen van twee spuittechnieken samenvoegt: flexibiliteit en productiviteit van draadspuiten en de geringe porositeit en gasdoorlaatbaarheid van het HVOF-sputproces (High Velocity Oxygen Fuel). Om oxidatie van de deeltjes te voorkomen wordt er een overvloed aan brandstofgas, bijvoorbeeld propaan, toegevoerd, waardoor het oxidatiepercentage lager is dan van conventioneel draadgespoten deklagen. Deze techniek is met name geschikt voor deklagen van aluminium, corrosiebestendige nikkellegeringen en Fe-Cr-B-C gevulde draden.<sup>2</sup>

### 2.2. Cold spray proces

Het cold spray proces is een relatief nieuwe techniek, die de laatste jaren een snelle ontwikkeling doormaakt. Bij koud spuiten wordt minder thermische en meer kinetische energie toegepast. De deeltjessnelheid ligt tussen de 500 tot 900 meter per seconde. Met deze spuittechniek kan men ten opzichte van andere spuittechnieken dikkere lagen aanbrengen, die minder poreus zijn en minder oxides bevatten. Door de lagere thermische en hogere kinetische energie zijn er bepaalde beperkingen met betrekking tot het te verspuiten materiaal. Voorwaarde voor een materiaal om koud te verspuiten is, dat deze bij impact op het basismateriaal plastisch gedrag vertoont. Het proces is goed geschikt om zuivere metalen (Cu, Al, Zn, Ag, Ti, Ni) of legeringen (INC625, IN718, Hastelloy, RVS) te verspuiten. Voor het verspuiten van composieten, zoals cermets (carbide mengsels) of deklagen met een hoge hardheid, heeft het zijn beperkingen als gevolg van erosieverschijnselen op het basismateriaal en/of hoge spanningen in de opgespoten laag. Dit leidt voor dit type lagen tot beperkingen in de aan te brengen laagdikten. Volledig keramische materialen zijn niet met het cold spray proces te verspuiten.

Het cold spray proces is een in ontwikkeling zijnde techniek, waardoor er nog weinig industriële toepassingen zijn. Het aantal toepassingen groeit echter snel. De aandacht gaat voornamelijk uit naar het produceren van relatief dunne, zeer dichte en oxidevrije lagen. Voor de hand liggende toepassingen vindt men in de ruimtevaart, automobiel- en elektrotechnische (elektrische/warmte geleiders) industrie. Ontwikkelingen zijn gaande op het gebied van MCrAlY's ten behoeve van toepassingen in de luchtvaart en gas turbines en op het gebied van koper voor onder andere warmteopslag. Toepassingen zijn niet te vinden in de bescherming tegen slijtage, maar ten behoeve van corrosie/oxidatiewering en elektrische en thermische geleiding.

---

### 2.3. Thermal Sprayed Aluminium (TSA)

Thermisch gespoten aluminium lagen worden wereldwijd al zo'n zeventig jaar toegepast als corrosiewerende laag op stalen ondergronden, vooral bij toepassingen in of in de buurt van zeewater. TSA biedt echter ook toepassingsmogelijkheden in andere omgevingen. Afhankelijk van de gebruiksduur van het object kunnen integrale kosten van TSA-lagen lager uitvallen dan die van verflagen of dompelverzinklagen. Ook belasten aluminium en de oxiden het milieu minder dan bijvoorbeeld zink. TSA-lagen worden in Nederland tot nu toe nog beperkt toegepast. Van partijen als Rijkswaterstaat, ProRail en Gemeentewerken Rotterdam is bekend dat ze met TSA werken. Voorbeelden zijn het stalen frame van het geluidsscherm langs de A16, de sluisdeuren en meerpalen in de Zandkreeksluis, de roldeur in de Westsluis bij Terneuzen (zie de business case), de damwand van de haveningang van Texel evenals een serie hydraulische kleppenblokken en kabeltrommels bij de Stormvloedkering Oosterschelde.<sup>3</sup>

### 2.4. Opdampen (PVD)

Bij opdampen, ook wel Physical Vapour Deposition (PVD) genoemd, wordt het uitgangsmateriaal op verschillende manieren thermisch tot verdamping gebracht. Bijvoorbeeld door directe of indirecte verhitting met een elektrische stroom of door gebruik te maken van een elektronenbundel.

Alleen materialen die voldoende dampspanning hebben bij hoge temperatuur komen in aanmerking voor opdamptechnieken. Voor zuivere elementen is de techniek het meest geschikt, voor verbindingen ligt het moeilijker. Het substraat is meestal op aardpotentiaal, er is dus geen potentiaal verschil met het doelmateriaal. Het verdampte materiaal condenseert op het substraat. Deze eenvoudige en wijdverbreide techniek levert over het algemeen, zeker bij hoge afzetsnelheden, poreuze lagen met een geringe hechting aan het substraat. Er zijn diverse vormen van opdampen. Wordt tijdens het verdampen een reactief gas toegevoegd, dat een reactie aangaat met het verdampende materiaal, dan spreken we van reactief opdampen.

Bij ion plating wordt het bedekkingsmateriaal op de zelfde wijze verdampt als bij opdampen. Bij deze techniek probeert men de hoge opdampsnelheid te combineren met verbeterde eigenschappen van de lagen, zoals hechting, dichtheid en structuur. Dit is mogelijk door het aanwezige ionenbombardement op het substraat. Er wordt bij hogere drukken gewerkt dan bij het standaard opdampen.

Bij boogverdampen wordt op een andere manier verdampt dan bij ion plating. Het doelmateriaal wordt vanuit de vaste fase verdampt met behulp van een boogontlading. Vaak worden hierbij meerdere bronnen in de reactor geplaatst om een meer uniforme bedekking van de substraten te krijgen. De explosieve verdamping veroorzaakt het inbouwen van 'micro-druppeltjes' in de groeiende



---

laag. Door de boog volgens een van te voren bepaald patroon over de bron te laten lopen gaan kan het aantal micro-druppeltjes sterk worden beperkt. De boog die de verdamping regelt is een ontleding met een hogere ionisatiegraad dan bij ion plating en breidt zich over de reactorruimte uit. Zo kunnen bij boogverdampen beter hechtende lagen worden verkregen.<sup>4</sup>

## 2.5. LuminOre

LuminOre is een harde metaalcoating die voor 95% uit metaalpoeder bestaat. Door vermenging van het metaalpoeder met een binder en een reactor ontstaat koud vloeibaar metaal. Dit metaal kan door middel van een eenvoudig spuitproces aangebracht worden op onder andere foam, plastic, gips, hout, metaal, fiberglas, glas, pleister, keramiek, beton, terracotta, karton en zelfs papier. Eenmaal aangebracht beschikt LuminOre over alle eigenschappen van gegoten metaal, aangezicht, glans en warmtegeleiding.

De combinatie van metaaldeeltjes en de binder zorgt er voor dat het geheel sterker is dan de som der delen. Het resultaat is een sterk en duurzaam gemetaliseerd oppervlak, waarbij het originele ontwerp en de details behouden blijven. LuminOre is echt metaal en dus duurzaam. Het breekt en bladdert niet, laat niet los en is zowel buiten als binnen te gebruiken. LuminOre is verkrijgbaar in negen metaalsoorten: messing, brons, koper, ijzer, nikkel/zilver, 'Z3', 'X-Metal' en roestvrij staal.

Luminore met koper is het geschikt als bescherm laag voor silo's en scheepswanden (anti-fouling). Dit betekent een doorbraak in de strijd tegen aangroei van algen en zeepokken op schepen. Het metaal neemt hier de plaats in van chemische middelen. Een andere toepassing betreft koffie-zetapparaten. Deze hebben een aluminium boiler die door gebruik verkalkt. Met een laagje LuminOre behoort dat tot het verleden. In Amerika mag het product al in waterleidingen worden gebruikt omdat het veilig is bevonden. Voor Europa is goedkeuring aangevraagd.<sup>5</sup>

## 2.6. Keronite

Keronite is een oppervlaktebehandelingsproces die gebruik maakt van Plasma Electrolytisch Oxideren (PEO). Het creëert een soort ceramische oppervlakte laag tegen corrosie en die uitstekende hardheid en slijtage eigenschappen bezit. Dit kan toegepast worden op lichte metalen zoals aluminium als magnesium. Het proces bevat geen chroom en is milieuvriendelijk (geen gevaarlijk afval). Behandeld materiaal kan eenvoudig gerecycled worden.

Voor de slijtvastheid is erg goed. Keronite op aluminium kan een hardheid bereiken van drie keer gehard gereedschapstaal en twee keer zo hard als chroom. Keronite bevat het mineraal corundum, wat het hardste in de natuur voorkomende mineraal na diamant is. De stijfheid van Keronite is echter een

---

stuk lager dan bijvoorbeeld ceramische lagen waardoor het hogere treksterktes aan kan. Door deze eigenschappen kan, afhankelijk van de toepassing, aluminium zeven keer slijtvaster worden gemaakt dan hard geanodiseerd aluminium. Magnesium kan tot wel 20 keer slijtvaster worden door behandeling met Keronite, waardoor de hardheid vergelijkbaar is met gehard staal. Ook de wrijvingscoëfficiënt is zeer laag.

Keronite is inert voor de meeste chemicaliën en wordt daarom ook toegepast in corrosieve omgevingen. De corrosiebescherming van Keronite is beter dan chemische conversie of anodiseren. De corrosiebestendigheid is minstens 1000 uur bij de zoutsproeitest. De thermische bescherming van Keronite is goed (ongeveer 10% van de geleidbaarheid van aluminium). Keronite op aluminium blijft stabiel tot zo'n 1000 °C.

Een met Keronite behandeld materiaal kan goed afgewerkt worden met decoratieve verf of lak. Ook kan gemakkelijk een composiet worden gecreëerd met een laag PTFE, lijm of ander metaal. In de auto-industrie kan het behandelde metaal meegenomen worden in de conventionele lakprocessen.

## **2.7. Self-healing coatings**

Verf die zichzelf herstelt. Het klinkt futuristisch, maar verschillende verffabrikanten willen binnen een paar jaar op de markt komen met coatings die zichzelf kunnen repareren als er een scheur inkomt. De mogelijkheden zijn groot, maar het duurt nog even voordat de techniek geoptimaliseerd zal zijn.

Zelfherstellende materialen is niets nieuws. De eerste toepassers van zelfherstellende materialen leefden al zo'n 2000 jaar geleden, al waren ze zich er niet van bewust. Romeins cement, dat minder sterk is en langer moet uitharden dan huidig cement, had zelfreparende eigenschappen. Dat kwam door de kalk die erin zat. Als een scheur in dat cement vochtig werd, weekte dat vocht kalk los uit het cement. Die kalk zet een laagje af in het cement, net zolang totdat de scheur dicht is.

Verf kan scheuren herstellen, opnieuw hechten op de ondergrond. Op hout kan het een rottingsproces ongedaan maken. Het onderzoek is echter moeilijk. Het vereist een andere manier van denken. De focus ligt niet meer op het voorkomen van schade, maar op het genezen daarvan. Daarom kunnen self healing coatings wellicht sneller schade oplopen. Dat maakt niet uit, want het herstelt vanzelf.

Er zijn meerdere technieken om verf zelfherstellend te maken. Een van de technieken bijvoorbeeld werkt met licht. Coatings worden gevuld met moleculen die te activeren zijn met licht. Een schilder kan met een laserpistool de laag beschijnen, waardoor de verf zichzelf herstelt. Een andere toepassing die een grote vlucht kan maken, is autolak. Het Duitse chemieconcern Bayer heeft

---

sinds kort een zelfherstellende autolak op de markt. Die heeft als nadeel dat het alleen werkt in warme, woestijnachtige omstandigheden, omdat de lak verhit moet worden. De fabrikant werkt nog aan een lak die ook onder normale omstandigheden kan herstellen. De techniek, waarnaar het meeste onderzoek is gedaan, is gebaseerd op lijmbolletjes in de verf. Die lijmbolletjes kunnen in groten getale vastzitten in de verf of zelfs 'zwemmen'. Als er een scheur ontstaat in de verf, springen die bolletjes open en laten vloeibare lijm vrij. Die loopt in de scheur en vult die in een mum van tijd.

Beton is een van de verst ontwikkelde toepassingen. Het ECC-beton (Engineered Cementitious Composite) is bestand tegen scheurtjes doordat het vezeltjes bevat. Als het regent worden de vezels geactiveerd en groeien de scheurtjes dicht. Behalve deze vezels kan beton ook op de 'ouderwetse' manier zelfherstellend worden gemaakt; met kalk. Of met lijmbolletjes. Zelfs bacteriën kunnen helpen beton te herstellen. De *Bacillus Pasteurii* eet lucht en water, waarbij hij dat omzet in calcië. Met die methode moet eerst nog wel een probleem overwonnen worden. Op dit moment kan de bacterie niet overleven in beton. De techniek kent ook beperkingen. Zo mogen scheuren niet te groot worden.<sup>6 7</sup>

## 2.8. Ontwikkelingen van spuitmaterialen

Aan de samenstelling van de grondstoffen die als deklaag aangebracht worden (spuitmaterialen), wordt voortdurend onderzoek verricht. In dit onderzoek wordt op dit moment onder andere gewerkt men aan:

- Grondstoffen met nanostructuur (nanodraden).
- Zeer fijn poeder.
- Vervanging van grondstoffen (chromium en cadmium).
- Deklagen met nanostructuur (Laagporositeit minder dan 1%).
- Spuiten van kunststof-, kunststofschuim-, metaalschuim- en keramische deklagen.<sup>8</sup>
- Verbetering van oxidatie- en corrosiebestendigheid van legeringen door toevoeging van elementen als silicium, rhenium, hafnium of tantaal.

## 2.9. Gevulde draad

Spuitmaterialen die voorheen alleen beschikbaar waren als een poeder, zijn nu ook beschikbaar als gevulde draad, denk aan:

- Inconel- en Hastelloy legeringen, NiAl, NiCr, NiMoAl voor corrosie toepassingen.
- IJzer- en nikkellegeringen met een hoog aandeel Cr, C, B, Si of Mn voor corrosie en slijtage toepassingen.
- IJzer- en nikkellegeringen met Wolfram Carbide toevoegingen voor slijtage toepassingen.

---

Een groot aantal van deze gevulde draden zijn al gespecificeerd in de handleidingen van de vliegtuigmotorfabrikanten. Deze kunnen dus als alternatief dienen voor de spuitmaterialen in poedervorm, die veelal door middel van relatief dure plasmaspuitprocessen aangebracht moesten worden.<sup>9</sup>

## 2.10. Duurzame scheepsbouw

In de scheepsbouw zijn verschillende ontwikkelingen gaande die de sector duurzamer moeten maken:

- Op werven en productielocaties worden hogere eisen gesteld aan emissie van chemicaliën ten behoeve van glasvezel-plastic cascobouw, verven en lakken, stof en geluid.
- De afgeleverde jachten zullen in de toekomst bij gelijke vaarsnelheid minder golfvorming mogen veroorzaken.
- Bovendien heeft de scheepvaart te maken met het nieuwe lozingenbesluit. Hierdoor dienen schepen onder andere te zijn voorzien van gruis- en zwartwatertanks.
- Anti-fouling is een ander belangrijk issue in de scheepsbouw. Al enkele jaren dreigt een milieuvriendelijke anti-fouling verplicht te worden. Hoewel het verbod op koperhoudende anti-foulingsoorten, bij gebrek aan goede alternatieven, enkele jaren is opgeschort, blijft dit een interessante ontwikkeling. Want ondertussen blijft men zoeken naar nieuwe kopervrije antifoulingsoorten.

## 2.11. Vervanging van chroom-6

Al geruime tijd wordt er in de galvanische industrie gesproken over het uitfaseren van 6-waardig chroom verbindingen. Dit heeft uiteindelijk geleid tot de, sinds 1 juli 2006 van kracht zijnde, RoHS-richtlijn (Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment). Hierin wordt het gebruik van lood, cadmium, kwik, zeswaardig chroom en enkele vlamvertragers aan banden gelegd. Het gebruik van deze materialen is niet langer toegestaan in een groot aantal elektronische producten. In het kader van de milieuproblematiek rondom zeswaardig chroom is het vervangen van chroom-6 door alternatieven dan ook een aangrijpingspunt voor innovaties.

De conventionele gele passivering maakt gebruik van 6-waardig chroom verbindingen. Een vervangend proces met exact de zelfde eigenschappen, waarmee bedoeld wordt: een gele irriterende kleur in combinatie met een zeer goede corrosiewering, is wereldwijd nog niet gevonden. Afhankelijk van de gewenste eigenschappen voor het te behandelen product zal daarom een alternatief bepaald moeten worden.

Een voorbeeld van een alternatief is een passivering die wordt aangebracht in een dikkere laag waardoor een zeer goede corrosiewering kan worden gehaald. Ook een zeer goed alternatief is het verzinken van het product, hierna te passi-

---

veren in een passiverende voorzien van een hoog kobalt gehalte en daarna nog eens te voorzien van een topcoat behandeling. Hierdoor is zelfs een betere corrosiewering dan geel passiveren gewaarborgd.

Andere alternatieven kunnen zijn:

- Zwakzuur trommelverzinken
- Alkalisch verzinken
- Blauw passiveren
- Vervanging door driewaardig chroom<sup>10 11</sup>

Een ander proces waarin chroom wordt gebruikt is HVOF (High Velocity Oxygen Fuel) spuiten. Deze techniek wordt het meest toegepast voor het aanbrengen van slijtvaste lagen bij temperaturen onder de 500°C. Bij gevaar voor corrosie wordt chroom en/of molybdeen bijgevoegd. Toepassingen van HVOF vindt men onder andere in walsen voor de papier- en textielindustrie en in compressoronderdelen. Vervanging van het chroom door wolframcarbide-kobalt verbetert de vermoeiingssterkte van diverse staalsoorten waar het opgespoten wordt.<sup>12</sup> Wolframcarbide-kobalt geeft, in tegenstelling tot hardchroom, geen risico op waterstofbroosheid. Nagloeien wordt hierdoor overbodig gemaakt.

## 2.12. Regeltechniek

De huidige thermische spuitsystemen beperken zich tot het regelen en constant houden van de, voor het spuitproces, relevante parameters zoals bijvoorbeeld stroom, (elektrische energie), procesgassen en poedertoevoerhoeveelheid.

Er zijn echter een heel aantal nieuwe ontwikkelingen op het gebied van regeltechniek. Een continue procesbewaking geeft de gebruiker het voordeel van controle van de ingangparameters en de mogelijkheid tot het monitoren en vastleggen van de spuitparameters. Het monitoren van de spuitstraal vermindert de noodzaak tot het spuiten van teststukken, uitvoerige parameterontwikkeling en dure laboratoriumanalyses. Men heeft de mogelijkheid tot al dan niet closed-loop controle van spuitparameters en real-time verzamelen en vastleggen van data met betrekking tot de volgende karakteristieken:

- Intensiteit van de spuitstraal;
- Positie van de spuitstraal;
- Geometrie van de spuitstraal;
- Deeltjessnelheid;
- Deeltjestemperatuur.

Door meetinstrumenten van bovengenoemde parameters te laten communiceren kunnen afwijkingen/veranderingen van de input-parameters worden gecorrigeerd. Met deze systemen wordt de reproduceerbaarheid van thermische spuitlagen aanzienlijk verhoogd en het leert ons wat er daadwerkelijk gebeurt met een spuitdeeltje tijdens het thermische spuitproces.

---

## 3. Ontwikkelingen lastechnologie

### 3.1. Duplex-lassen

Duplex roestvast staal heeft een gemengde austenitisch/ferritische structuur. Als er beperkte hoeveelheden nikkel en soms ook wel mangaan of stikstof aan ferritisch roestvast staal worden toegevoegd, is het mogelijk om een roestvast-staaltype te maken met een structuur die zowel austeniet als ferriet bevat. Duplex roestvast staal wordt in het algemeen gebruikt in de zachtgegloeide of in de zachtgegloeide en koudvervormde toestand. Langdurig verhitten bij temperaturen tussen 315° en 925°C kunnen de uitscheiding van een aantal fasen veroorzaken, waaronder sigmafase dat de taaiheid verlaagt. De taaiheid bij lage temperatuur neemt doorgaans af met afnemende afkoelsnelheden na zachtgloeien. Duplex legeringen kunnen koudvervormd worden zodat er een breed scala aan eigenschappen wordt verkregen. De sterkte wordt beperkt tot een maximum waarde vanwege de gevoeligheid voor spanningscorrosie. De sterkte in zachtgegloeide toestand kan sterk uiteenlopen afhankelijk van de legering. Duplex roestvast staal beschikt over een aanzienlijk hogere rekgrens dan die van de gangbare austenitische typen. Deze hogere sterkte staat dunnere wanddiktes toe, hetgeen kan resulteren in aanzienlijke gewichtsbesparingen. De taaiheid neemt in het algemeen af met stijgende wanddikte. Voor sommige van de legeringen geldt er een bovengrens voor de wanddikte.<sup>13</sup>

Duplex roestvrijstaal is binnen zekere grenzen goed lasbaar. Koudvervormde legeringen worden doorgaans niet gelast omdat anders de sterkte ter plaatse van de las lager zou worden dan die elders in het metaal. Zachtgegloeide legeringen kunnen worden gelast. Door een juiste keuze van het toevoegmateriaal en een goede beheersing van de warmte inbreng is het mogelijk een goede verbinding tot stand te brengen. Deze benadert dan de mechanische eigenschappen en corrosieweerstand van het basismateriaal. Het lastoevoegmetaal wordt zodanig gekozen dat de gewenste volumefracties ferriet en austeniet worden gevormd. Met name de afkoelsnelheid tussen 1200 en 800° C is zeer belangrijk. Een te hoge afkoelsnelheid geeft te veel ferriet, waardoor de taaiheid en de kans op diverse corrosiesoorten groter worden. Daarentegen kan een te lage afkoelsnelheid tot ongewenste uitscheidingen leiden, waardoor de taaiheid en de corrosieweerstand minder worden.

Een praktijk voorbeeld: Bij het lassen van standaard duplex zoals X3CrNiMoN 22-5-3 geeft een materiaalfabrikant het volgende op:

- Afkoeltijd van 1200 - 800°C tot 10 sec.;
- warmte-inbreng 10 tot 20 kJ/cm;
- interpasstemperatuur: <200°C en bij een wanddikte >15 mm: voorwarmen op 100° tot 150°C.<sup>14</sup>

---

### 3.2. Friction Stir Welding

In tegenstelling tot Zuid-Korea is de scheepsbouw in Nederland te kleinschalig voor hoge investeringen in bijvoorbeeld robotisering of laserlassen. Naast het gebruikelijke handmatig lassen van stalen en aluminium casco's, de toepassing van boutverbindingen voor de romp- en dekverbinding van polyester schepen en klassieke houtverbindingen van houten jachten zijn er momenteel nieuwe verbindingprocessen beschikbaar zoals lijmen, laserlassen en Friction Stir Welding (FSW)<sup>15</sup>.

De industriële toepassing van FSW-lassen neemt toe. De snelheid van het FSW-lassen is onder omstandigheden lager dan bij conventioneel MAG-lassen. MAG-lassen resulteert in een groter risico voor porositeit van de lasverbinding. Het FSW-proces levert een hogere productiviteit en betrouwbaarheid bij het verbinden van massieve "Tailor Welded Blanks". Dit type lasnaad komt veel voor in de transportmiddelenindustrie.<sup>16</sup>

FRIEX is een nieuwe variant van het bestaande wrijvingslasproces. Uit recent haalbaarheidsonderzoek is gebleken dat dit proces zeer geschikt is voor het verbinden van pijpleidingen. De mechanische eigenschappen voldoen aan de specifieke normen voor pijpleidingen. Het is een volautomatisch proces voor het verbinden van lange pijpstukken met een maximale diameter van vijf inch.<sup>17 18</sup>

### 3.3. Laserlassen

De ontwikkelingen in lasers bepalen voor een groot deel de ontwikkelingen in het laserlassen. Oorspronkelijk werd laserlassen uitgevoerd met CO<sub>2</sub>-lasers ( $\lambda = 11 \mu\text{m}$ ). Meer recent is de Nd:YAG-laser (Neodymium doped: Yttrium Aluminium Garnet). Op dit moment zijn diode gepompte Nd:YAG-lasers ( $\lambda = 1,1 \mu\text{m}$ ) de lamp gepompte lasers (breed spectrum) aan het vervangen. De laatste jaren is ook de (High Power) diode laser in opkomst. Deze heeft niet zo'n grote vermogensdichtheid als Nd:YAG of CO<sub>2</sub>. Toepassing ligt in precisiewerk waarbij de afwerking van het oppervlak belangrijk is. In de toekomst wordt een verdere toename van het vermogen en de vermogensdichtheid verwacht. Toekomstige ontwikkelingen zijn gericht op de Disk-laser. Bij de Disk-laser zorgt de koppeling van vier kamers voor een bundeling van vermogen. In de toekomst wordt een verdere toename van vermogen verwacht. Een directe concurrent van de Disk- en CO<sub>2</sub>-laser is de Fiber-laser. Door resonantie van de laserbundel in de fiber wordt een hoog vermogen, goede bundelkwaliteit en een hoge efficiency bereikt. Op dit moment wordt verwacht dat de toekomstige generatie lasers zullen leiden tot het lassen van dikkere componenten. Verder worden er ontwikkeling verwacht in de beheersing van richting en timing van de laserstraal.<sup>19</sup>

---

Een nieuwe trend in het laserlassen is het dubbelfocuslassen, waarbij er tegelijk met twee laserstralen wordt gelast. De voordelen hiervan zijn een hogere lasnaadkwaliteit, de kleinere warmte-inbreng, een smallere lasnaad en warmte-beïnvloede zone, hogere lassnelheid, een hogere automatiseerbaarheid en reproduceerbaarheid. Een Zwitserse onderzoeksgroep heeft een lasproces ontwikkeld voor warmtescheurgevoelige legeringen (aluminium, staal, superlegeringen) zonder dat er gebruik wordt gemaakt van toevoegmateriaal. De combinatie van twee laserstralen laat toe om te lassen met een nauwkeurige gecontroleerde afkoelcyclus zodat de vorming van warmtescheuren wordt vermeden. Hierbij wordt er tevens een hogere laskwaliteit verkregen.<sup>20</sup>

Hybride laserlassen (Hybrid Laser Welding, afgekort HLW) is een andere ontwikkeling in het laserlassen. Een hybride laserlastechniek is een combinatie van laserlassen (CO<sub>2</sub>, Nd:YAG, fiber, diode) met een booglasproces (TIG, MIG, MAG, PAW) in een hybride laskop, waarbij de beide lasprocessen simultaan inwerken op hetzelfde smeltbad. Hybride laserlassen, dat volledig automatiseerbaar is, biedt een combinatie van de voordelen van de individuele lasprocessen, terwijl tevens de nadelen ervan vermeden worden. Zo zijn voordelen van laserlassen: de hoge lassnelheid, diepe doorlassing, lage vervorming, lage warmte inbreng en smalle lasnaden. De voordelen van booglassen zijn een gecontroleerde metaaltoevoer, hogere toleranties, lagere vermogens en lagere kosten. Combinatie van beiden levert niet alleen alle bovengenoemde voordelen, maar ook geeft het grotere processtabiliteit en vermindering van de benodigde lasnaadvoorbereiding. HLW is goedkoper dan laserlassen, zowel wat betreft investeringskosten als het vermogensverbruik. Boogglasuitrusting is immers relatief goedkoop, en de vermogensbronnen zijn goedkoper voor booglassen dan voor laserlassen. Het bijkomende vermogen van de boog betekent dat het laservermogen verlaagd kan worden. Aangezien de efficiëntie van bijvoorbeeld een Nd:YAG laser slechts 4% bedraagt, komt dit dus overeen met een aanzienlijke vermogensbesparing. Toepassingsgebieden voor HLW zijn de automobiel- en transportindustrie, scheepsbouw, pijpleidingen, opslagtanks en drukvaten en heavy equipment.<sup>21</sup>

### **3.4. Plasma poeder booglassen**

Plasma poeder booglassen (PPAW) heeft een aantal voordelen ten opzichte van vergelijkbare conventionele lasprocessen zoals TIG-lassen. PPAW biedt aanzienlijk verbeterde laseigenschappen, een grotere tolerantie op de voorbewerking (overbrugbaarheid) alsmede twee- tot driemaal hogere lassnelheden dan het TIG-lassen. De te lassen materialen zijn zowel staal, roestvast staal als aluminium.

Het PPAW-proces maakt verbindingen mogelijk die kwalitatief vergelijkbaar zijn aan TIG-gelaste verbindingen (met koude draad), echter met een belangrijk hogere lassnelheid. Het marktaandeel van PPAW is de laatste vijf jaar gestaag gegroeid.<sup>22</sup>



---

### 3.5. Hoog vermogen MAG-lassen

Hoog vermogen lassen wordt gekenmerkt door een afsmeltsnelheid van meer dan 8 kg/uur bij staal. De eerste stap in hoog vermogen lassen is de verhoging van de draadaanvoersnelheid in vergelijking met conventioneel MIG/MAG-lassen. Dit brengt echter het probleem van het snijden met zich mee. De volgende stap was de ontwikkeling van tandem-lassen (twee draden achter elkaar) en twin-arc lassen (twee draden naast elkaar), waarbij twee draadelektroden gelijktijdig afsmelten.

De aparte stroombron, contactpunt en gecombineerde lastoorts lijken het meest veelbelovend in termen van procescontrole en flexibiliteit en het systeem heeft een hoge snelheid.<sup>23</sup> Het positioneren van de lastoorts in het geval van niet-lineaire contouren is echter moeilijk, want de relatieve oriëntering van beide elektroden ten opzichte van de lasrichting moet constant gehouden worden. Lassen met behulp van een rechthoekige elektrode is dan voordeliger, omdat daarbij slechts één stroombron nodig is en de bediening makkelijker is.<sup>24</sup>

### 3.6. Elektronenbundellassen

Het elektronenbundellassen is een lasmethode, waarbij metalen worden verbonden met behulp van elektromagnetische straling. Voor het elektronenbundellassen is een elektronenkanon nodig. De geleverde elektronen worden met behulp van magnetische en elektrische velden versneld en gericht tot een gefocuseerde bundel. De hoge kinetische energie van de elektronen zorgt ervoor, dat deze bij het botsen op het werkstuk wordt omgezet in warmte (thermische energie). De energiedichtheid is dusdanig hoog, dat het onmogelijk is deze warmte direct af te voeren door het warmtegeleidingsvermogen van het te lassen metaal. Gevolg: het metaal smelt lokaal en verdampt gedeeltelijk daarna. Hierdoor ontstaat een keyhole, die de elektronenbundel steeds dieper in het metaal brengt.

Dit inboren van de bundel stopt nadat er een evenwicht is ontstaan tussen de ingebrachte warmte en het vermogen die warmte weer af te voeren. Bij het voortbewegen van de bundel smelt het metaal aan de voorzijde en vloeit het door de bundel naar de achterzijde, waar het stolt. Zo komt uiteindelijk de lasverbinding tot stand. Een elektronenbundel verliest in lucht zijn energie, omdat de elektronen hun snelheid verliezen door botsingen met de atomen uit de lucht. Hierdoor vindt het elektronenbundellassen bijna altijd plaats in een vacuüm. Lassen met een elektronenbundel buiten een volledig vacuüm is wel mogelijk als de afstand tussen het elektronenkanon en het werkstuk klein is.<sup>25</sup>

Elektronenbundellassen wordt gezien als een proces voor het lassen van veeleisende toepassingen in bijvoorbeeld ruimtevaart en nucleaire industrie. Door toepassing van onder andere meerdere laskamers en lasbundels, composieten die beter bestand zijn tegen hoge temperaturen en scansensoren is de producti-

---

viteit van het proces verhoogd en de kosten verlaagd. Daardoor kan het nu ook voldoen aan de eisen van automobiel- en electronica-industrie.<sup>26</sup>

### **3.7. Orbitaal lassen**

Bij orbitaal lassen cirkelt een TIG-lastoorts rond het werkstuk in een voorgeprogrammeerde baan. Dit gemechaniseerde proces leent zich uitstekend voor bijvoorbeeld stalen en roestvast stalen leidingsystemen of pijp-pijpplaatverbindingen in warmtewisselaars.

Steeds vaker wordt orbitaal lassen toegepast in de energieopwekking, de farmaceutische en voedselverwerkende industrie, de (petro-)chemie en de offshore. Wat deze sectoren gemeen hebben zijn de hoge eisen die aan de kwaliteit van het laswerk gesteld worden. Orbitaal lassen garandeert een dergelijke kwaliteit, met minimale kans op lasfouten en een hoge reproduceerbaarheid.

Bij de keuze van de laskop staat de pijp diameter voorop. Verder is het een kwestie van klantspecifieke eisen en wensen. Gesloten laskoppen zijn ideaal voor toepassingen in dunwandige pijpen tot ca. 3 mm. Open orbitale laskoppen maken wel het gebruik van toevoegmateriaal mogelijk. De laskop kan worden ingezet in een groot diameterbereik. De laskop wordt ingesteld voor een bepaalde diameter (max. 275 mm) en vervolgens vastgeklemd. Open laskoppen nemen meer ruimte in. Wanneer ze voorzien zijn van boog lengtecontrole dan kunnen ook niet zuiver cirkelvormige pijpdoorsneden worden gelast. Als de laskoppen worden voorzien van oscillatie kunnen ook lasnaden in dikkere wanddikten in één keer worden gesloten.

Voor dikwandige pijpen en bij pijpen met een grotere diameter kunnen orbitale 'laswagentjes' met draadaanvoer-unit worden ingezet, die aflopen over een ring op de pijp. Voor uiteenlopende diameterbereiken zijn ringen verkrijgbaar, maar bij iedere pijp diameter kan van dezelfde laswagen gebruik worden gemaakt. Met het oog op een goede proceskwaliteit is de laswagen voorzien van boog lengtecontrole en toorts-oscillatie<sup>27</sup>

### **3.8. Surface Tension Transfer lassen**

Voor het kortsluitbooglassen bestaan er een aantal varianten van het MIG/MAG-proces. Het spatgedrag dat zeer typerend is voor het kortsluitbooglassen, kan sterk onderdrukt worden door gebruik te maken van de moderne stroombronnen. Kortsluitbooglassen zonder spatten is niet alleen gunstig in verband met het uiterlijk en de corrosiewerende eigenschappen van de lasverbindingen, met het beperken van de stroomsterkte tijdens de kortsluitfase wordt ook de warmte-inbreng verminderd. Hoe geringer de warmte-inbreng, des te geringer de lasspanningen en de vervormingen.

---

De ontwikkelingen op het gebied van het kortsluitbooglassen zijn begonnen met de introductie van het STT-systeem (Surface Tension Transfer). Dit is een booglasproces dat gebruik maakt van het zogenaamd 'arc wave form control' om de oppervlaktespanning en het stroomverloop te controleren. STT is een variant op de conventionele kortsluitboog en maakt gebruik van een invertorstroombron die noch een constante stroom, noch een constante spanning nodig heeft. Hierdoor kan de warmte-inbreng onafhankelijk van de draadsnelheid gecontroleerd worden.

De grondgedachte van het STT-proces is dat tijdens het afsplitsen van de druppel van de lasdraad een aantal krachten inwerken op deze druppel. Enerzijds zijn dit de Lorentzkrachten en anderzijds de oppervlaktespanningen en de zwaartekracht. Bij het afsplitsen van de druppel neemt het oppervlak van de druppel toe en daarmee ook de oppervlakte-energie. De oppervlaktespanning van de druppel is daardoor één van de tegenwerkende krachten bij de druppelafplitsing. Door het regelen van de stroom kan de oppervlaktespanning worden verlaagd om zo de druppelafplitsing te bevorderen.

Tijdens een kortsluiting wordt de kortsluitstroom beperkt. In de open-boogfase bepaalt de basisstroom de totale warmte-inbreng en voorkomt dat de boog dooft. Met de boogspanningssensor wordt het eerste moment van de kortsluiting geregistreerd en wordt de duur van de kortsluiting tot bijna nul gereduceerd. De extreem lage stroom voorkomt het afstoten van de aan de lasdraad hangende druppel vloeibaar metaal. De druppel bevochtigt als het ware het lasbad en gaat daarin over. Om de druppelafplitsing verder te bevorderen wordt een geleidelijk oplopende stroompuls gebruikt, de zogenaamde pinchstroom.<sup>28</sup>

Het STT lassen is vooral geschikt bij het lassen van on- en laaggelegeerd staal, roestvast staal en nikkel gelegeerde pijpen. Lassnelheden van drie tot vier maal hoger dan conventioneel TIG – lassen zijn haalbaar.<sup>29</sup>

### **3.9. Lassen van ongelijksoortige materialen**

Men heeft onderzoek gedaan naar het verbinden van harde en zachte metalen door middel van een laserbundel. Het is mogelijk om harde metalen te verbinden door middel van een CO<sub>2</sub>-laserbundel, maar in de meeste gevallen ontstaat er porositeit die kan leiden tot scheurvorming. Recent onderzoek toont aan dat de positie van de laser ten opzichte van de te verbinden delen veel invloed heeft op de mechanische weerstand en de microstructuur die gevormd wordt in de verbinding.<sup>30</sup>

MIG- en plasma-lassen zijn geschikt bevonden voor heterogene verbindingen van magnesium met aluminium en magnesium met staal.<sup>31</sup> Magnesium en aluminium spelen een belangrijke rol in het lichtgewicht construeren. Cold Metal Transfer (CMT) maakt het mogelijk om staal en aluminium op een makkelijke

---

manier met elkaar te verbinden. Daarnaast maakt dit proces spatvrij MIG-solderen mogelijk.<sup>32</sup>

Naast het verbinden van ongelijksoortige materialen is de industrie ook bezig met het verbinden van materialen met ongelijke dikte. Met behulp van laser worden bijvoorbeeld twee in dikte verschillende platen aluminium aan elkaar gelast. De gelaste platen worden bijvoorbeeld toegepast in het achterspatbord van auto's.<sup>33</sup>

### **3.10. Lastoevoegmaterialen**

Lastoevoegmaterialen voor hoge rekgrens staalsoorten worden in toenemende mate met succes toegepast in offshore, kranenbouw, pijpleidingen, apparatenbouw en onderzeeboten. Voor de conventionele booglasprocessen (lassen met beklede elektrode, gevulde draad of onder poeder) zijn lastoevoegmaterialen tot een rekgrens van 800 MPa ontwikkeld, die in de praktijk bewezen hebben te voldoen.<sup>34</sup>

Het verbruik van hooggeleerde gevulde draden stijgt ten opzichte van massieve draden. Vanaf twintig jaar geleden wordt in Europa gevulde RVS-draad gebruikt. In 2003 werd binnen de Europese Unie 2800 ton gevulde RVS-draad verbruikt. De belangrijke eigenschappen van de gevulde roestvast staal draden zijn verder ontwikkeld en geoptimaliseerd voor de gevulde nikkelbasis draden. De afgelopen vijf jaar is veel energie gestoken in de ontwikkeling van nikkelbasis gevulde draden. Sinds enige tijd worden deze op industriële schaal voor zowel MIG/MAG als onder poederdek lassen gebruikt.<sup>35</sup>

### **3.11. Draadtoevoersystemen**

#### **3.11.1. Carbotip**

In de traditionele draadaanvoerunit van een MIG/MAG lasapparaat loopt de draad risico plastisch te vervormen tussen de rollen of zelfs te beschadigen. Niet alleen leidt dit tot stringen in de aanvoer, maar ook raakt de aanvoerbuis verstopt en is er het risico van stroomoverdracht problemen. De Carbotip contactbuis voorkomt samensmelten van contactbuis en lasdraad. Hiermee is het opfrommelen van de draad verleden tijd. De voordelen van de Carbotip zijn vooral merkbaar bij het lassen van aluminium. Het lassen van constructiestaal en RVS heeft er echter ook baat bij.

De Carbotip is een speciale uitvoering van een contactbuis en kan in elke lastoorts worden toegepast. Een normale contactbuis is gemaakt van koper. Hoe zuiverder de koperlegering, des te beter de elektrische en warmtegeleiding. Het eerste deel van de Carbotip is gemaakt uit koper of een koperlegering met een gering gehalte aan chroom of beryllium. Het laatste deel, waar de stroomoverdracht optreedt, bestaat uit grafiet. Warmteontwikkeling wordt hierdoor

---

beperkt. Bij een draadstoring zal hierdoor de draad niet aan de tip vastsmelten, maar er ontstaat hooguit een dikke druppel aan de draad en de boog dooft. Na simpelweg de draad af te hebben geknipt, kan er weer verder worden gelast.<sup>36</sup>

### **3.11.2. Pneumatic Feed Assit**

Mechanische push-pull systemen zorgen ervoor dat de lasdraad naar de lasrobot wordt doorgevoerd. Dergelijke systemen zijn in de praktijk echter storingsgevoelig vanwege de verschillende aandrijfrollen die de mechanische voortbeweging verzorgen. Daarom is er een pneumatisch alternatief ontwikkeld. Die bereikt hetzelfde, maar voorkomt problemen met de aanvoer en zorgt voor een sterke reductie van de slijtage aan draadaanvoer- en geleidingssystemen.

De meeste lasrobotsystemen werken tegenwoordig met lasdraad uit vaten. Deze vaten besparen veel wisseltijd. Belangrijk is dat het vat niet te ver van de lasrobot wordt geplaatst om de draadaanvoer niet te belemmeren. Een dergelijke grootverpakking weegt echter wel 250 tot 400 kilogram en wordt bij voorkeur geplaatst op een plaats waar de vorkheftruck goed bij kan. Vaak is dat een afstand waar de draadmotor moeite mee heeft. Mechanische push-pull systemen om dit dilemma te verhelpen zijn in de praktijk nogal storingsgevoelig.

De Pneumatic Feed Assit (PFA) werkt op luchtdruk en kan op elk willekeurig draadaanvoersysteem worden toegepast. Het systeem geeft een constante stuwende kracht op de lasdraad. Ook wanneer de motor niet draait. De PFA zorgt ervoor dat de draad altijd de buitenbocht kiest in de kabel. Slip, beschadigde lasdraad en storingen zijn hiermee verleden tijd.<sup>37</sup>

### **3.12. Gezondheidseisen**

Uit onderzoek van de Universiteit van Amsterdam blijkt dat van alle werknemers in de metaalindustrie 53 procent wordt blootgesteld aan lasrook en snijdampen. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat in meer dan de helft van de werkruimtes centrale en lokale afzuiging ontbreekt. Slechts 20 procent van de werknemers maakt gebruik van adembescherming. Verder wordt er weinig voorlichting gegeven over de risico's van het werken met gevaarlijke stoffen. De gezondheidsrisico's bij het lassen en snijden worden bepaald door metaaloxiden en vrijkomende gassen. De acute gezondheidseffecten van lasrook bestaan uit irritaties van de bovenste luchtwegen en metaaldampkoorts. Lasrook kan ook leiden tot een verminderde longfunctie. Een chronisch effect is een verminderde reproductiecapaciteit bij mannen.

Dergelijke onderzoeken benadrukken de noodzaak van goede arbeidsomstandigheden in de industrie. Regelgeving met betrekking tot lasprocessen en de veiligheid van de werknemers wordt daarom steeds meer aangescherpt.

---

## 4. Lichtgewicht materialen

### 4.1. Vezel-Aluminiumlaminaten

Vezel-aluminiumlaminaat (VAL) is een materiaal dat door de TU Delft is ontwikkeld. Het VAL type Glare wordt inmiddels uitgebreid toegepast in de Airbus A380.

Vezel-aluminiumlaminaten bestaan uit dunne lagen aluminium en glasvezellen. De vezels zijn ingebed in een lijmsysteem. Door de gelaagde structuur van het materiaal is het mogelijk om het plaatmateriaal op maat te maken voor specifieke toepassingen. Voordelen van VAL ten opzichte van conventionele materialen zijn onder andere: laag gewicht, hoge treksterkte en stijfheid, vermoeingsbestendigheid en impactbestendigheid. Als gevolg van de productiewijze en de materiaaleisen in de luchtvaartindustrie zijn de kosten van Glare echter hoog.

Met de komst van het gemakkelijker te produceren en dus goedkopere Lacomet, bieden vezel-aluminiumlaminaten nu ook buiten de luchtvaartindustrie kansen. Uit onderzoek door Van der Meer & Van Tilburg bleek dat bijvoorbeeld ook in de transportmiddelen sector kansen liggen om dit materiaal toe te passen. Het gebruik van VAL in de carrosseriebouw resulteert in een aanzienlijke verlaging van het gewicht ten opzichte van de huidige toegepaste materialen. Het laadvermogen van de trucks neemt daardoor toe en het energieverbruik per transporteenheid af. Dit levert voordelen op in termen van energiekosten en milieuvriendelijkheid.

In een businesscase in hoofdstuk 7 zal verder ingegaan worden op dit materiaaltype.

### 4.2. Magnesium

Op het gebied van gewicht, sterkte en verwerkingseigenschappen voldoet magnesium aan de eisen om toe te passen in (lichtgewicht) constructies. Een voorbeeld van een constructieve toepassing van magnesium is de stadsfiets van de Engelse ontwerper Richard Thorpe. Een keramische deklaag beschermt het magnesium daar tegen corrosie. Een ander vlak waar magnesium als relevant gezien wordt, is de autoindustrie. Lichtgewicht voertuigen van magnesium zouden het brandstofverbruik sterk kunnen terugdringen. Experimenten met magnesium in de autoindustrie worden al gedaan sinds de ontwikkeling van de "Auto van de Toekomst" van 1952, maar vooralsnog blijft het toepassen van magnesium grotendeels voorbehouden aan onderdelen in voertuigen die op kleine schaal geproduceerd worden. Wereldwijd stijgt de vraag naar toepassin-

---

gen van magnesium, soms met meerdere procenten per jaar. Het gaat dan met name om gegoten voorwerpen. Auto-onderdelen vallen daaronder, maar ook onderdelen in moderne communicatieapparatuur, zoals laptops en mobiele telefoons. De trend om deze apparatuur steeds lichter en toch stevig te maken, is immers alleen te verwezenlijken door de unieke combinatie van eigenschappen van magnesium.

De technieken voor het vervormen van magnesium, en de bescherming van het materiaal die nodig is tegen corrosie, maken het metaal vooralsnog namelijk erg kostbaar. Verder is het aantal bestaande legeringen niet uitgebreid, en wordt er actief onderzoek verricht naar de verschillende vormingstechnieken van magnesium. Onderzoek wordt onder meer gedaan naar de extrusie van magnesium tot profielen in constructies, en naar het spuitgieten van magnesium in thixotropische toestand (thixomoldingproces). Magnesium is thixotropisch (stroperig) bij 100 graden onder het smeltpunt ( $T_m = 649\text{ °C}$ ).

In het jaar 2000 is het Industrieel Magnesium Platform (IMP) opgericht, als onderdeel van de Vereniging Nederlandse Metallurgische Industrie (VNMI). Het IMP is een informeel netwerk van geïnteresseerde partijen vanuit de Nederlandse industrie, de kenniscentra en de overheid. Het Platform stelt zich ten doel om een potentiële productieketen te ontwikkelen. Daarbij gaat het om allerlei facetten: winning, productie, fabricage, oppervlaktebehandeling en recycling van magnesium.<sup>38</sup>

---

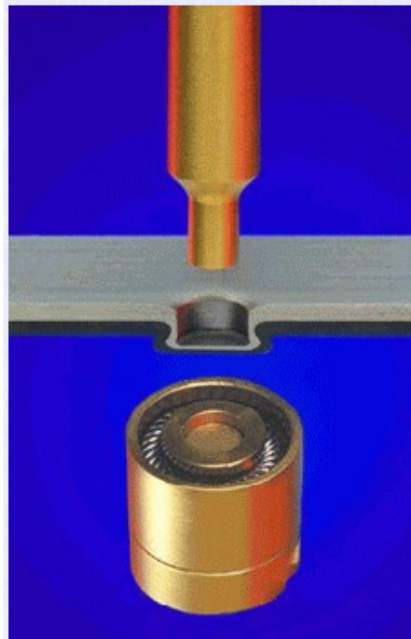
## 5. Mechanisch verbinden

Materialen kunnen niet altijd verbonden worden door middel van lassen. Ook vragen nieuwe materialen soms om nieuwe verbindingstechnologieën. In deze paragraaf zullen enkele vormen van mechanisch verbinden onder de loep worden genomen. Deze kunnen inspireren om tot efficiëntere processen of innovatieve productontwerpen te komen.

### 5.1. Clinchen of drukvoegen

De clinchtechnologie, ook wel aangeduid met drukvoegen, is een verbindings-techniek die overlappende plaatdelen in één arbeidslag zonder toevoeging van materiaal of warmte verbindt, door het lokaal koud vervormen van het plaatmateriaal. Het verbinden van verschillende materialen is mogelijk, ook met verschillende plaatdiktes. Het proces vereist echter wel tweezijdige bereikbaarheid.

Onder de te verbinden materialen bevindt zich een matrijs, erboven een stempel. Om de matrijs kan een rubberring bevestigd zitten. De stempel wordt in de bovenste laag materiaal gedrukt, waardoor beide lagen in de vorm van de matrijs worden gedrukt. Als er gebruikgemaakt wordt van een rubberring, wordt de matrijs tijdens dit indrukken in twee of drie lamellen uiteengedrukt, zodat de krachten in de matrijs niet te hoog oplopen. Een deel van de onderste plaat vloeit in de opening tussen de lamellen, samen met een heel klein deel van de bovenste plaat. Dit effect blijft naderhand zichtbaar aan de kleine uitsteeksels langs de rand van de verbinding.



Figuur 1 Clinchen of drukvoegen<sup>39</sup>



---

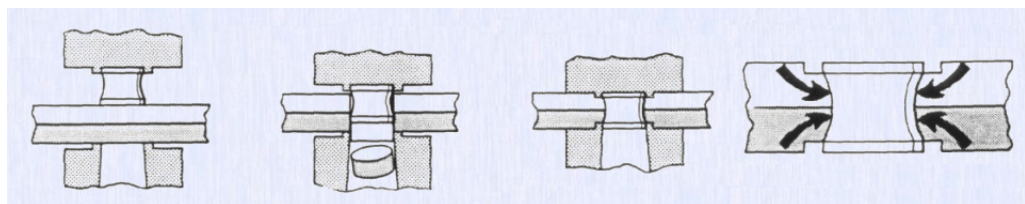
Doordat beide platen in dezelfde vorm koudgestuikt zijn, is er een verbinding ontstaan. Er zijn van dit verbindingstype vele varianten. Zo kan het proces in één of meerdere stappen worden uitgevoerd, waarbij het materiaal al dan niet wordt ingesneden. Ook kan de matrijs uit lamellen bestaan, of juist uit één deel. Ook de vorm van de verbinding is divers; zo zijn bijvoorbeeld rechthoeken, cirkels, kruisvormen en stervormen mogelijk.

Dit verbindingstype is in hoofdzaak bedoeld om schuifkrachten op te nemen; krachten in axiale richting kunnen deels ook opgenomen worden. De verbinding is niet demontabel. Het is mogelijk om verschillende materialen te verbinden, ook een combinatie van kunststof en een metaal is goed te verbinden. Deze verbindingstechniek heeft voldoende materiaal nodig om goed toepasbaar te zijn; bij te dunne plaatmaterialen is de verbinding niet permanent. Het verbinden van meer dan twee lagen is bij drukvoegen problematisch.<sup>40</sup>

## 5.2. Ponsklinken

Ponsklinken is een techniek waarbij geen voorgeboord of geponst gat nodig is en waarbij een holle ponsklinknagel in één bewerkingsslag door een stempel in twee of meerdere platen wordt geperst en in een matrijs vervormd tot een vormgesloten verbinding.

Verbindingen gemaakt met deze techniek zijn niet losneembaar. De verbindingen zijn thermisch noch elektrisch isolerend. Doordat boven- en onderzijde plastisch vervormd moeten worden, is deze verbinding niet blind aan te brengen. Dit maakt het verbinden van plaat aan buis of buizen onderling tot een probleem. Ponsklinken wordt in deze gevallen normaliter dan ook niet toegepast. Het verbinden van een metaal aan een niet metaal gaat met deze techniek uitstekend.



Figuur 2 Ponsklinken<sup>41</sup>

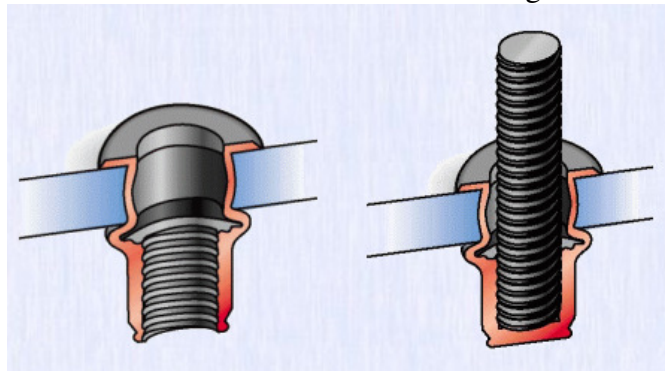
Het ponsklinken kent verschillende uitvoeringsvormen. Behalve het principe met de voorgevormde nagel is het ook mogelijk om de nagel in de ponsklinkmachine uit draad te stansen. Ook bestaat er een uitvoeringsvorm, waarbij de nagel de onderste van de te verbinden platen niet doorsnijdt. De onderste plaat wordt dan met behulp van de ondermatrijs om de ponsnagel gevormd tot een vormgesloten verbinding ontstaat. De ponsnagel kan massief of hol zijn.

---

### 5.3. Blindklinkschroefdraad

Bij het aanbrengen van deze vorm van schroefdraad wordt gebruikgemaakt van een klinkbewerking, waarbij het gebruikte gereedschap slechts één zijde van de te verbinden materialen hoeft te naderen. Hier is de naam blindklinkschroefdraad van afgeleid.

In de te verbinden materialen wordt een gat aangebracht. De draadspil van het gereedschap wordt in de kop van de blindklinkmoer gedraaid, waarna de blindklinkmoer door de plaat gestoken wordt. Bij het aandraaien zet de schacht van de blindklinkmoer radiaal uit. Hierna wordt er een felsrand in de blindklinkmoer gevormd. Hierdoor grijpen de tanden van de blindklinkmoer zich optimaal in het plaatmateriaal vast. Zodra deze tanden zich vastzetten in het plaatmateriaal en de felsrand aan de blinde zijde is gevormd, kan men de draadspil weer verwijderen. De uiteindelijke verbinding kan nu bijvoorbeeld met een bout en een moer of met een schroef tot stand worden gebracht.



Figuur 3 Blindklinkschroefdraad<sup>42</sup>

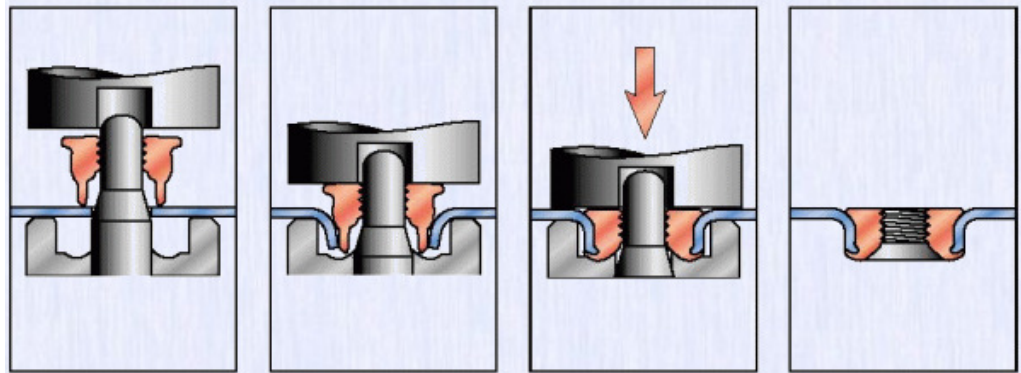
Doordat deze blindklinkmoeren een gatvullende werking hebben, is de sterkte van de verbinding relatief hoog. Ook het feit dat de draad gerold is, in plaats van getapt, draagt bij aan de sterkte van de verbinding. Gelakte plaat wordt niet beschadigd.

### 5.4. Inpers-felsschroefdraad

Deze verbindingstechniek maakt gebruik van zowel een persbeweging voor het bevestigen van de schroefdraad, als van een felsbeweging. In het te verbinden materiaal wordt een gat gemaakt door middel van ponsen, boren of laseren. Een geleidingsbus wordt door dit gat gestoken, waarna de inpers-felsschroefdraad - met een tip rondom de buitenrand aan de onderzijde - op de kop van deze geleidingsbus wordt geplaatst. Langs de bovenzijde van de bus wordt een gereedschap omlaag geperst, terwijl het gereedschap aan de onderzijde van het geheel stil blijft staan. De neerwaartse beweging van het bovenstuk van het gereedschap buigt de randen van de plaat rondom het gat naar beneden; er is dan sprake van een doorgetrokken gat in de plaat. Een laatste persbewerking vouwt (felst) deze rand samen met de tip van de inpers-

---

felsschroefdraad om, zodanig dat ze in elkaar verzonken raken. Met behulp van een schroef of een bout-moercombinatie kan de uiteindelijke verbinding tot stand worden gebracht. Doordat de schroefdraad één geheel vormt met de te verbinden materialen, is deze verbinding uitzonderlijk sterk.



**Figuur 4 Inpers-felsschroefdraad<sup>43</sup>**

De benodigde ruimte voor het inpersen van de schroefdraad is er de oorzaak van dat deze techniek niet altijd toepasbaar is.

De precieze positionering en de uitstekende sterkte-eigenschappen zijn, naast de sterke integratie tussen werkstuk en bevestiger, de grote voordelen van deze verbindingstechniek.

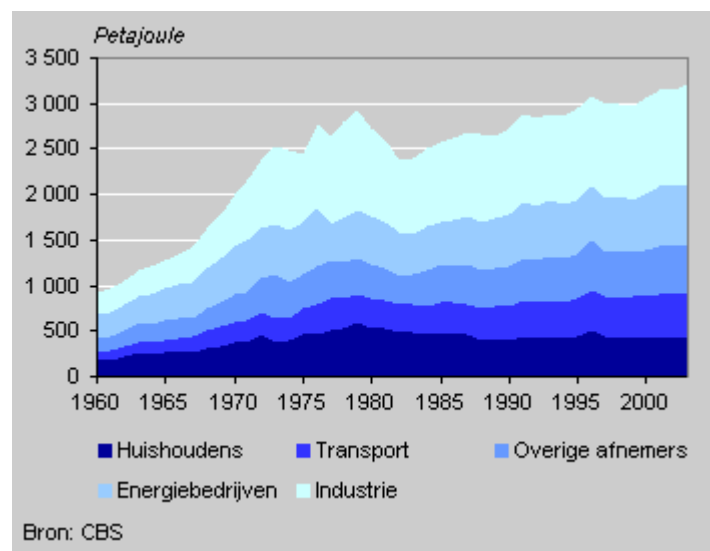
---

## 6. Energieverbruik

Energieverbruik is een belangrijk maatschappelijk thema. Ook, misschien wel juist, de industrie kan dit onderwerp aangrijpen als katalysator voor innovatie.

### 6.1. Energieverbruik in de industrie

De industrie neemt 22% van de totale energieconsumptie voor haar rekening. Zowel de groei in industriële activiteiten, als ook energie-efficiency verbeteringen beïnvloeden het energieverbruik. Van de totale toename van het Nederlandse energieverbruik komt tweederde voor rekening van de industrie.<sup>44 45 46 47</sup>



Figuur 5 Energieverbruik Nederland<sup>48</sup>

Gezien de internationale ontwikkelingen op het gebied van energie, zullen investeringen in energiezuinige processen steeds sneller rendabel zijn en daarom interessant voor de industrie sector. Milieuvriendelijke technologie en duurzame energie staan centraal in een nieuw programma van de Europese Unie om de concurrentiekracht en het innovatievermogen van de industrie te vergroten. Naast het ondersteunen van eco-innovatie in het midden- en kleinbedrijf zal er geld beschikbaar zijn om het gebruik van duurzame energie te stimuleren. Het is de bedoeling dat in 2010 12 procent van het energiegebruik duurzaam is.<sup>49 50</sup>

### 6.2. Kansen voor efficiënter energieverbruik

Een energiebesparingsonderzoek door een regionale milieudienst is een goed instrument voor een organisatie om een helder inzicht te krijgen in de energiestromen, de milieubelasting, de besparingsmaatregelen en de investeringen met de daarbij behorende terugverdientijden. Ook levert het mogelijkheden op om

---

aan de steeds strengere milieueisen van de overheid te voldoen. Daarbij kan gedacht worden aan het verkrijgen van een vergunning in het kader van de Wet milieubeheer, nieuwe Algemene Maatregelen van Bestuur en meerjarenafspraken die per branche worden afgesloten. Het energiebesparingsonderzoek is vooral geschikt voor die bedrijven en organisaties die jaarlijks meer dan € 20.000 aan energiekosten kwijt zijn. Met het energiebesparingsonderzoek is de eerste stap gezet richting het beheersen van de energiekosten en het terugbrengen van milieubelasting.

Wat houdt een energiebesparingsonderzoek in?

Inventarisatie en analyse van:

- alle energieverbruikende systemen zoals verlichting, apparatuur, luchtbehandeling, koeling, cv-systeem, productieprocessen en waterverbruikers
- het meet en registratiesysteem

Rapportage met beschrijving van de huidige situatie en de verbeteringsopties:

- Huidige energieverbruiken en energiekosten
- Meerjarenoverzichten
- Analyse verbruik
- Kengetallen
- Besparingsmogelijkheden
- Subsidiemogelijkheden
- Investerings- en indien mogelijk terugverdientijden

Het toepassen van diverse maatregelen om het energieverbruik te verminderen leidt direct tot minder kosten. Het is verstandig om in een mix van maatregelen te investeren die zowel op de korte als lange termijn rendement opleveren. Naast het milieu en de financiële voordelen kan ook het comfort en de leefbaarheid toenemen als nieuwere technieken worden toegepast .

Energiebesparende en duurzame opties die op de korte termijn al rendement opleveren zijn:

- Diverse soorten energiezuinige verlichting
- Adapters voor gebruik te kunnen maken van TL-5
- Daglichtafhankelijk en met bewegingsdetectie de verlichting schakelen
- Warmteterugwinning bij ventileren
- Verwarmen en koelen met een warmtepomp met koude/warmteopslag in de bodem
- Een betere energiemeter of inkoopcontract
- WKK met buffervat
- Zonnecollectoren
- PV-panelen voor de opwekking van elektriciteit
- Binnenstedelijke windturbine
- Gebouwbeheerssysteem.

---

Voor rendement op de lagere termijn of bij bijvoorbeeld nieuwbouwplannen of een grote verbouwing kan bijvoorbeeld gekeken worden naar de energieberekening met de Energie Prestatie Coëfficiënt en Energie Prestatie Norm (EPC/EPN). Hierin komt het (toekomstig) energieverbruik tot uitdrukking. Een prima moment om na te gaan of het niet beter en zuiniger kan. Haalbaar en betaalbaar en met een optimaal comfort. Sinds de introductie van de EPN/EPC wordt deze periodiek aangescherpt. De huidige norm voor kantoren is 1.6 en voor basisscholen bijvoorbeeld 1,5. Naar verwachting zal het in 2008 wederom zuiniger moeten. Uiteraard zijn er ook nog vele andere innovatie processpecifieke energie-efficiënte maatregelen te bedenken.<sup>51</sup>

Gebleken is dat Gemeenten steeds meer controle uitoefenen op de naleving van de milieuwetgeving. Alle energiebesparende investeringen met een terugverdientijd van 5 jaar of korter moeten worden uitgevoerd. Bij een jaarverbruik vanaf 50.000 kWh elektriciteit of 25.000 m<sup>3</sup> aardgas, kan een onderzoek naar energiebesparing verplicht zijn.<sup>52</sup>

---

## 7. Business cases

### 7.1. Ginaf (Lacomet)

Vezel aluminiumlaminaten zijn bekend uit de vliegtuigbouw. Daar worden ze toegepast onder de naam Glare. Glare wordt echter met de hand in mallen vervaardigd. Lacomet biedt door een ander productieproces mogelijkheden om het materiaal buiten de luchtvaart toe te passen. Uit onderzoek door Van der Meer & Van Tilburg bleek dat bijvoorbeeld ook in de transportmiddelen sector kansen liggen om dit materiaal toe te passen. Het gebruik van VAL in de carrosseriebouw resulteert in een aanzienlijke verlaging van het gewicht ten opzichte van de huidige toegepaste materialen. Het laadvermogen van de trucks neemt daardoor toe en het energieverbruik per transporteenheid af. Dit levert voordelen op in termen van energiekosten en milieuvriendelijkheid.

Ginaf Service uit Ederveen toonde zich enthousiast om een innovatietraject met betrekking tot Lacomet uit te voeren. Het innovatietraject moest meer duidelijkheid geven over de wijze waarop vezel aluminiumlaminaten in de carrosserie van de Ginaf trucks toegepast kunnen worden. Er werd besloten Lacomet toe te passen in de beplating van de opbouw van zes race-trucks. Hiertoe zijn verschillende proeven ondernomen waarbij Lacomet vergeleken werd met gewone aluminium beplating. Naar aanleiding hiervan gaf Ginaf duidelijk de voorkeur aan het VAL.

De constructie werd tijdens deelname van trucks aan de Dakar Rally van januari 2007 aan de ultieme test onderworpen. Doordat de constructie aan extreme condities wordt blootgesteld vormt deze race een optimale testomgeving. De resultaten waren verbluffend: Lacomet bleek de oorspronkelijke beplating op alle fronten te verslaan. Voornamelijk de gerealiseerde gewichtsbesparing, de grote stijfheid en sterkte, impact bestendigheid en de ongevoeligheid voor scheurvorming bleken belangrijke voordelen.

Resultaten uit de Dakar Rally tonen aan dat vezel aluminiumlaminaten op het punt staan om hun weg te vinden buiten de luchtvaartindustrie. Het innovatieproject bij Ginaf heeft hieraan bijgedragen. De test in de Dakar Rally heeft veel informatie opgeleverd omtrent engineering, toepassing en onderhoud van het materiaal.

### 7.2. Thermal Spray Aluminium - sluisdeuren

Het kanaal van Gent naar Terneuzen mondt uit op de Westerschelde. Het kanaal en de Westerschelde zijn van elkaar gescheiden door een uitgestrekt sluiszencomplex. De Westsluis in Terneuzen is voorzien van 5 roldeuren. Deze

---

deuren hebben een lengte van circa 45 meter, zijn 6,5 meter breed en hebben een hoogte van 20 meter; iedere roldeur weegt circa 1.000 ton. Zij zijn voorzien van luchtkisten, waarmee de belasting op de rolwagens wordt vermindert.

De roldeuren kennen een onderhoudscyclus van circa twaalf jaar. Oorspronkelijk is op de deuren een koolteer-epoxy laag aangebracht, die elke cyclus geheel of gedeeltelijk is overschilderd met een organische (epoxy) laag. Als gevolg hiervan zijn, na drie onderhoudscycli plaatselijk laagdikten te dik geworden. Aan het einde van de derde onderhoudscyclus werd duidelijk dat het uit technisch en economisch oogpunt wenselijk was de bestaande conservering in zijn geheel te verwijderen en opnieuw aan te brengen. Koolteer mag sinds enige jaren echter niet meer worden toegepast.

De nieuwere systemen voor epoxy coating hebben een aanzienlijk kortere levensduurverwachting dan de vroeger toegepaste koolteer-epoxy. De verwachting is dat de nieuwe systemen na 12 tot 18 jaar geheel vervangen moeten worden. De huidige milieueisen leveren aanzienlijke kosten: de maatregelen die genomen moeten worden om stofvrij te kunnen werken en de verwerkingskosten voor het staalgrit bedragen ongeveer 50% van de aanneemsom. Daarbovenop komen dan nog maatschappelijke kosten voor het niet beschikbaar zijn van de sluisen; deze kosten kunnen grote invloed hebben op de integrale kosten en daardoor op het te kiezen conserveringssysteem.

Aluminiseren is het opspuiten van gesmolten aluminiumdeeltjes op gestraald substraat. De aluminiumdeeltjes stollen daarbij aan de ruwe ondergrond (het substraat). Het aluminium vormt een kathodische bescherming voor het onderliggende staal. Aluminiseren wordt aangeduid als thermisch gespoten aluminium deklagen (Thermal Spray Aluminium, TSA). Tijdens het verspuiten wordt elk druppeltje omgeven door een oxidehuid. Bij de botsing met de ondergrond gaat de vorm van het druppeltje over van een bol naar een platte pannenkoek (splat); de oxidehuid aan de onderkant scheurt daarbij open en het contactvlak dat zo ontstaat is voornamelijk metaal op metaal. Stapeling van de splats resulteert in een heterogene laagopbouw met een porositeit van 5-15%, waarbij de poriën voornamelijk bekleed zijn met het kathodisch inactieve aluminiumoxide. Hierdoor kan de stalen ondergrond ter plekke van doorgaande poriën gaan roesten. Dit fenomeen staat bekend als 'bloeden', en is van tijdelijke aard: de aluminium coating zal zich "opofferen" ten gunste van de stalen ondergrond (kathodische bescherming) waarbij volumineuze aluminium oxidatie producten ontstaan die de porie af sluiten. Dit proces speelt zich in zeewater binnen enkele dagen af; onder atmosferische omstandigheden kan het enkele jaren duren.

De ervaringen met TSA waren tot nu toe beperkt tot kleinere objecten, die in een straalloods konden worden behandeld. De roldeuren van de Westsluis zijn dermate groot, dat gebruik moest worden gemaakt van een mobiele installatie. Daartoe is de deurkas (de roldeur wordt tijdens het openen een uitsparing in gerold ter grote van de deur: de deurkas) droog gezet met keerschotten en



---

overdekt met een tent. Er is als het ware een droogdok gecreëerd. In dit droogdok zijn steigers opgebouwd tegen de roldeuren waar vanaf gewerkt kon worden. Bij het aluminiseren is het belangrijk dat er volkomen droog gewerkt wordt, omdat verzameld aluminium direct met water reageert, waarbij waterstofgas vrij komt dat gemakkelijk ontvlambaar is.

Het blijkt van groot belang om al in de ontwerpfase rekening te houden met TSA als onderhoudsmethode. In het geval van de roldeuren bleken de compartimenten erg klein. De vrijkomende warmte zorgde er voor dat de temperatuur te snel opliep. Uiteindelijk is voor deze compartimenten dan ook gekozen voor een combinatie van epoxy tankcoating en aluminium anodes. Uit berekeningen blijkt dat dit voldoende beschermend zal zijn voor de compartimenten.

Dit project heeft naast de gestelde technische doelen onder andere tot resultaat gehad dat het energieverbruik tijdens de renovatie drastisch is gedaald door minder reinigingsinspanningen, gebruik van andere grondstoffen en een efficiëntere werkwijze. Bovendien leidde het tot verminderde afvoer en storten van chemisch verontreinigd straalgrit en zijn er minder maatschappelijke kosten: door het wegvallen van toekomstig onderhoud blijft de sluis beter en meer beschikbaar voor het schutten van schepen.<sup>53</sup>

### **7.3. Temcor aluminium domes**

Dat zoeken naar alternatieve materialen zich kan vertalen in zeer interessante ontwikkelingen voor alle partijen, bewijzen de aluminium domes van Temcor.

In de recente decennia hebben Temcor aluminium domes zich ontwikkeld tot een veel toegepast overkappingssysteem voor opslagtanks. Ze worden toegepast als dak voor extern drijvend dak tanks en ter vervanging van ernstig gecorodeerde stalen tankdaken. Doordat ze een grote vrije overspanning mogelijk maken en zeer licht in gewicht zijn bieden deze fraaie aluminium constructies aantoonbare voordelen voor tankeigenaren en operators ten opzichte van stalen daken.

Voordelen van gebruik van de aluminium domes voor tankopslagbedrijven zijn:

- Onderhoudsvrij, hoeft niet gestraald en geschilderd te worden
- 100% waterdicht, waardoor regenwater het opgeslagen product niet langer kan verontreinigen
- Reduceert emissies door het afschermen van het drijvende dak van zonlicht (UV), hoge temperaturen en wind
- Kan worden toegepast voor alle opgeslagen producten, inclusief 100% aromaten
- Lichtgewicht en in staat tot het overbruggen van grote overspanningen
- Kan worden geïnstalleerd op tanks die in bedrijf blijven, doordat een minimaal aantal aanpassingen noodzakelijk is en geen 'heet werk' hoeft te worden verricht tijdens montage

- 
- De levensduur van een aluminium dome bedraagt minimaal 40 jaar
  - Kan worden ontworpen voor zeer zware wind- en sneeuwbelastingen<sup>54</sup>

55

#### **7.4. Magnesium rollator – magnesium extrusie**

Met lichtgewicht constructies zijn prachtige dingen te doen. Er is ook geen enkele technische reden meer te bedenken voor industriële bedrijven om een materiaal als magnesium links te laten liggen. Magnesium is een zeer licht metaal (nog eens dertig procent lichter dan aluminium), geeft veel vormvrijheid, heeft prima mechanische eigenschappen en is goed her te gebruiken. De automobielindustrie gebruikt het al volop. Maar alles wat licht en draagbaar moet zijn, van laptop en gsm tot rolstoel en fiets, is gebaat bij de toepassing van magnesiumlegeringen.

Het maken van magnesiumgietstukken is een goed ontwikkelde technologie. De matrijzen zijn echter kostbaar en dus alleen voor grotere series haalbaar. Een jaar of vijf geleden is een cluster van Noord-Brabantse bedrijven zich gaan bezighouden met magnesiumextrusie. Magnesiumextrusie vraagt om speciale metaallegeringen en kennis van zaken.

Een drietal bedrijven uit het cluster (Berm, Graviabell en DPT) hebben de mogelijkheden van magnesiumextrusie voor het MKB onderzocht. Als voorbeeld toepassing hebben zij een lichte, veilige en inklapbare rollator ontwikkeld. Deze voldoet aan alle moderne eisen en vooral aan de wensen van de veeleisende, oudere consument. Een high-end rollator die met één hand op te tillen is.<sup>56</sup>

---

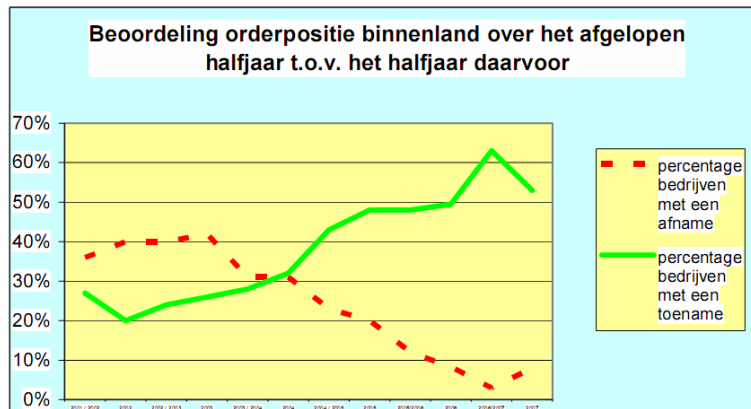
## A. Economische positie MKB industrie

Het is bekend dat de rol van het MKB voor de Nederlandse economie groot is en zal blijven. Meer dan 99% van de Nederlandse bedrijven behoort tot het MKB. Ruim 43% van de werkgelegenheid in Nederland betreft het MKB. De werkgelegenheidsaanwas in het MKB was de afgelopen jaren fors sterker dan die in het grootbedrijf. Het MKB is dus met recht getypeerd als de banenmotor van Nederland.

De forse groei in het MKB-metaal blijkt eind 2007 voorlopig echter ten einde. Nog steeds zijn de ondernemers in de sector positief, maar gematigder dan een halfjaar geleden. Alhoewel de binnenlandse orderpositie en de export nog toenemen ten opzichte van een halfjaar geleden, is de toename minder en verwachten ondernemers het komende halfjaar een voorzichtigere groei. Dit komt ook tot uiting in de investeringsverwachting voor 2008, die minder is. Daarnaast lijkt de druk op de arbeidsmarkt iets af te nemen. Ook het aantal bedrijven met groeiende bedrijfsresultaten wordt minder. Hieronder volgt een beknopt overzicht van de economische situatie in de branche zoals deze is weergegeven in de Economische Barometer van de Koninklijke Metaalunie over de periode 2002-2007.<sup>57</sup>

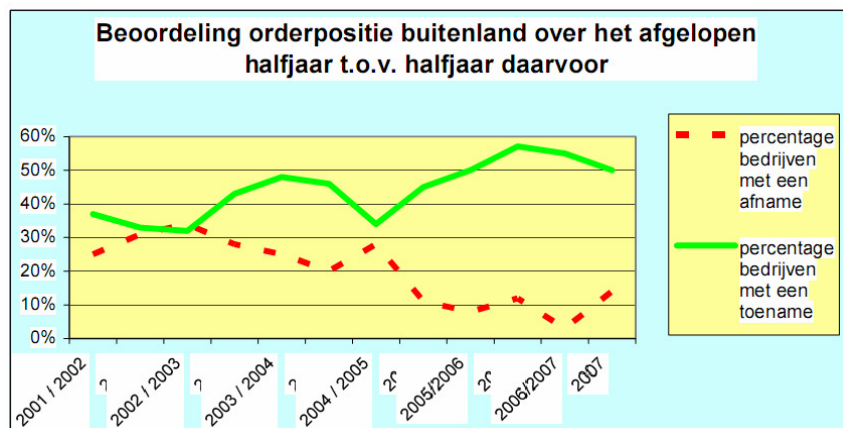
### Orderpositie

De binnenlandse orderpositie groeit minder hard dan een halfjaar geleden. Per saldo ziet minder dan de helft van de bedrijven een toename van de binnenlandse orders tegenover 60% een halfjaar geleden. Staalconstructie en Elektronica springen hier in positieve zin uit. Ook de waardering van de huidige orderpositie is met 10% afgenomen; de helft van de ondernemers beoordeelt deze nu nog positief. De sectoren Machinebouw en Metaalwaren presteren beduidend minder dan het gehele MKB-metaal; slechts 30% waardeert de huidige orderportefeuille positief. Van alle ondernemers in de sector verwacht nog geen 40% voor het komende halfjaar een beter halfjaar en een tiende van de ondernemers verwacht een afname van het aantal orders.



Figuur 6 Orderpositie binnenland<sup>58</sup>

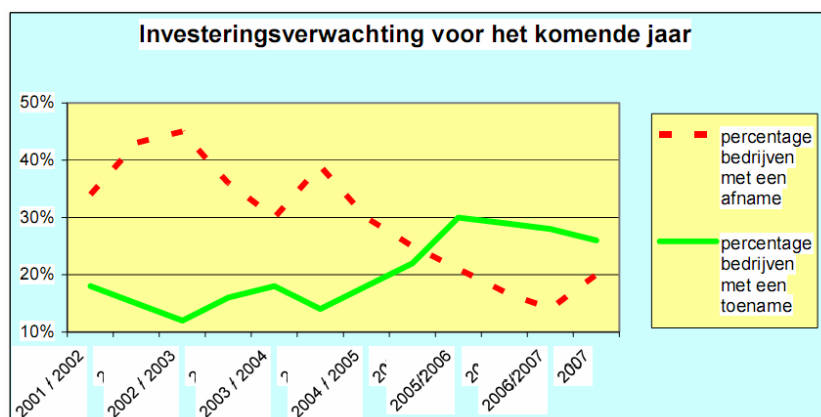
Wat voor de ontwikkeling van de binnenlandse orderpositie geldt, geldt ook voor de buitenlandse orderpositie en dan in sommige gevallen nog sterker. Van de ondernemers die exporteren geeft de helft aan dat de buitenlandse orderpositie beter is dan een halfjaar daarvoor. 14% geeft aan qua export een slechter halfjaar achter de rug te hebben, tegen 3% een halfjaar geleden. De waardering van de huidige buitenlandse orderpositie is beduidend minder dan een halfjaar geleden. Het aantal exporterende ondernemers dat een groeiende buitenlandse omzet verwacht is gehalveerd ten opzichte van het vorig halfjaar.



Figuur 7 Orderpositie buitenland<sup>59</sup>

## Investeringsen

Twee jaar geleden verwachtten ondernemers in het MKB-metaal voor het eerst na vijf jaar meer te investeren in het machinepark. Deze ontwikkeling lijkt echter al weer op zijn retour. In de gehele sector verwacht nog een kwart van de ondernemers te zullen investeren. Inmiddels verwacht 20% van de bedrijven minder te zullen investeren.



Figuur 8 Investeringsverwachting<sup>60</sup>

## Werkgelegenheid

Ruim een derde van de ondernemers in het MKB-metaal heeft nu meer mensen in dienst dan een jaar geleden. Bij 8% van de bedrijven nam het aantal medewerkers af. Of deze groei het volgende halfjaar doorzet is zeer de vraag, gezien de minder positieve waardering van de andere indicatoren van de Economische Barometer. Ook het aantal bedrijven met openstaande vacatures neemt iets af van 46% een halfjaar geleden tot 40% nu. De sectoren Machinebouw en Oppervlaktebehandeling hebben de meeste vacatures open staan. Over het invullen van de vacatures zijn de ondernemers in het MKB-metaal positiever. Ondernemers verwachten 86% van het aantal uitstaande vacatures binnen een halfjaar in te vullen.

## Vooruitzicht economische groei

Het aantal bedrijven dat een beter halfjaar achter de rug heeft dan een halfjaar eerder (47%) is afgenomen. In de sector Oppervlaktebehandeling, heeft echter bijna 70% van de ondernemers een beter halfjaar achter de rug. Het aantal bedrijven dat een slechter halfjaar achter de rug heeft is toegenomen van 3% een halfjaar geleden naar 10% nu. De trend van afname van de groei van het bedrijfsresultaat zet zich door in de verwachtingen voor het komende halfjaar. De helft van de ondernemers verwacht eenzelfde resultaat en nog maar 43% een beter resultaat.<sup>61</sup>

---

## Referentielijst

---

- <sup>1</sup> Klankbordgroep Kennispositiestudie Thermisch Spuiten
- <sup>2</sup> FME-CWM (2005) TI.05.24, *Dikke deklagen*.
- <sup>3</sup> FME-CWM (2005) TI.05.25, *Thermisch gespoten aluminiumlagen*.
- <sup>4</sup> <http://www.kpot.nl/behandelingstechnieken/pvd/>
- <sup>5</sup> <http://luminore.nl/>
- <sup>6</sup> <http://www.schildersblad.nl/artikelen/show.asp?id=1772>
- <sup>7</sup> [http://www.senternovem.nl/IOP\\_Selfhealingmaterials/index.asp](http://www.senternovem.nl/IOP_Selfhealingmaterials/index.asp)
- <sup>8</sup> Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz, Sankt Augustin, Edgar Rudolf, Wolfgang Pfeiffer, *BIA-report 2/2004: Thermisches Spritzen, Gefahrstoffe, Messungen und Schutzmaßnahmen*.
- <sup>9</sup> [www.thermisch-spuiten.nl/SulzerMetco\\_HVOFspuiten.pdf](http://www.thermisch-spuiten.nl/SulzerMetco_HVOFspuiten.pdf)
- <sup>10</sup> <http://www.wilbo.nl/ROHS.htm>
- <sup>11</sup> [www.lgtb.be](http://www.lgtb.be)
- <sup>12</sup> [www.kpot.nl/themadag2003/ramaekers-nijhof.pdf](http://www.kpot.nl/themadag2003/ramaekers-nijhof.pdf)
- <sup>13</sup> <http://www.xs4all.nl/~tcmbv/Wat%20is%20RVS.html>
- <sup>14</sup> [http://www.rvslaslassen.nl/?lasbaarheid\\_van\\_roestvrijstaal/](http://www.rvslaslassen.nl/?lasbaarheid_van_roestvrijstaal/)
- <sup>15</sup> Van der Meer & van Tilburg (2003) Eindrapportage Sectoroorlichting Jachtbouw Fryslân i.o.v. Provincie Friesland p. 14
- <sup>16</sup> EWF congres Wenen, mei 2004, *Tailored blanks welded by Friction Stir Welding and fusion processes*.
- <sup>17</sup> NIL/BIL Lassymposium, November 2004, *Volledig automatisch lassysteem voor het lassen van lange pijpstukken*.
- <sup>18</sup> <http://www.denys.be/fiche.asp?t=1&cat=1&p=5&cattxt=>
- <sup>19</sup> Richardson, prof.ir. I.M., TU Delft, *Trends in Welding research and expertise – A Delft perspective*. NIL-Lassymposium 2003
- <sup>20</sup> <http://www.laserharden.be>
- <sup>21</sup> [http://www.lcv.be/nl/nieuwe\\_ontw.asp?rubriek\\_id=10&oper=show&id=169&original\\_databank\\_id=169](http://www.lcv.be/nl/nieuwe_ontw.asp?rubriek_id=10&oper=show&id=169&original_databank_id=169)
- <sup>22</sup> EWF congres Wenen, mei 2004, *Higher efficiency welding using the plasma powder process*.
- <sup>23</sup> Richardson, prof.ir. I.M., TU Delft, *Trends in Welding research and expertise – A Delft perspective*. NIL-Lassymposium 2003
- <sup>24</sup> EWF congres Wenen, mei 2004, *Development of high efficiency welding*.
- <sup>25</sup> <http://www.verbindenonline.nl/smartsite26655.htm?goto=26749>
- <sup>26</sup> EWF congres Wenen, mei 2004, *Increasing cost competitiveness of electron beam welding for high volume production*.
- <sup>27</sup> [http://www.interlas.nl/index.cfm?fuseaction=main.nieuws\\_showitem&sellid=25](http://www.interlas.nl/index.cfm?fuseaction=main.nieuws_showitem&sellid=25)

- 
- <sup>28</sup> [http://www.bil-ibs.be/NL/Onderzoek/onderzoek\\_2007\\_hoogrendementslassen\\_lastechnieken.htm](http://www.bil-ibs.be/NL/Onderzoek/onderzoek_2007_hoogrendementslassen_lastechnieken.htm)
- <sup>29</sup> <http://www.lincolnelectric.nl/knowledge/industry/processindustry.asp?locale=1043>
- <sup>30</sup> EWF congres Wenen, mei 2004, *Dissimilar laser welded joints contribution to residual stress analysis*.
- <sup>31</sup> EWF congres Wenen, mei 2004, *Heterogeneous thermal joints, Mg/Al and Mg/Steel*.
- <sup>32</sup> EWF congres Wenen, mei 2004, *Cold Metal Transfer (CMT) of Steel and Al-joining - Process and its possibilities*.
- <sup>33</sup> Management Team, 21 mei 2004, *Staalmeesters*.
- <sup>34</sup> NIL/BIL Lassymposium, November 2004, *Ontwikkeling van Hoge Sterkte Toevoegmaterialen. -Van project tot Produkt-*
- <sup>35</sup> NIL/BIL Lassymposium, November 2004, *Nikkel basis gevulde draden*.
- <sup>36</sup> <http://www.ppmigtig.nl/01bf38963c0ab5e01/01bf3896381344701/index.html>
- <sup>37</sup> Nederlands Instituut voor Lastechniek, *Lastechniek, Vakblad voor verbinden en snijden, Lasdraad doorvoeren met 'luchtdruk'*, maart 2008,
- <sup>38</sup> <http://www.vnmi.nl/Smartsite.shtml?id=57768>
- <sup>39</sup> <http://www.verbindenonline.nl>
- <sup>40</sup> <http://aluminium.matter.org.uk/content/html/dut/default.asp?catid=48&pageid=2144416965>
- <sup>41</sup> <http://www.verbindenonline.nl>
- <sup>42</sup> <http://www.verbindenonline.nl>
- <sup>43</sup> <http://www.verbindenonline.nl>
- <sup>44</sup> <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/industrie-energie/publicaties/artikelen/archief/2004/2004-1420-wm.htm>
- <sup>45</sup> <http://www.milieuennatuurcompendium.nl/indicatoren/nl0017-Energieverbruik-door-de-industrie.html?i=6-40>
- <sup>46</sup> <http://statline.cbs.nl/StatWeb/table.asp?LYR=G3:10&LA=nl&DM=SLNL&PA=70846ned&D1=1-2,30,33&D2=4-5,14-28&D3=13-14,16-17&D4=a&HDR=T&STB=G1,G2>
- <sup>47</sup> [www.stw.nl/NR/rdonlyres/90AABD44-DDEC-4E31-BFFE-9E4983DD049F/0/20061115GremmeePresentatie\\_inleiding.ppt](http://www.stw.nl/NR/rdonlyres/90AABD44-DDEC-4E31-BFFE-9E4983DD049F/0/20061115GremmeePresentatie_inleiding.ppt)
- <sup>48</sup> <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/industrie-energie/publicaties/artikelen/archief/2004/2004-1420-wm.htm>
- <sup>49</sup> Staatscourant, Vrijdag, 8 April 2005
- <sup>50</sup> <http://www.liwwadders.nl/data/nieuws/items/EEEEkAuuAEEExVRovWlz.php>
- <sup>51</sup> [http://idet.nl/frameset\\_utiliteit.htm](http://idet.nl/frameset_utiliteit.htm)
- <sup>52</sup> <http://www.mra.nu>
- <sup>53</sup>
- [http://duurzaambouwen.senternovem.nl/projecten/aluminiseren\\_roldeur\\_westsluis\\_in\\_kanaal\\_van\\_gent\\_naar\\_terneuzen/print/](http://duurzaambouwen.senternovem.nl/projecten/aluminiseren_roldeur_westsluis_in_kanaal_van_gent_naar_terneuzen/print/)
- <sup>54</sup> <http://www.cargotransfer.net>
- <sup>55</sup> <http://temcor.com/>
- <sup>56</sup> <http://www.graviabell.nl/susbidievoorbeelden.html>
- <sup>57</sup> Koninklijke Metaalunie, November 2007, *Economische Barometer*
- <sup>58</sup> Koninklijke Metaalunie, November 2007, *Economische Barometer*
- <sup>59</sup> Koninklijke Metaalunie, November 2007, *Economische Barometer*
- <sup>60</sup> Koninklijke Metaalunie, November 2007, *Economische Barometer*
- <sup>61</sup> [http://www.nevat.nl/nieuw/asp/nws\\_item.asp?item=5247](http://www.nevat.nl/nieuw/asp/nws_item.asp?item=5247)