


WRIJVINGSLASSEN, EEN VEELZIJDIG EN INNOVATIEF LASPROCES

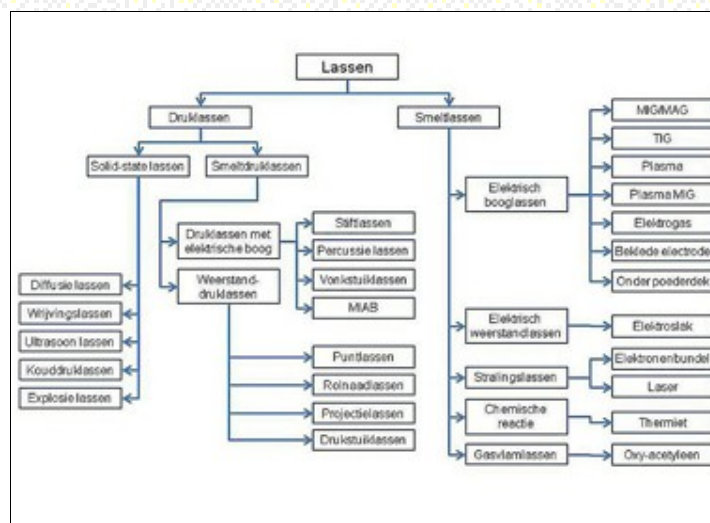
WERKINGSPRINCIPE, INDELING, TOEPASSINGEN & VOORDELEN

Dit artikel gaat nader in op het werkingsprincipe van het wrijvingslassen, de indeling van de wrijvingsgebaseerde processen en toepassingen.

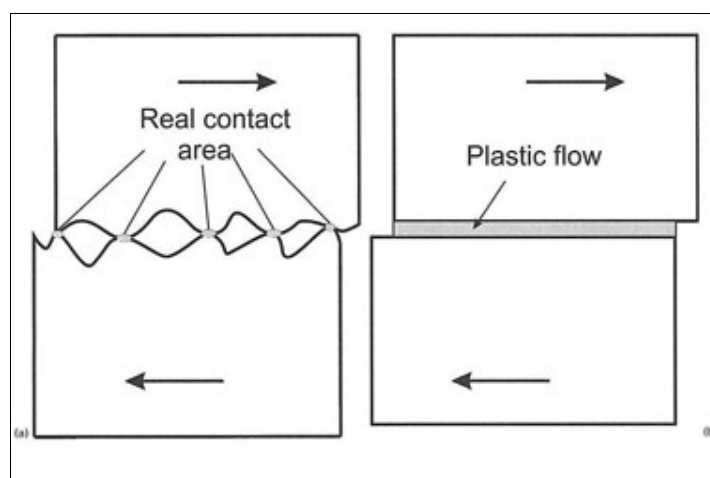
Bovendien bieden deze lasprocessen belangrijke voordelen inzake milieu.

Daaruit zal blijken dat wrijvingslassen een veelzijdig en innovatief lasproces is dat veel toepassingen heeft in verschillende industrietakken.

 Dr. ir. Koen Faes, BIL

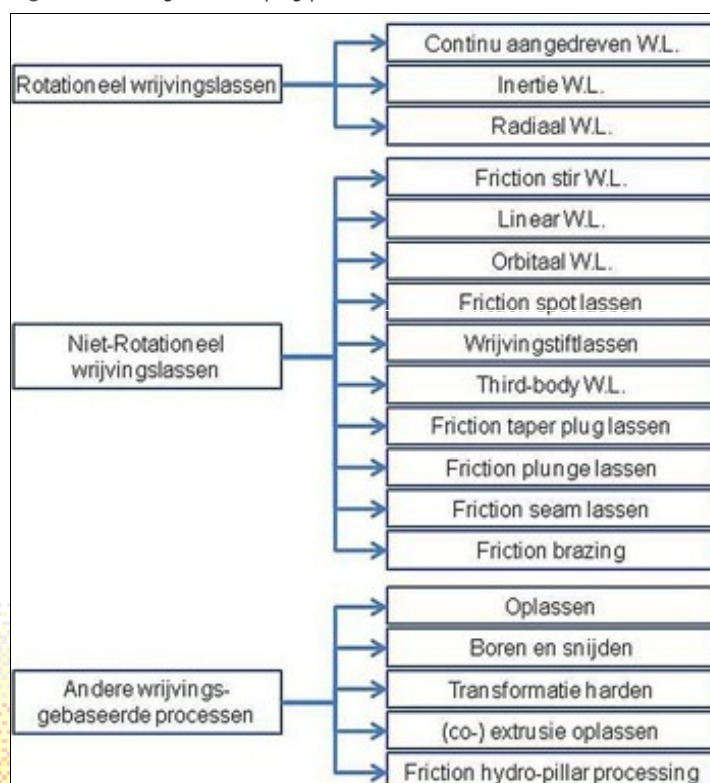


Figuur 1: Indeling van de lasprocessen volgens de energiebron



Figuur 2: Principe van wrijvingslassen

Figuur 3: Indeling van de wrijvingsprocessen



INDELING LASPROCESSEN

In totaal zijn er naar schatting een 40- à 50-tal lasprocessen. In **fig. 1** wordt een indeling gemaakt van de lasprocessen volgens de energiebron die gebruikt wordt om een las te realiseren. De lasprocessen splitsen zich op in twee grote groepen, namelijk de smeltlasprocessen en de druklasprocessen. Bij de smeltlasprocessen worden de te verbinden materialen tot smelten gebracht, al dan niet met een toevoegmateriaal of een beschermende atmosfeer (bv. een gas of een vacuüm).

Verontreinigingen en oxidelagen moeten hierbij uit het smeltbad verwijderd worden.

Een nadeel van het smeltlassen is dat de meeste materialen bij de smelttemperatuur zeer reactief zijn, zodat een contaminatie met ongewenste elementen zeer moeilijk te voorkomen is. Tevens ondergaan veel materialen bij deze zeer hoge temperaturen ongewenste metallurgische veranderingen zoals het oplossen van carbides of andere precipitaten of het vormen van brosse intermetallische fasen bij het lassen van ongelijksoortige materialen. Het meest gebruikt is het elektrisch booglassen, zoals TIG, MIG/MAG en lassen met beklede elektrode. Andere lasprocessen waarbij de materialen tot smelten gebracht worden, zijn bv. laserlassen, thermietlassen, oxy-acetyleenlassen enz.

De tweede grote groep van lasprocessen bestaat uit de druklasprocessen. Bij deze processen worden de te verbinden materialen tegen elkaar aangedrukt, met of zonder additionele opwarming van de

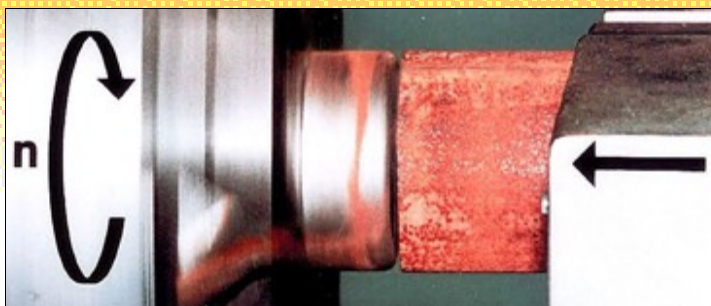
lasoppervlakken. De druklasprocessen kunnen op hun beurt onderverdeeld worden in twee subgroepen, namelijk de zogenaamde 'solidstate'-lasprocessen en de druklasprocessen waarbij de materialen tot smelten gebracht worden. Bij deze laatste subgroep kan de verwarming gebeuren via een elektrische boog, zoals bij stift- en percussielassen, of via elektrische weerstandsverwarming zoals bij het punt- en projectielassen.

Bij de solidstatelasprocessen worden de materialen niet tot smelten gebracht. Het belangrijkste voordeel van het solidstatelas is dat de materialen hun oorspronkelijke eigenschappen behouden. Deze processen bieden de mogelijkheid om heterogene verbindingen te realiseren tussen sterk verschillende metalen en legeringen die niet met andere procedés lasbaar zijn. De door warmte beïnvloede zone is doorgaans klein, te wijten aan de korte lastijden en de relatief lage maximale temperaturen. Het wrijvingslasproces is één van de solidstatelasklassen.

WERKINGSPRINCIPE WRIJVINGSLASSEN

Wrijvingslassen

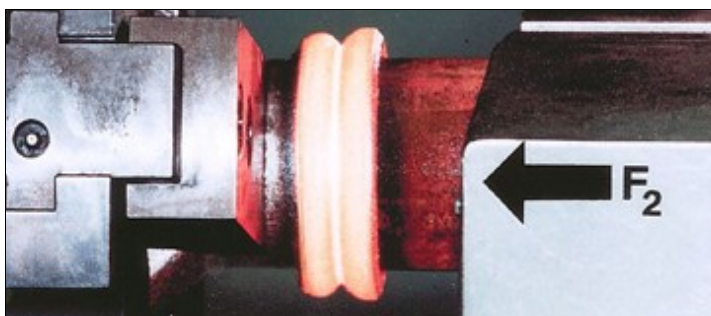
Wrijvingslassen is een lasproces waarbij een verbinding tot stand gebracht wordt door het over elkaar wrijven van de te verbinden oppervlakken, en dat onder een gecontroleerde drukkracht. Door de wrijving tussen de te verbinden werkstukken wordt er warmte opgewekt (**figuur 2**). De temperatuur in het contactoppervlak stijgt daarbij tot net onder de smelttemperatuur. Als de gewenste



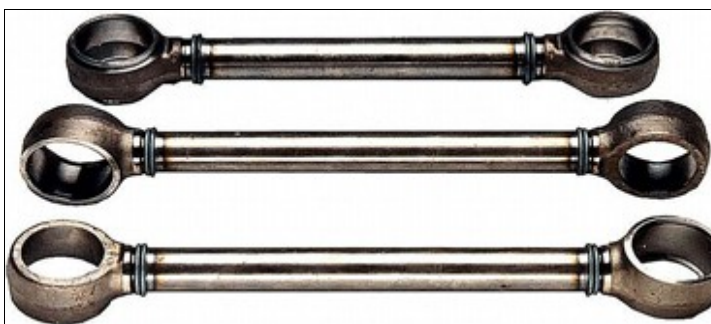
Figuur 4: De twee werkstukken worden geklemd en één werkstuk wordt geroteerd (bron: Kuka)



Figuur 5: De werkstukken worden met elkaar in contact gebracht met de wrijvingskracht F_1 ; de temperatuur stijgt in het contactoppervlak (bron: Kuka)



Figuur 6: Het roterende onderdeel wordt afgeremd en de smeedkracht F_2 wordt aangebracht (bron: Kuka)



Figuur 7: Wrijvingsgelaste aandrijfassen (bron: Kuka)

Figuur 8: Wrijvingsgelaste tandwieloverbrenging (bron: Kuka)



temperatuur bereikt is, wordt het wrijven gestaakt en worden de plastisch geworden delen tegen elkaar gedrukt, waarna de verbinding tot stand komt. Wrijving levert een relatief eenvoudige manier van verwarmen en zorgt er ook voor dat de lasoppervlakken afdoende gereinigd worden; door de relatieve beweging worden er verontreinigingen of oxides uit de laszone verwijderd. De te controleren parameters bij alle wrijvingsgebaseerde processen zijn de contactkracht, de relatieve snelheid en de duur van de wrijving.

INDELING VAN DE WRIJVINGSGEBASEERDE PROCESSEN

In **figuur 3** wordt een indeling gegeven van de belangrijkste wrijvingsgebaseerde (las)processen. De meest gebruikte variant van het proces is het rotationeel wrijvingslassen. Het kan gebruikt worden voor het verbinden van rotatiesymmetrische werkstukken. De mogelijke uitvoeringen hierbij zijn het continu aangedreven wrijvingslassen, het wrijvingslassen via de energie opgeslagen in een vliegwiel en het radiaal wrijvingslassen. Bij niet-rotationeel wrijvingslassen kunnen eveneens de niet-rotatiesymmetrische werkstukken met elkaar verbonden worden. De belangrijkste daarbij zijn het frictionstirlassen (wrijvingsroerlassen), het lineair en het orbitaal wrijvingslassen. Daarnaast bestaan er in deze groep ook een aantal minder gekende, maar interessante varianten, zoals het wrijvingspuntlassen (friction spot) of het stifflassen. Verder zijn er nog een aantal andere wrijvingsgebaseerde processen. Zo is het bv. mogelijk om via wrijving opslagen aan te brengen, te snijden of te boren.

ROTATIONEEL WRIJVINGSLASSEN

Beschrijving

Het principe van het wrijvingslassen is in zijn meest eenvoudige vorm voorgesteld in **figuur 4** en volgende. Stel dat twee assen of pijpen stompgeplast moeten worden, dan wordt één deel geklemd, terwijl het andere er met constante snelheid tegen geroteerd wordt door een aandrijfmotor (continu aangedreven wrijvingslassen). Als de beide delen onder druk met elkaar in contact gebracht worden, veroorzaken de wrijvingskrachten een weerstandskoppel. De energie die daaruit resulteert, wordt in het contactvlak omgezet in warmte. De gegenereerde warmte verhoogt de temperatuur in relatief korte tijd tot de lastemperatuur (smeedtemperatuur). Vervolgens wordt het

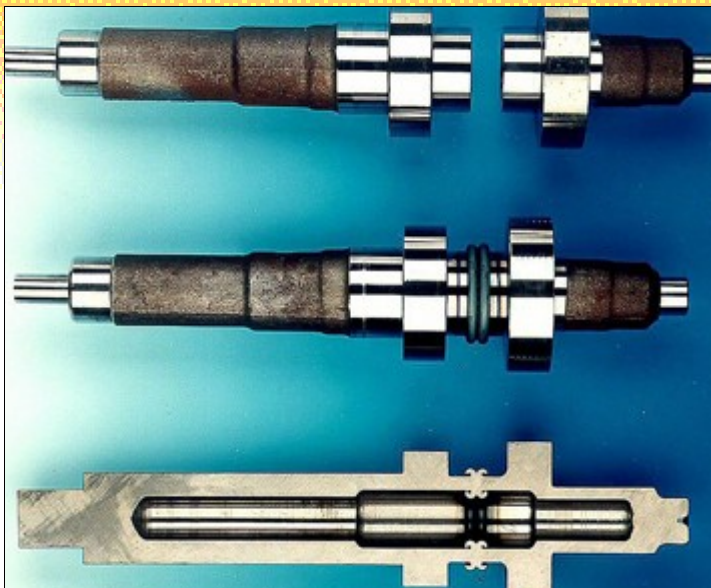
roterende deel losgekoppeld van de aandrijving, afgeremd tot stilstand en wordt er een axiale smeedkracht uitgeoefend om de lasverbinding tussen beide delen te realiseren. Tijdens de opwarmfase en de lasfase wordt er onder invloed van de axiale drukkracht een hoeveelheid plastisch materiaal naar buiten geduwd, zodat de voor het wrijvingslassen karakteristieke lasbraam wordt gevormd (zie **figuur 6**).

Voordelen

- De voordelen van het wrijvingslassen zijn:
- Hoogkwalitatieve verbindingen met een gunstige metallurgische structuur, aangezien het materiaal niet tot smelten gebracht wordt.
 - 'Oneshot'-lasproces.
 - Geen speciale voorbereiding van de werkstukken nodig.
 - Het lasproces is veel sneller dan de conventionele lasprocessen.
 - Weinig vervormingen na het lassen, te wijten aan de korte lastijden en de lage maximale temperatuur.
 - Mogelijkheid om stukken met sterk verschillende secties te verbinden, mits het nemen van bepaalde voorzorgsmaatregelen.
 - Economisch: het wrijvingslassen laat toe besparingen te realiseren op de kostprijs van gelaste stukken (tijdsbesparing, materiaalbesparing, loonkosten).
 - Ongelijksoortige materialen die met andere processen niet gelast kunnen worden, kunnen wel gelast worden met het wrijvingslasproces, zoals aluminium of koper aan staal.
 - Zeer goede reproduceerbaarheid en mogelijkheden tot automatisering.
 - Geen toevoegmaterialen nodig.
 - Milieubewust: geen beschermgassen, lasrook of straling.
 - Geen nood aan gecertificeerde lassers.

Beperkingen

- De uitlijning van de te lassen stukken is kritisch voor het realiseren van een uniforme wrijving en verwarming.
- De lasbramen moeten mechanisch verwijderd worden.
- Investeringskosten voor de apparatuur.
- Niet-destructieve onderzoekstechnieken worden nog niet toegepast voor het wrijvingslassen en de kans bestaat dat deze NDO-technieken niet alle lasfouten kunnen opsporen. Het monitoren van de procesparameters is waarschijnlijk de beste methode voor de kwaliteitscontrole.
- Het kan niet aangewend worden bij materialen met een zeer lage wrijvingscoëfficiënt, zoals grijs gietijzer, brons en messing met een hoog loodgehalte (de grafietdeeltjes van gietijzer



Figuur 9: Lassen van zuigerstangen (bron: Kuka)

ageren als smeermiddelen en verhinderen de opwarming).
 • Bij het lassen van zeer grote secties kan de capaciteit van de machine een limiet vormen.

Toepassingen

Door de uitgebreide toepassingsmogelijkheden is het niet zo verwonderlijk dat wrijvingslassen vaak gebruikt wordt in uiteenlopende sectoren. Toepassingsgebieden zijn onder meer de luchtvaartindustrie en de petrochemie (lassen van flenzen of boorpijpen). Wrijvingslassen wordt veel gebruikt bij de productie van onderdelen voor trucks en landbouwvoertuigen (bv. stangen aan stangogen - **figuur 7**). Er kan een aanzienlijke kostenbesparing gerealiseerd worden door het vervangen van volledig gesmede stukken door kleinere smeedstukken, gelast aan standaardproducten, zoals staven of buizen. Wrijvingslassen wordt ook gebruikt voor de productie van onderdelen in de automobiellindustrie, zoals stabilisatoren, tandwieloverbrengingen (**figuur 8**), kleppen, aandrijfassen ... Het grote voordeel van de lastechniek bestaat erin dat er bepaalde materiaalcombinaties gelast kunnen worden die niet lasbaar zijn met traditionele

processen. Voorbeelden daarvan zijn aluminium aan staal (**figuur 10**) of titanium aan koper. Deze mogelijkheid laat toe om kosten te besparen door een oordeelkundig ontwerp van dergelijke onderdelen. Een voorbeeld daarvan is het ontwerp van een klep van een verbrandingsmotor. De schotels in een warmtebestendig materiaal worden gelast aan de klepstaal, vervaardigd van een slijvast materiaal.

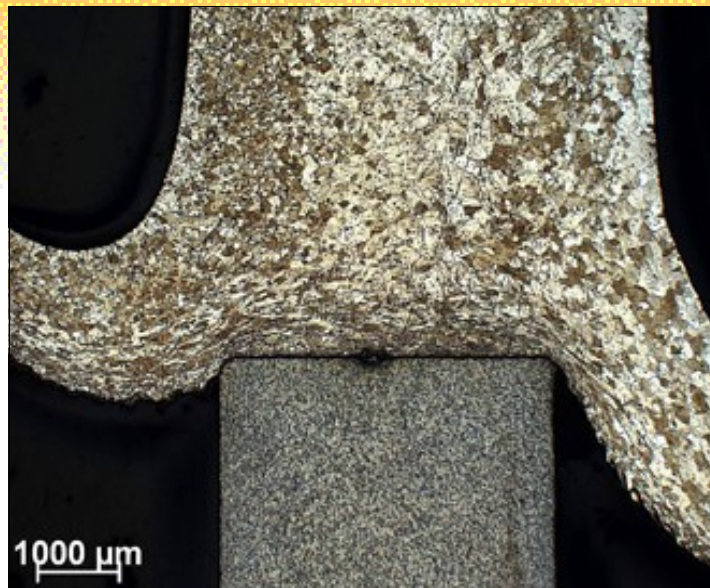
NIET-ROTATIONEEL WRIJVINGSLASSEN

Lineair wrijvingslassen

Bij het lineair wrijvingslassen wordt de nodige warmte opgewekt door een relatieve heen en weer gaande beweging van de te lassen stukken. Met dit proces kunnen er niet-rotationeel symmetrische stukken gelast worden. De belangrijkste toepassing van het lineair wrijvingslassen is de productie van turbinebladen (blisks; blade on disk) van vliegtuigmotoren en turbines (**figuur 11**).

Orbitaal wrijvingslassen

Orbitaal wrijvingslassen kan eveneens gebruikt worden voor het lassen van stukken met een niet-rotationeel symmetrische doorsnede



Figuur 10: Verbinding van aluminium aan staal (bron: BIL)

(zie **figuur 3**). Beide werkstukken worden in contact gebracht onder druk en één deel voert een kleine cirkelvormige beweging uit t.o.v. het andere. Dit geeft een uniforme tangentiële snelheid over het hele oppervlak. Als de beweging stopt, worden beide delen vlug met elkaar in lijn gebracht en wordt de smeedkracht aangebracht om de las te vormen (zie **figuren 12 en 13**).

Frictionstirlassen

Friction stir welding (FSW – ook nog soms aangeduid als 'wrijvingsroerlassen') is begin de jaren '90 uitgevonden en gepatenteerd door The Welding Institute (UK). Bij het FSW proces wordt een roterend gereedschap, bestaand uit een 'pin' en een 'schouder', al dan niet met een profilering, tussen de twee te lassen platen geduwd, dit tot de schouder in contact komt met het bovenvlak van de te verbinden werkstukken (zie **figuur 14**). Daarvoor wordt het materiaal door wrijving opgewarmd tot temperaturen waarbij het in een 'deegachtige' toestand terechtkomt, zonder dat dit gepaard gaat met smelten. Wanneer het gereedschap voortbewogen wordt tussen de platen, wordt het materiaal van de voorzijde naar de achterzijde van de pin als het ware geëxtrudeerd,

waardoor de verbinding gevormd wordt. Met dit proces zijn er aluminiumlegeringen lasbaar die niet met TIG of MIG verbonden kunnen worden, zoals zeer warmtegevoelige legeringen (AlCu- of AlZnMgCu-legeringen). De voornaamste technologische voordelen van dit proces, toegepast op aluminiumlegeringen, zijn:

- geen warmtegevoelige of porositeiten
- geen beschermgassen of toevoegmaterialen
- beperkte lasnaadvoorbereiding (enkel ontvetten)
- weinig verzachting of vervorming,
- volautomatisch
- constante las kwaliteit
- hoge productiviteit
- grote dikterange te lassen in één enkele pas (0,3 mm tot 75 mm)
- vlak lasoppervlak zonder lasoverdikte

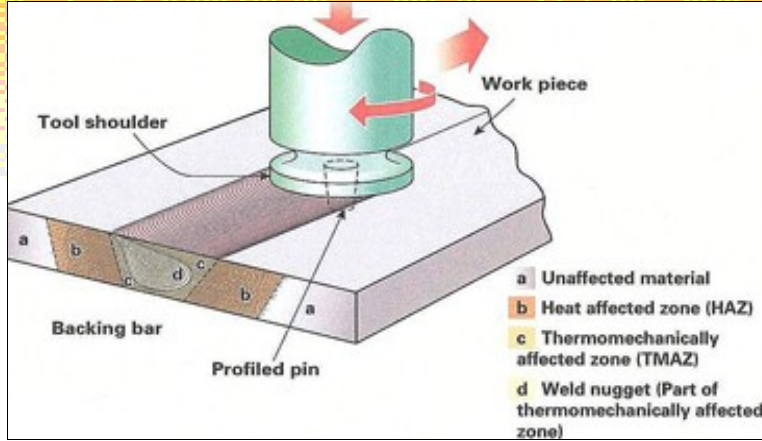
FSW is perfect geschikt voor het lassen van aluminiumlegeringen (zie **figuur 15**). Deze methode kent reeds talrijke toepassingen in het buitenland en wordt in soms zeer kritische domeinen toegepast, zoals lucht- en ruimtevaart, transport, de nucleaire sector en de automobiellindustrie. Wereldwijd wordt er op grote schaal onderzoek gevoerd naar deze zeer veelbelovende verbindingstechniek.

Figuur 11: Wrijvingsgelaste turbinebladen (bron: TWI)



Figuur 12: Orbitaal wrijvingslassen van aluminium plaatjes (bron: Dyconn)





Figuur 13 (linksboven): Orbitaal wrijvingslassen van holle profielen (bron: Dyconn)
Figuur 14 (midden): Frictionstirlassen
Figuur 15 (onder): Frictionstirlasverbinding
Figuur 16 (rechtsboven): Friction stud welding

**ANDERE WRIJVINGS-
GEBASEERDE PROCESSEN**

Voor een overzicht van de andere wrijvingsgebaseerde processen wordt er verwezen naar **figuur 3**.

Frictionspotlassen

Bij het frictionspotlassen wordt er net zoals bij het frictionstirlassen gebruikgemaakt van een geprofileerde pin voor het

verbinden van platen in de overlap configuratie.

De tool wordt in de bovenste plaat gedrukt, terwijl de onderste plaat ondersteund wordt. Het verhitte materiaal onder de tool vervormt plastisch, zodat oxidelagen verwijderd worden. Het frictionspotlassen wordt momenteel onderzocht als alternatief voor het elektrisch puntlassen. Er bestaat grote interesse in de

automobiellindustrie voor het lassen van aluminiumlegeringen.

Wrijvingsstifflassen (friction stud welding)

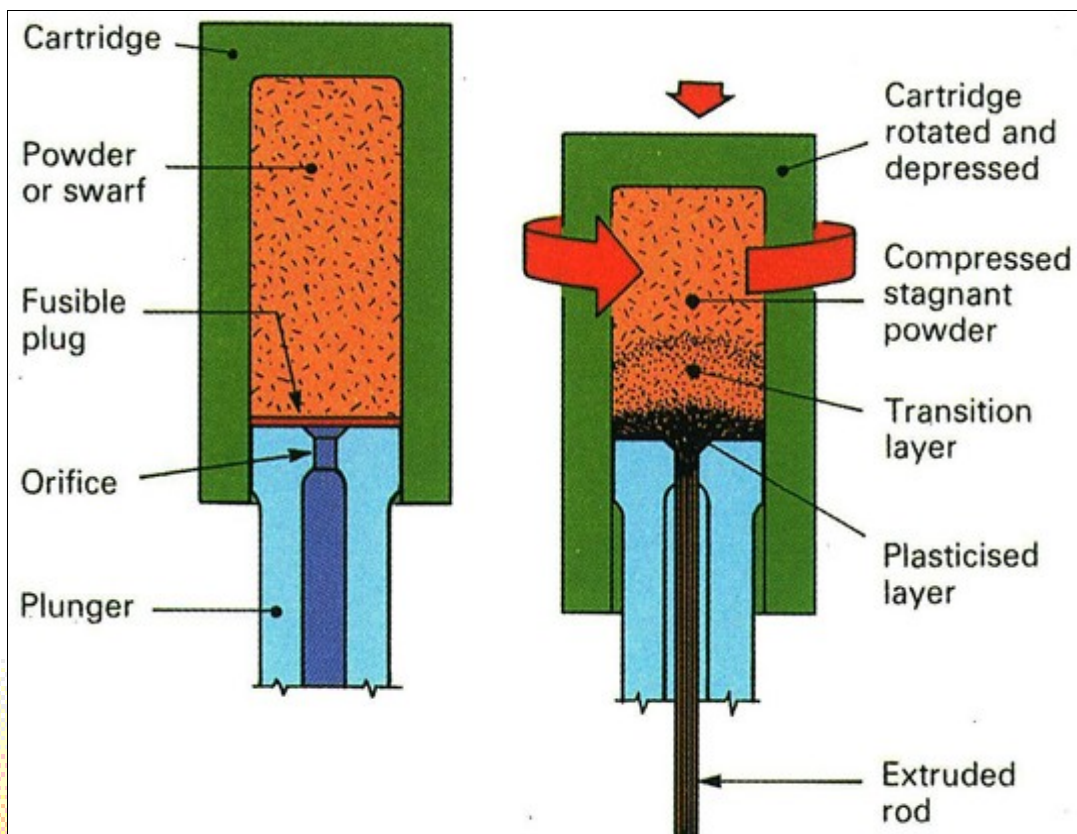
Wrijvingsstifflassen is een solidstatelastechniek waarbij een staaf of bout tegen hoge snelheid geroteerd wordt en tegen een ander oppervlak gedrukt wordt. Door de wrijving wordt het materiaal plastisch en worden er

verontreinigingen verwijderd. De temperatuur blijft steeds lager dan de smeltemperatuur van de materialen. Dit proces is een alternatief voor het elektrisch stifflassen en biedt vooral voordelen bij het lassen in moeilijke omstandigheden (bv. onder water).

Oplassen

Het wrijvingsproces kan ook gebruikt worden voor het aanbrengen van oplaslagen (cladding).

Figuur 17: Friction extrusion



Friction extrusion

Wrijving kan ook gebruikt worden voor het recycleren van aluminium schroot. Het principe van het proces wordt getoond in **figuur 17**. Een cilinder met schroot wordt geroteerd tegen een inwendige matrijs. Aan de matrijs wordt het materiaal plastisch en wordt het vervolgens geëxtrudeerd als een staaf.

CONCLUSIES

Wrijvingslassen is een veelzijdig en innovatief lasproces dat veel toepassingen heeft in verschillende industrietakken. De voordelen van dit proces zijn dat er hoogkwalitatieve verbindingen gerealiseerd kunnen worden, dat dit proces veel sneller is dan de conventionele lasprocessen en dat het volledig geautomatiseerd kan worden, zodat een constante kwaliteit gegarandeerd wordt. Bovendien bieden deze lasprocessen inzake het milieu belangrijke voordelen: er ontstaat immers geen lasrook, uv- of elektromagnetische straling. Ook worden er geen toevoegmaterialen of beschermgassen gebruikt. □