

A welder wearing a protective suit and helmet is working on a large metal component in a factory setting. The welder is using a welding torch to create a bright, glowing weld on the metal. The background shows industrial machinery and a large metal structure.

Inleiding lasprocessen

Ir C.A. Brak

Wat is lassen?

Lassen van materialen kan gedefinieerd worden als een verbindingstechniek, waarbij de delen zodanig met elkaar verbonden worden, dat er een continuïteit in structuur ontstaat.

Deze brede definitie laat nog veel variabelen toe, zoals:

- Het wel of niet gebruiken van toevoegmateriaal;
- De fysische basis op grond waarvan de las tot stand wordt gebracht, te onderscheiden in uitsluitend thermische processen (smeltlasprocessen), uitsluitend drukprocessen (kouddruklasprocessen) of een combinatie hiervan (warmdruklasprocessen);
- Het type materiaal dat wordt gelast (metalen, kunststoffen, keramische materialen), waarbij het in de praktijk in verreweg de meeste gevallen om metalen gaat;
- De geometrie van de te verbinden delen;
- De mechanisatiegraad van het proces (handmatig tot volautomatisch).

Kort historisch overzicht

Een korte impressie van het tijdsverloop van de ontwikkeling van de 5 belangrijkste smeltlasprocessen:

- 1801 Onderzoek naar boogontladingen; o.a. door Davy.
- 1881 Eerste koolbooglas.
- 1886 Eerste weerstandlas.
- 1887 Patent van Bernardos over koolbooglassen.
- 1889 Patent van Slavianof over metaalbooglassen.
- 1895 Eerste laswerkplaats in Engeland
- 1900 Uitvinding autogeen lassen door Le Chatelier.
- 1907 Oskar Kjellberg maakt eerste beklede elektrode, bekleed met asbest en klei
- 1920 Eerste gelaste schip
- 1923 Eerste gelaste brug
- 1926 Begin van ontwikkeling in gasbooglassen
- 1927 Eerste geperste elektrode in Nederland (Willem Smit)
- 1936 Patent van Union Carbide voor Union Met lassen (OPlassen)
- 1937 Patent van Union Carbide voor Heliarc lassen (TIG met helium)
- 1943 Patent van Union Carbide voor Argon-arc lassen (TIG met argon)
- 1953 CO₂ lassen met speciale toevoegdraad geeft goede resultaten (Philips)

Daarna zijn nog vele nieuw processen uitgevonden en varianten van bestaande processen ontwikkeld.

Processen van de laatste tijd zijn:

TIME lassen = MIG-lassen met roterende boog voor zeer hoge neersmeltsnelheid

Friction Stir Welding = een wrijvingslasproces voor aluminium plaat

hoofdgroep procesnummer	hoofdgroep procesnaam
1	booglassen (arc welding)
2	weerstandlassen (resistance welding)
3	autogeenlassen (gas welding)
4	druklassen (pressure welding)
5	laserlassen
6	-----*
7	andere lasprocessen
8	snijden en gutsen
9	(hard- en zachtsolderen en soldeerlassen)

* Deze hoofdgroep wordt (nog) niet gebruikt.

[Hoofdgroepen indeling volgens ISO 4063](#)

(zie volgende dia)

1	Arc welding	Booglassen	
101	Metal-arc welding	Metaalbooglassen	
11	Metal-arc welding without gas protection	Booglassen zonder gasbescherming	
111	Manual metal-arc welding	Booglassen met beklede elektroden	
112	Gravity(arc)welding with covered electrode	Zwaartekrachtlassen met beklede elektroden	
114	Self shielded flux-cored arc welding	Booglassen met poedergevulde draad (gasloze draad)	
12	Submerged arc welding	Onderpoeder lassen	
121	Submerged arc welding with solid wire electrode	Onderpoeder lassen met massieve draadelektrode	
122	Submerged Arc welding with solid strip electrode	Onderpoeder lassen met massieve stripelektrode	
125	Submerged Arc welding with flux cored wire electrode	Onderpoeder lassen met gevulde draadelektrode	
126	Submerged Arc welding with flux cored strip electrode	Onderpoeder lassen met gevulde stripelektrode	
13	Gas-shielded Metal Arc Welding	Gasbooglassen met afsmeltende elektrode	
131	Gas-shielded Metal Arc Welding	(MIG-lassen) Gasbooglassen met massieve draad onder bescherming van een inert gas	
132	Gas-shielded Metal Arc Welding	(MIG-lassen) Gasbooglassen met gevulde draad onder bescherming van een inert gas (vroeger 137)	
133	Gas-shielded Metal Arc Welding	(MIG-lassen) Gasbooglassen met metaalgevulde draad onder bescherming van een inert gas	
135	Metal Arc active gas welding: MAG-welding	(MAG-lassen) Gasbooglassen met massieve draad onder bescherming van een actief gas	
136	Flux-cored arc welding with active gas shield	(MAG-lassen) Gasbooglassen met gevulde draad onder bescherming van een actief gas	
138	Metal Arc active gas welding: MAG-welding	(MAG-lassen) Gasbooglassen met metaalgevulde draad onder bescherming van een actief gas	

soort energie	specifieke energiebron
elektrische energie	elektrische elektrische weerstand boog
thermo-chemische energie	gasvlam
chemische energie	oven
mechanische energie	wrijving
stralingsenergie	elektronenbundel coherent licht

Enkele voor het lassen geschikte energiebronnen

<http://www.ommi.co.uk/etd/eccc/advancedcreep/v2pii2x.pdf>



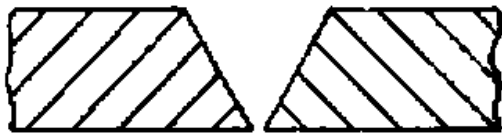
I naad



X-naad



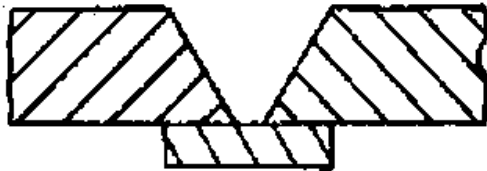
U of kelknaad



V naad



K naad

V naad met staande kant
of Y Naad

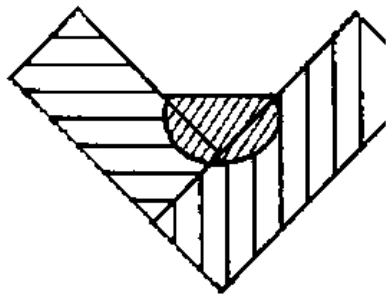
V naad met onderlegstrip



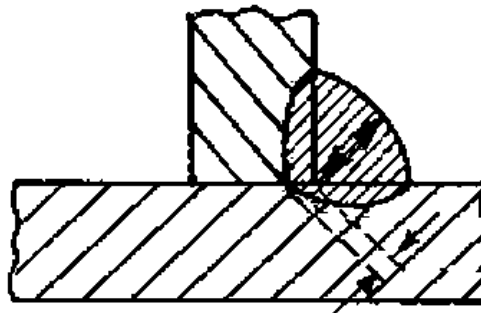
halve V-naad

Voorbeelden van stompe lasnaden.

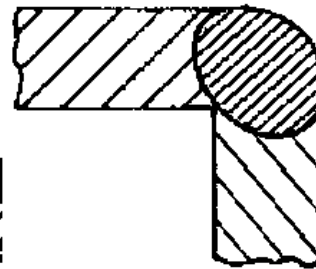
De naadvorm wordt meestal aangeduid naar de vorm ervan met een letter.



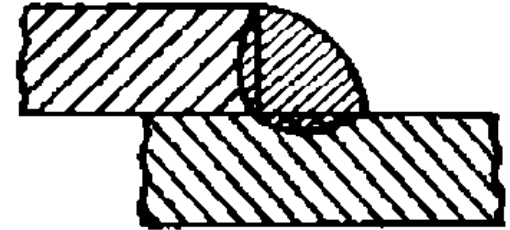
lassen
"in het gootje"



staande hoeklas



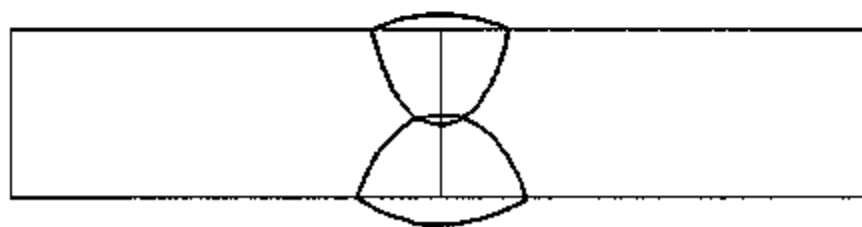
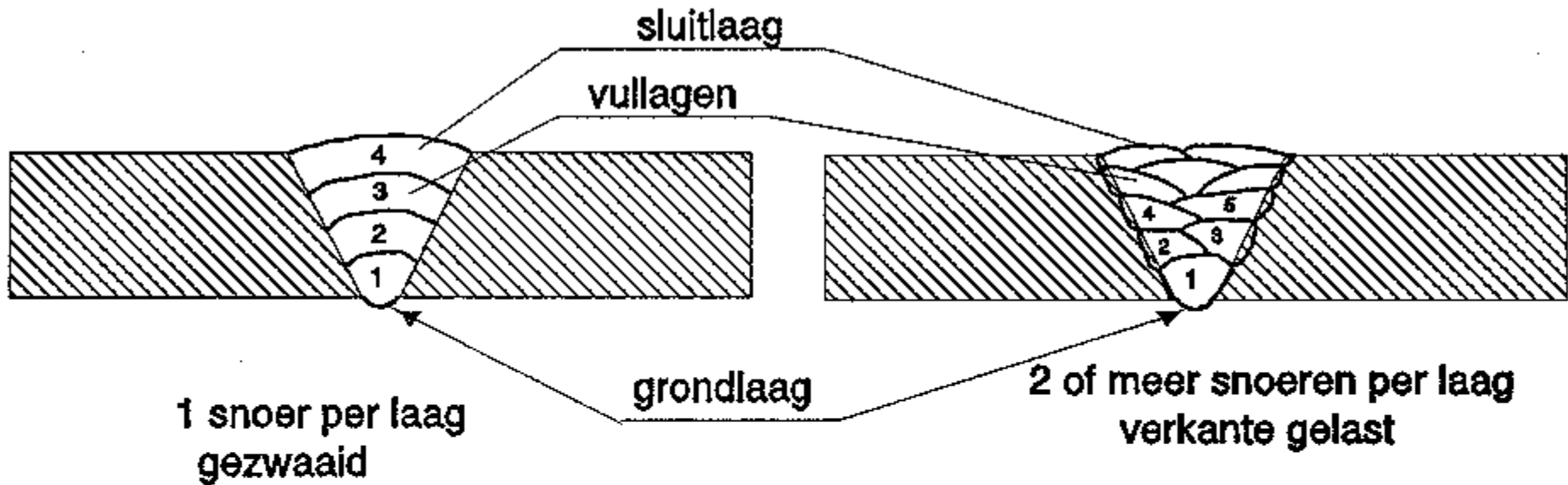
buitenhoeklas



Overlapas

Enkele voorbeelden van niet-stompe lassen
(hoeklas en overlapas).

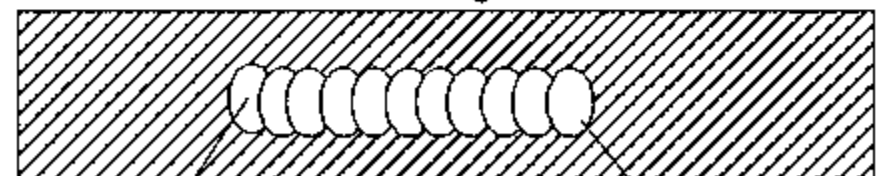
Diverse begrippen, die samenhangen met de laagopbouw.



laag - tegen laag

bovenzijde van een rups op een plaat

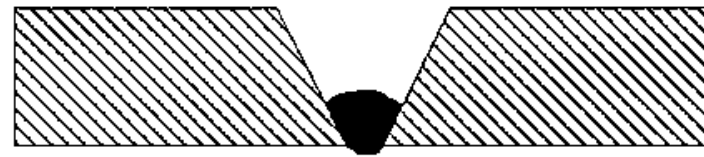
lasrichting →



kop

krater

Diverse begrippen, die samenhangen met de laagopbouw.



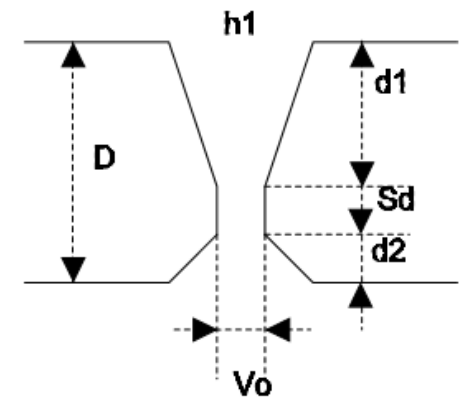
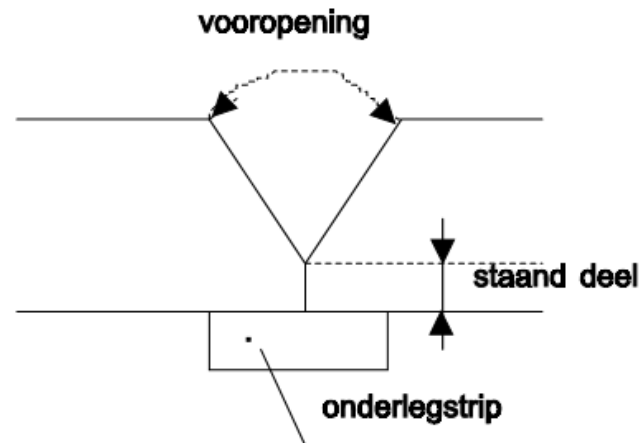
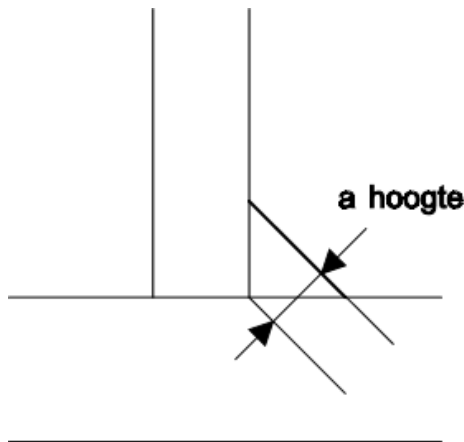
goede doorlassing

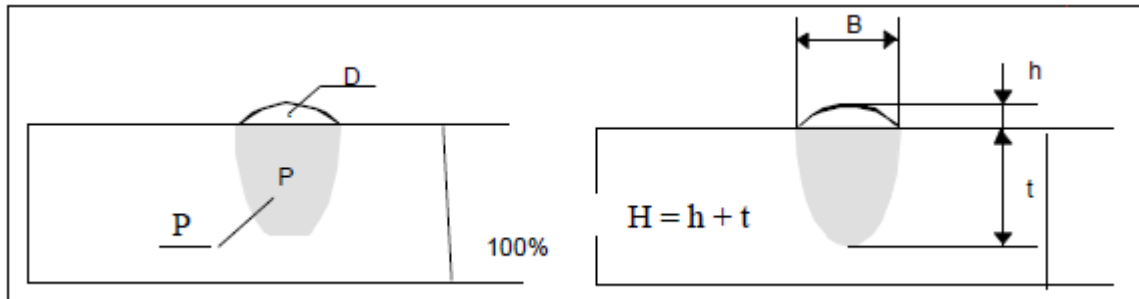


doorlassing is te zwaar



onvoldoende doorlassing





De geometrie van de lasnaad, dat wil zeggen de verhouding tussen neergesmolten lasmetaal (D) en het omgesmolten lasmetaal (P), bepaalt de vermenging.

Let op : de samenstelling van D en P zijn identiek.

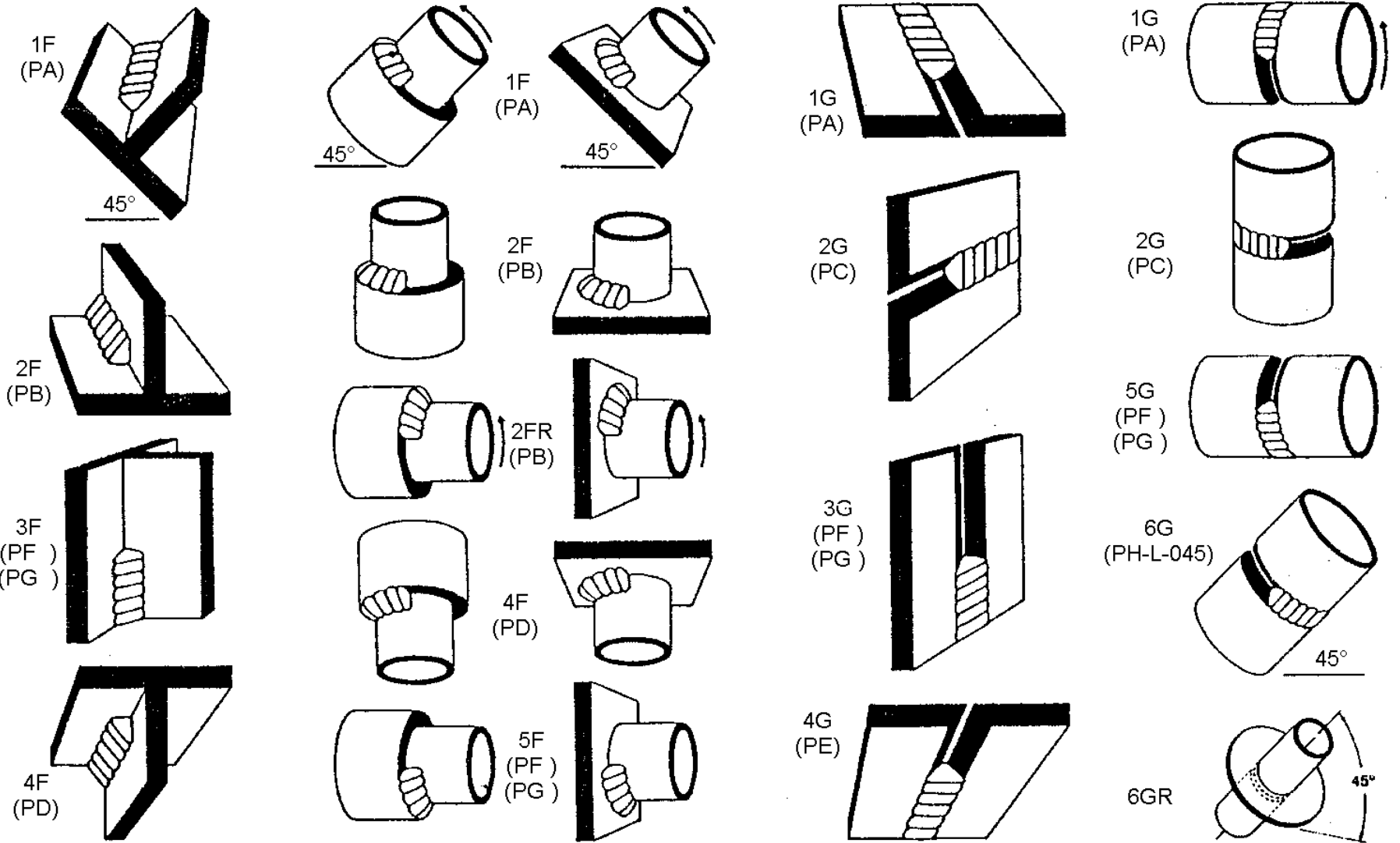
t	(mm)	inbrandingsdiepte
h	(mm)	overdikte
B	(mm)	lasbreedte
H	(mm)	hoogte
P	(mm ²)	oppervlakte omgesmolten plaatmateriaal
D	(mm ²)	oppervlakte toegevoegde draad
P+D	(mm ²)	oppervlakte lasmetaal
V	(%)	vermenging

$$V = \frac{P}{P + D} \times 100\%$$

De laagopbouw kan ook geheel beschreven worden.

Dit is belangrijk omdat allerlei eigenschappen afhangen van de wijze van lassen..

- kop en krater
- snoeren of (las)rupsen
- lagen
- verkanten
 - een verkante laag bestaat uit twee of meer snoeren
- grondlaag
- tegenlaag
- doorlassing
 - een tegenlaag kan vaak pas gelegd worden nadat de naad aan de tegenzijde is uitgeslepen tot in de grondlaag om fouten in de doorlassing te voorkomen.
- sluitlaag of kaplaag
- warmtebeïnvloede zone (heat affected zone)
 - dat gedeelte van de plaat, dat niet is omgesmolten, maar wel zó warm is geworden dat eigenschappen of structuur veranderd zijn.
- meerlagenlas (multirun)
 - een las die bestaat uit meer dan één lasrups aan minstens één naadkant.
- laag-tegenlaag
 - aan iedere zijde van de naad ligt precies één snoer.
- éénzijdig lassen
 - indien de naad van één zijde gelast wordt, dus zonder tegenlaag.



De genormaliseerde lasposities volgens ASME voor proefflassen.

De ' G ' duidt op stompe lasnaad (groove)
De ' F ' wordt gebruikt voor hoeklassen (fillet)

lasposities ASME	lasposities ISO 6945	Omschrijving
1G en 1F	PA	onder de hand (plaat, hoeklas)
2F	PB	staande hoeklas
2G	PC	plaat uit de zij
3Gu en 3Fu (stapelend)	PF	verticaal opgaand (plaat, hoeklas)
3Gd en 3Fd (neergaand)	PG	verticaal neergaand (plaat, hoeklas)
4F	PD	hoeklas boven het hoofd
4G	PE	plaat boven het hoofd
5Gu en 5Fu	PF	verticaal opgaand (gefixeerde pijp)
5Gd en 5Fd	PG	verticaal neergaand (gefixeerde pijp)
6Gu	PH(-L045)	verticaal opgaand (gefixeerde pijp onder 45°)
6Gd	PJ	verticaal neergaand (gefixeerde pijp onder 45°)
6G orbital	PK	rondgaand in gefixeerde pijp

Overeenkomst tussen ISO 6945 en ASME- lasposities

BmBE	Booglassen met beklede elektroden
SMAW	Shielded Metal Arc Welding = BmBE
MMAW	Manual Metal Arc Welding = BmBE
GTAW	Gas Tungsten Arc Welding
GMAW	Gas Metal Arc Welding
FCAW	Flux Cored Arc Welding
SAW	Submerged Arc Welding
MIG	Metal Inert Gas = GMAW
MAG	Metal Active Gas = GMAW of FCAW
TIG	Tungsten Inert Gas = GTAW
PAW	Plasma Arc Welding
RW	Resistance Welding
FRW	Friction Welding
EBW	Electron Beam Welding
LBW	Laser Beam Welding
ESW	Electroslag Welding
HAZ	Heat Affected zone
WBZ	Warmtebeïnvloede zone = HAZ

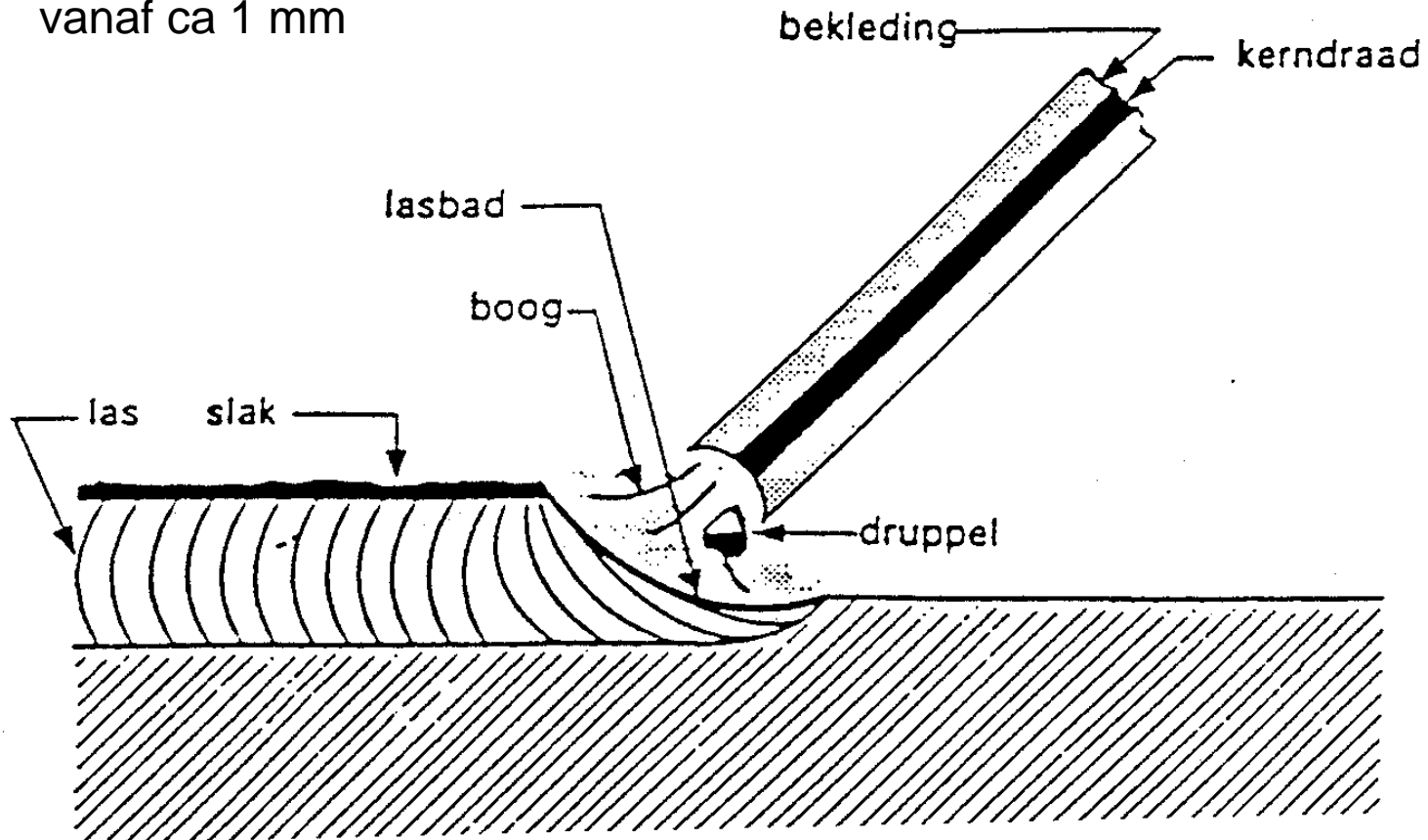
Veel gebruikte afkortingen van lasprocessen

NIL	Nederlands Instituut voor Lastechniek
IIW	International Institute of Welding
AWS	American Welding Society
ASME	American Society of Mechanical Engineers
AISI	American Iron and Steel Institute
ASTM	American Society of Testing Materials
TUV	Technische Überwachungsverein
DIN	Deutsche Industrie Norm

Enkele veel gebruikte afkortingen voor instituten en normen

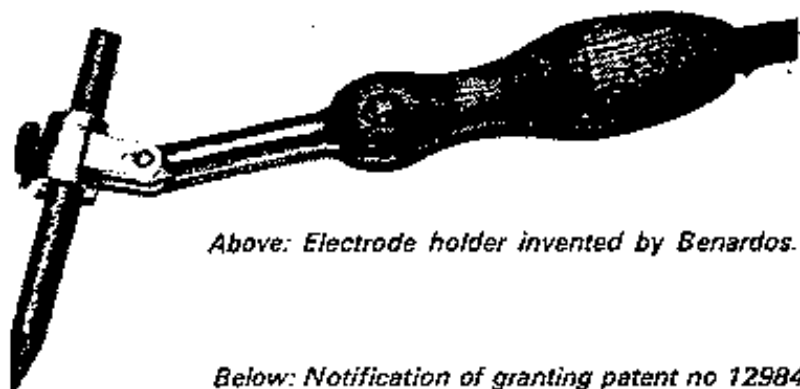
Booglassen met beklede elektroden (BmBE, 111)

soort:	smeltlasproces met afsmeltende elektrode)
mechanisatie:	handmatig
bescherming:	slak en gas
materiaal:	staal, gietijzer, RVS, Cu- en Ni legeringen
posities:	alle
dikte:	vanaf ca 1 mm



Inleiding lasprocessen





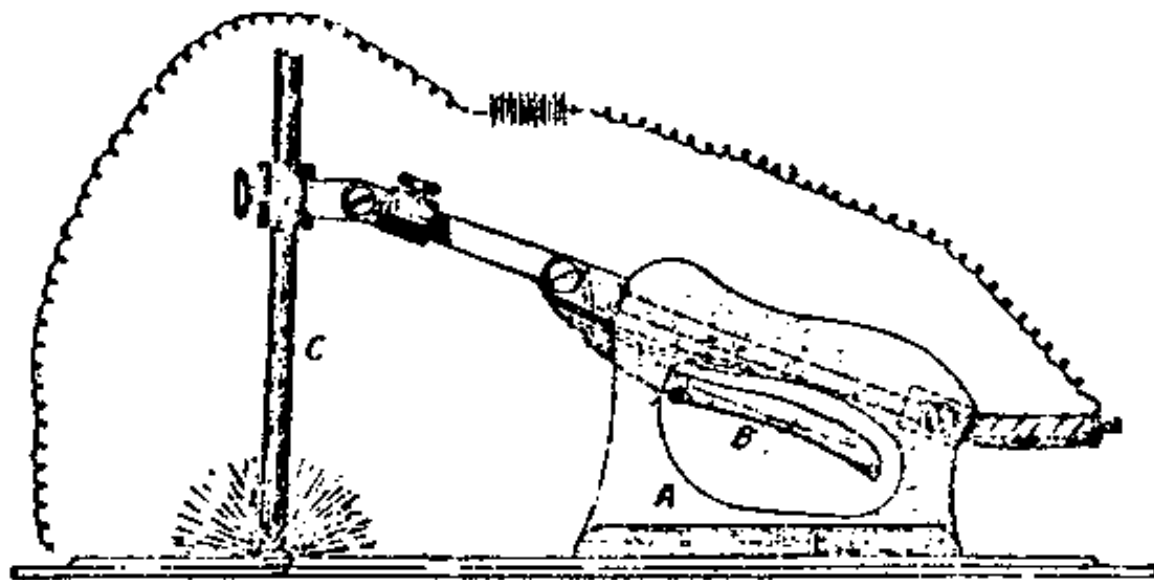
Above: Electrode holder invented by Benardos.

Below: Notification of granting patent no 12984 of Great Britain.

12.984. Benardos, N. de, and Olszewski, S. Oct. 28. Amended.

Working by electricity.

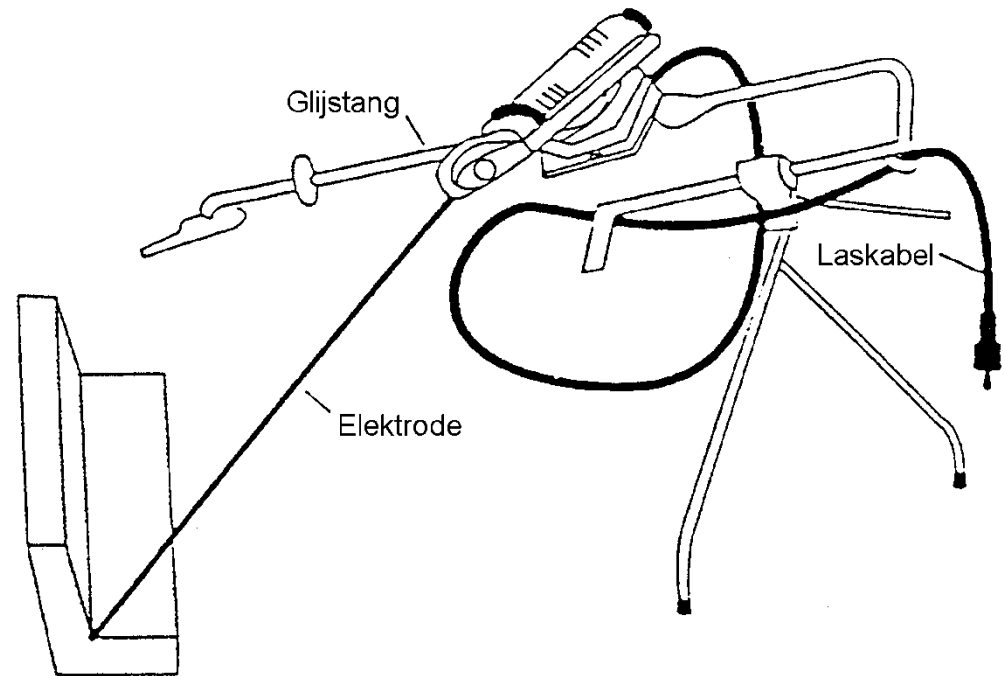
-- Relates to a method of and apparatus for—(1) The union of metals by heating them at various points or in a continuous line to supersede riveting. (2) The disunion by cutting or detaching parts. (3) The formation of apertures as rivet holes. (4) Combining metals in layers, steeling objects, filling up cracks, and incrusting plates for ornamentation. A voltaic arc is formed by the approach



of carbon to the part of the metal operated upon, the carbon usually forming the positive pole and the metal the other pole. The carbon, which may be solid or hollow, is fixed in an apparatus one form of which is shown in the Figure. The frame A, having a jointed lever B to lower the carbon C, is insulated and supported on the plate or held in the hand. The frame may have wheels running on rails, and when

Zwaartekrachtlassen met beklede elektroden (112)

Soort:	smeltlasproces met afsmeltende elektrode
mechanisatie:	eenvoudig, met glijstang
bescherming:	slak en gas
materiaal:	voornamelijk staal
posities:	PB (staande hoeklassen)
dikte:	vanaf ca 5 mm

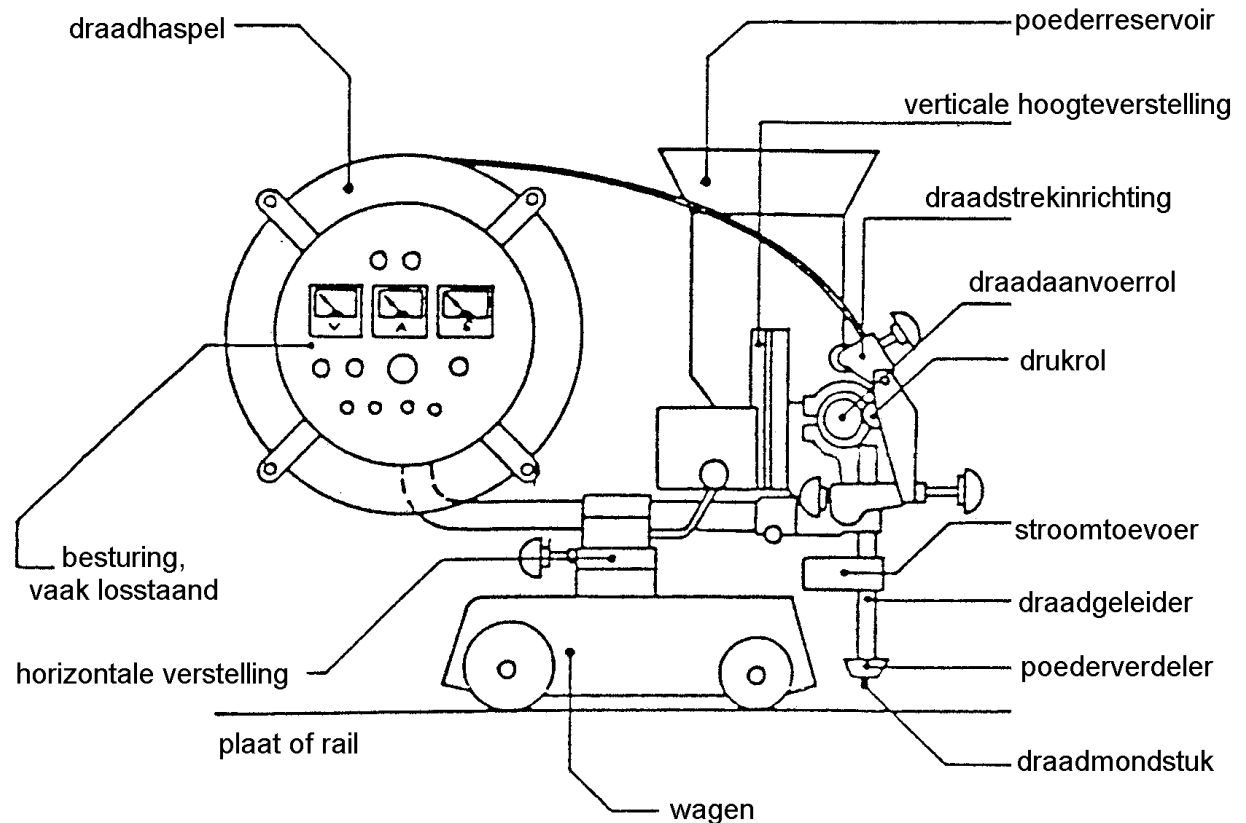


Booglassen met gevulde draad zonder gasbescherming (114)

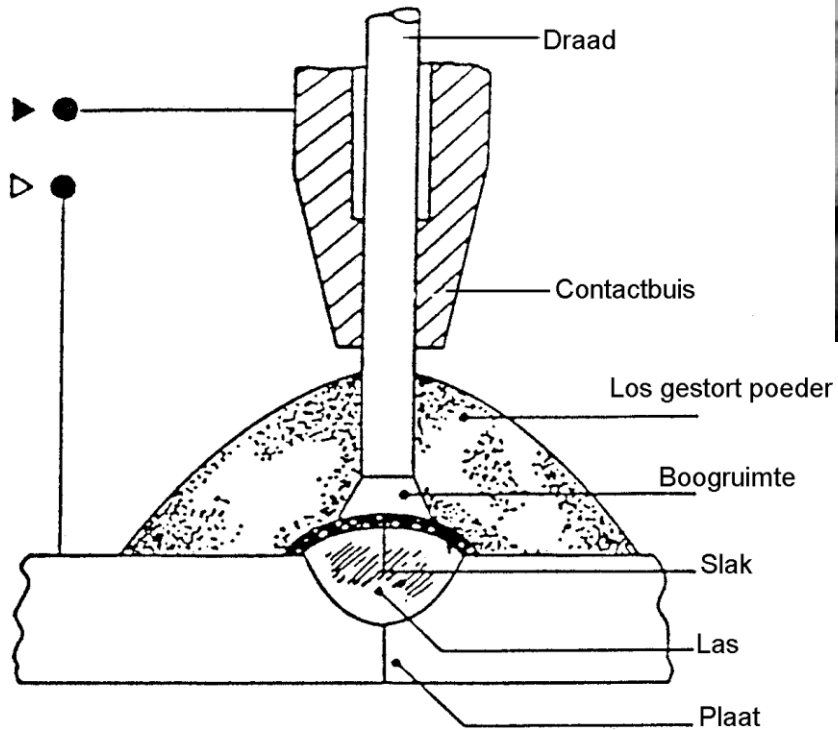
Soort:	smeltlasproces met continu aangevoerde afsmeltende gevulde draadelektrode
mechanisatie:	halfautomatisch, te mechaniseren
bescherming:	slak en zuurstof/stikstofbinders
materiaal:	voornamelijk staal
posities:	voornamelijk PA en PB (andere posities wel mogelijk)
dikte:	vanaf ca 4 mm

Onderpoederlassen met draadelektrode (OP, 121)

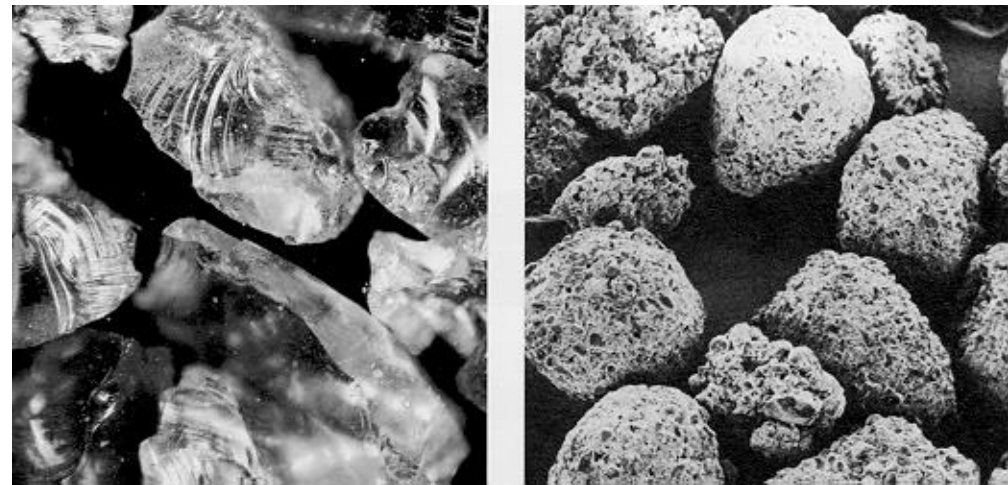
Soort:	smeltlasproces met afsmeltende draadelektrode
mechanisatie:	mechanisch en halfautomatisch
bescherming:	slak
materiaal:	staal, RVS, Cu- en Ni legeringen
posities:	PA, PB en PC (PC is alleen mogelijk met speciale poederopvang)
dikte:	vanaf ca 3 mm (afhankelijk van het aantal draden)



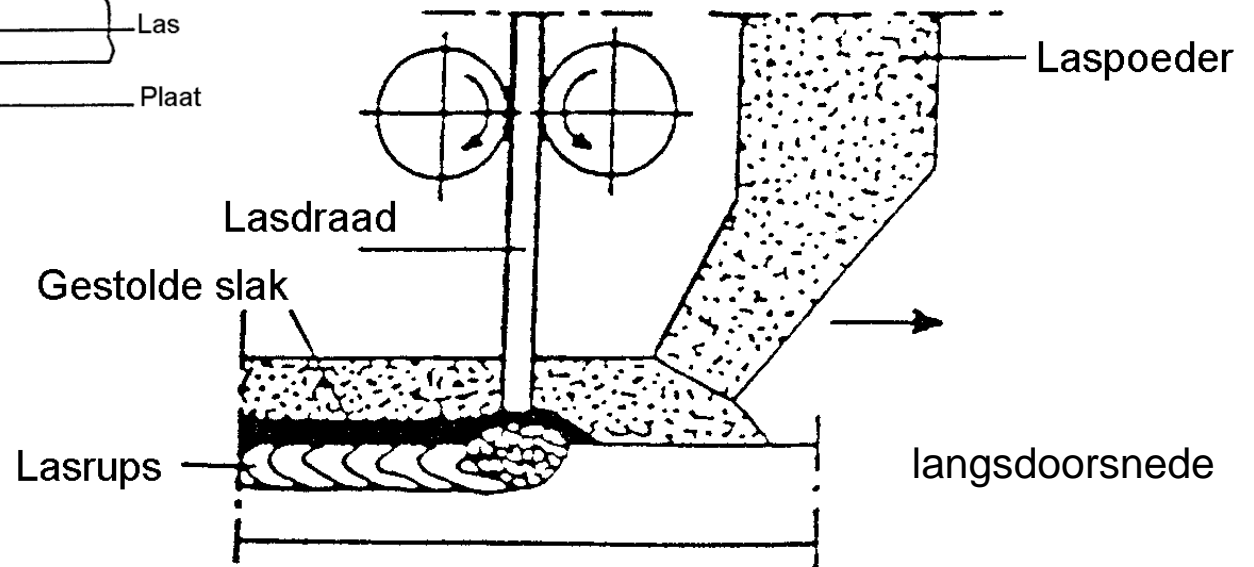
Principe van het onderpoederlassen.



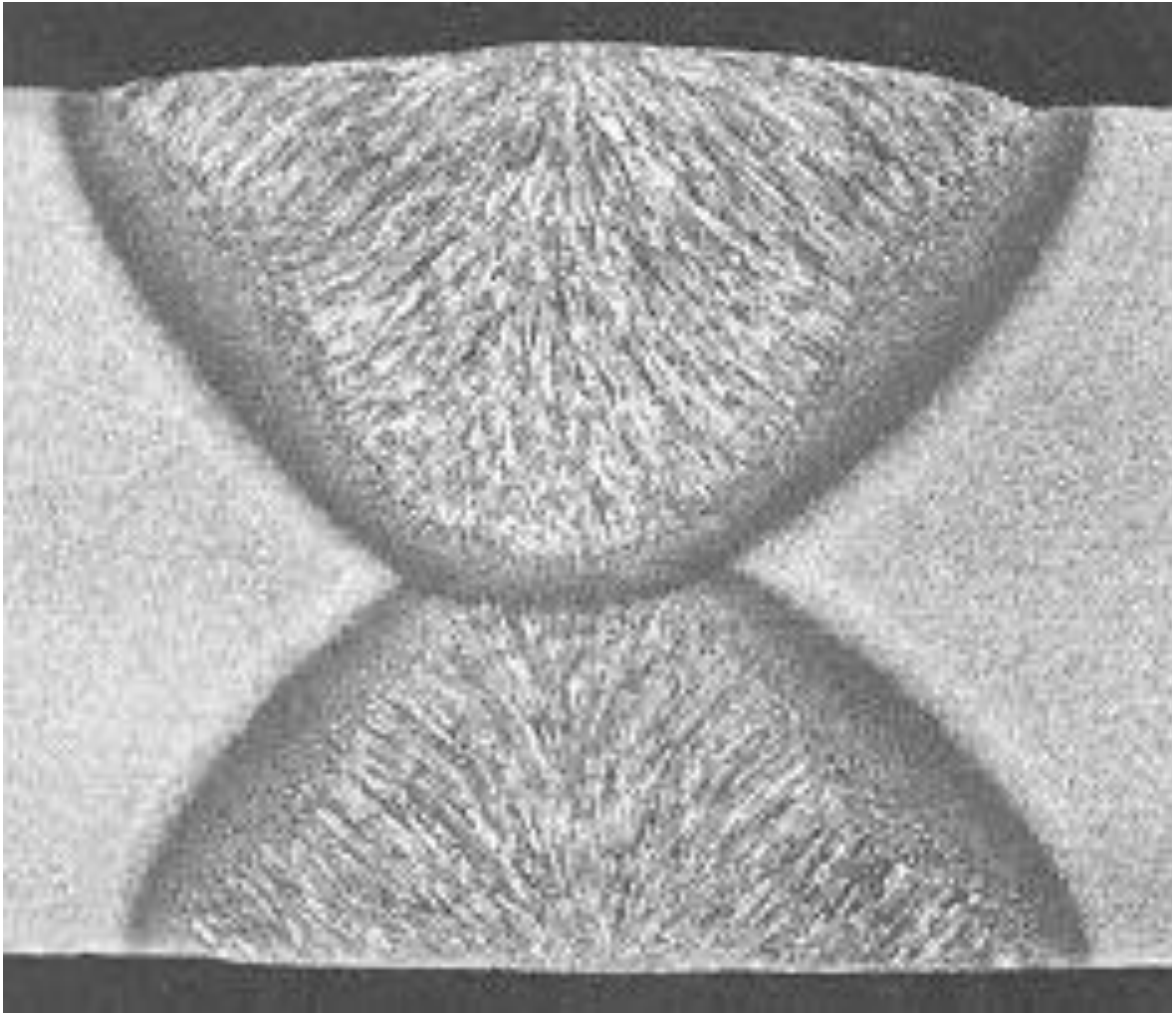
dwarsdoorsnede



Gesmolten en geagglomereerde laspoeders



langdoorsnede

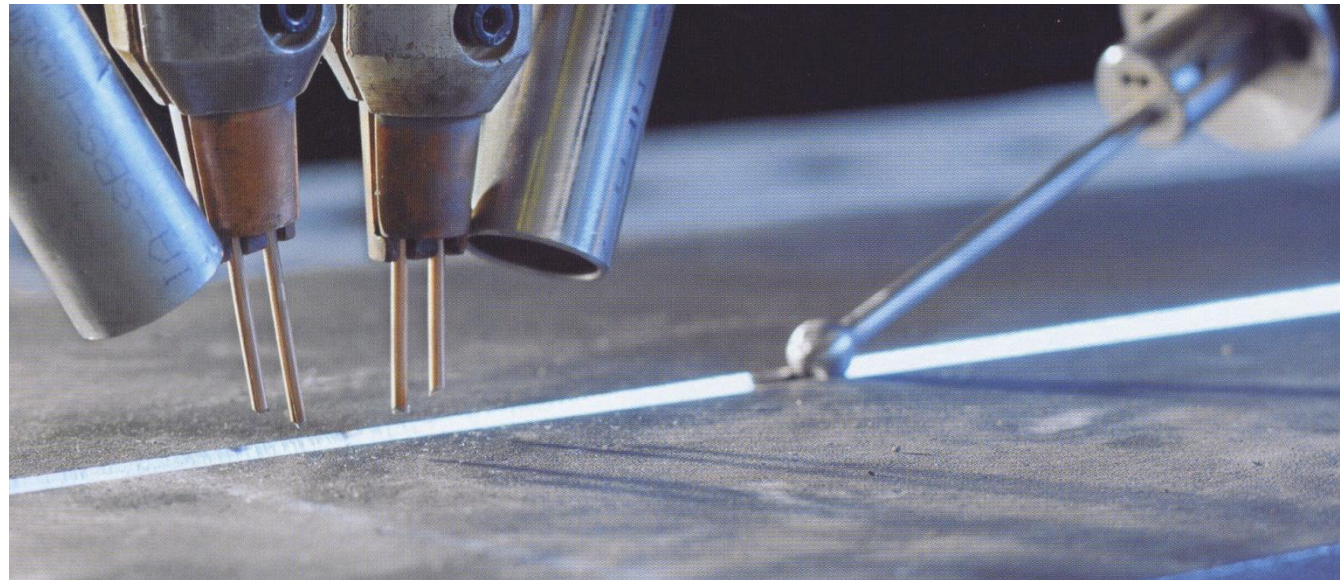


Voorbeeld onderpoederlas
(laag-tegenlaag tot maximaal 20 mm, met afschuining van de naadkanten)

Procesvarianten onderpoederlassen

Het is mogelijk in één smeltbad meerdere draden te laten smelten. Dit levert enkele procesvarianten op, die in NEN-EN 24063 met procesnummer 123 zijn aangegeven.

- **twinlassen** = twee draden door één mondstuk,
- **tandem lassen** = 2 draden apart aangevoerd, wel één smeltbad; meer dan twee draden is ook mogelijk
- **hot en cold wire** = apart toevoegen in het smeltbad van warme resp. koude, massieve of gevulde draad



Andere —in de norm niet genoemde— varianten zijn:

I²R lassen

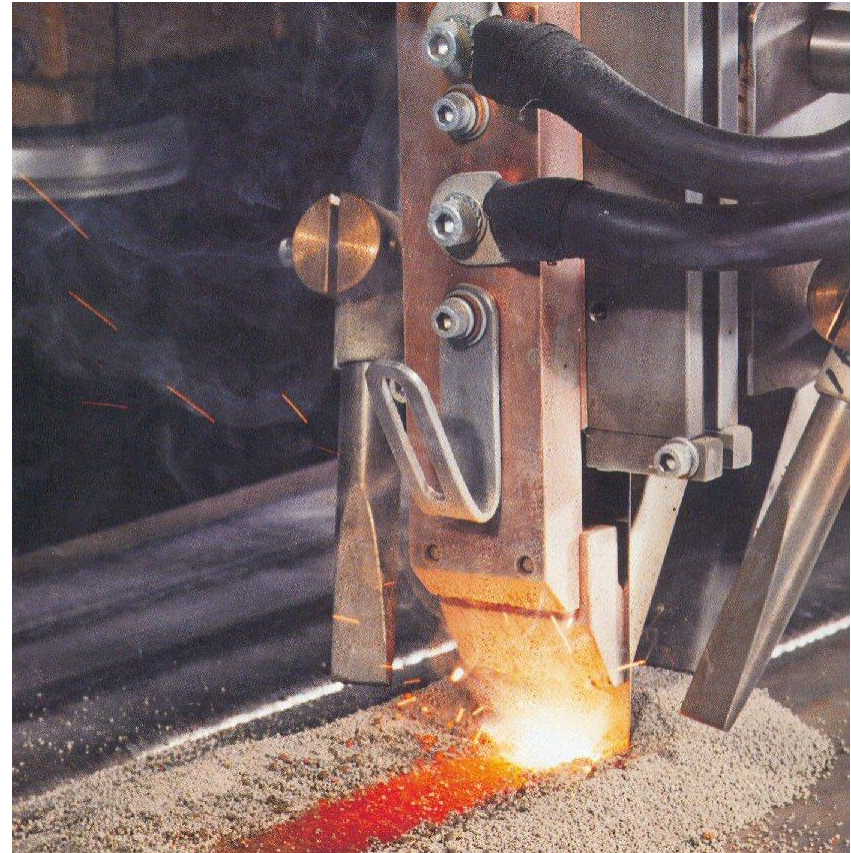
= lassen met verhoogde uitsteeklengte, waarmee een hogere neersmeltsnelheid wordt bereikt

lassen met rendementspoeder

= aan poeder toegevoegde ijzerlegering waardoor eveneens meer neersmelt gehaald wordt, analoog aan lassen met rendementselektroden.

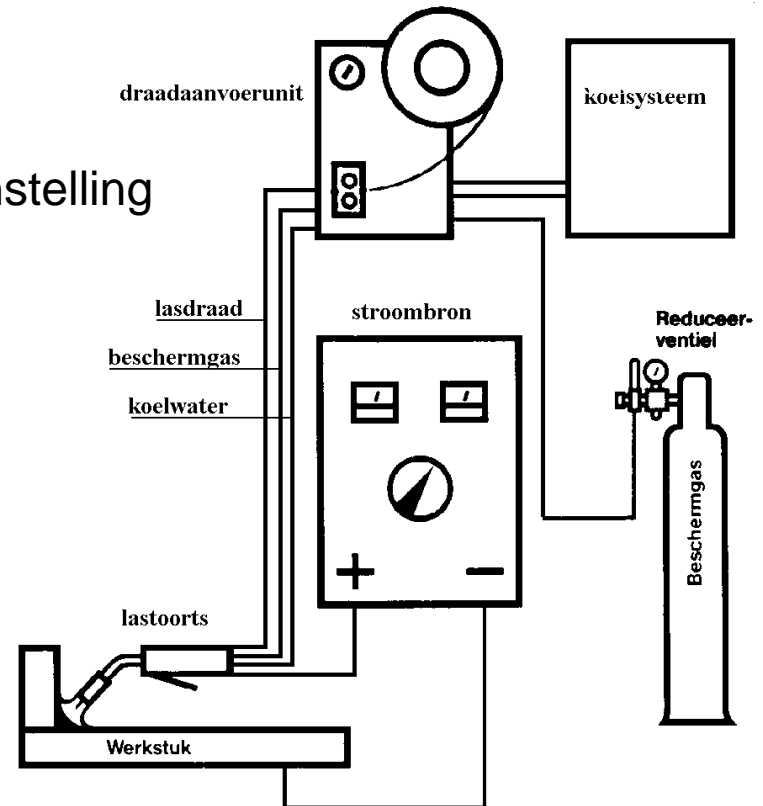
Onderpoederlassen met bandelektrode (122 ?, 126)

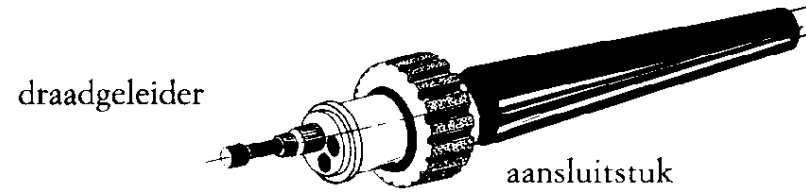
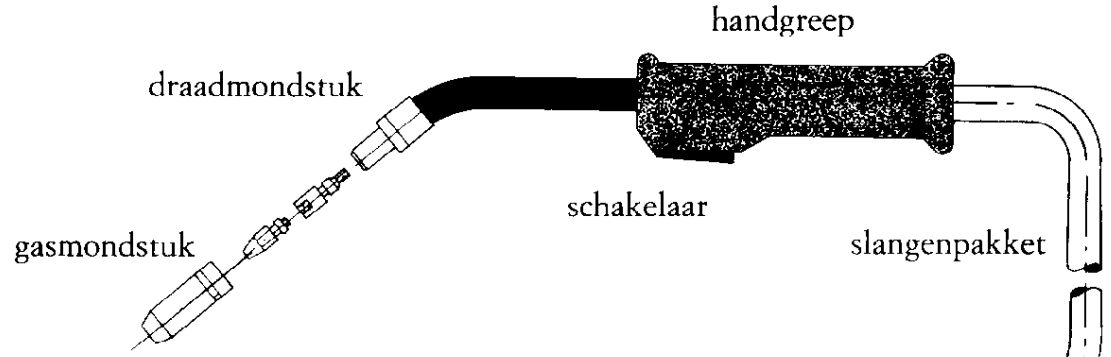
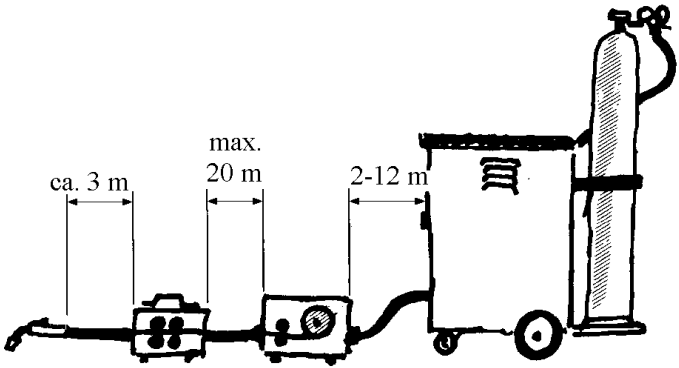
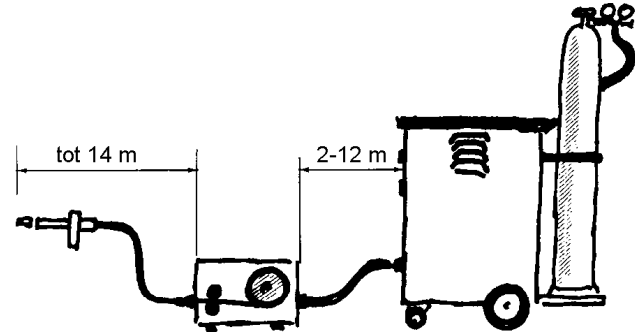
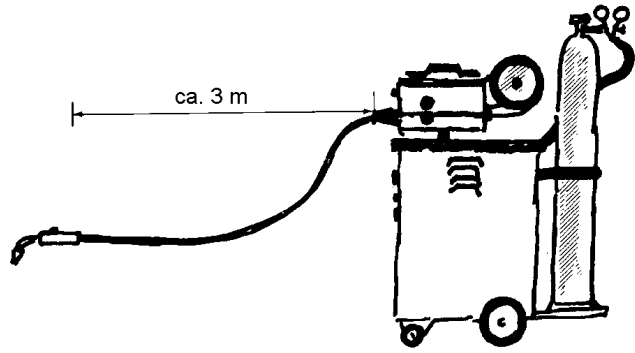
Soort:	smeltlasproces met afsmeltende bandelektrode
mechanisatie:	mechanisch en halfautomatisch
bescherming:	slak
materiaal:	staal, rvs, Cu- en Ni legeringen
posities:	PA
dikte:	> ca. 20 mm



**Gasbooglassen met afsmeltende massieve elektrode
onder bescherming van een inert gas.
(Metal Inert Gas of MIG-lassen, 131)**

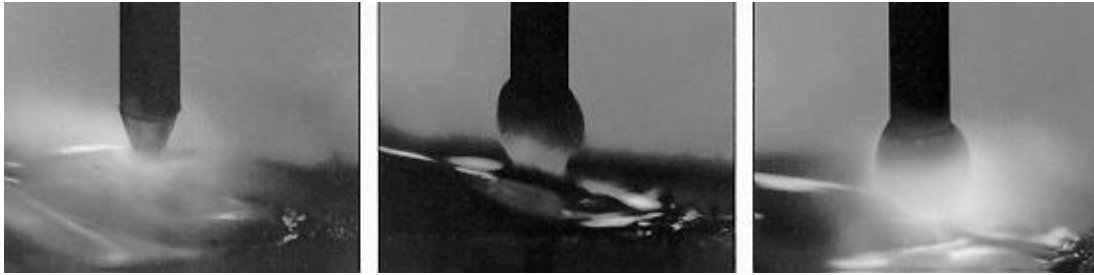
Soort:	smeltlasproces met afsmeltende draadelektrode
mechanisatie:	half-mechanisch, volledig te mechaniseren/automatiseren (robotlassen)
bescherming:	inert gas
materiaal:	Al-, Cu- en Ni legeringen
posities:	Alle, afhankelijk van procesinstelling
dikte:	vanaf ca. 0,5mm





Lastoorts en slangenpakket

Enkele boogtypen bij MIG lassen



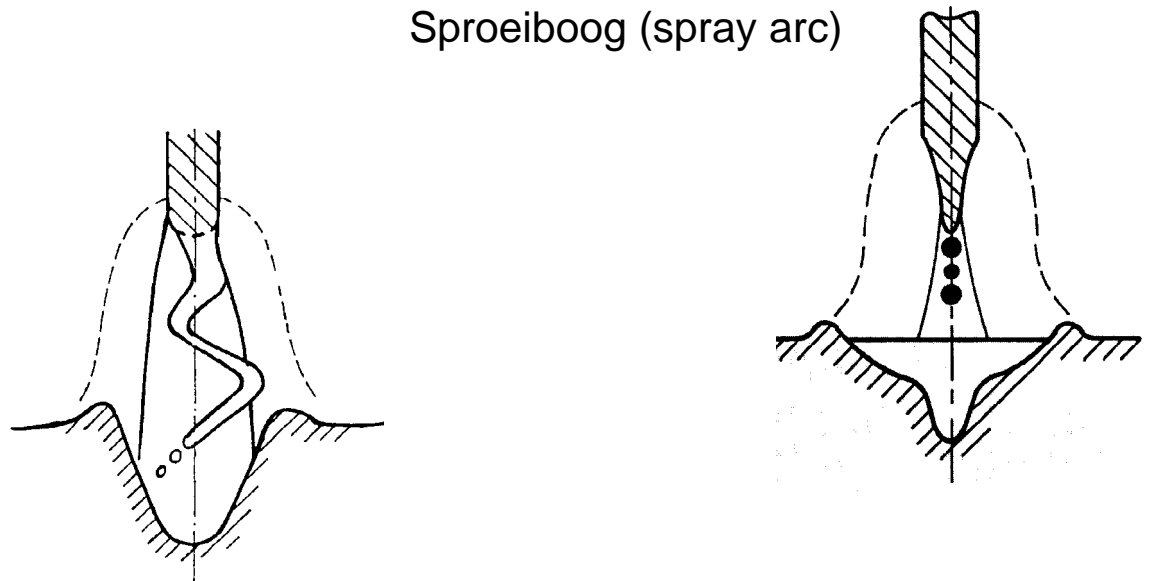
Kortsluitboog (short arc)



Roterende boog (rotating arc)



Sproeiboog (spray arc)



Varianten van proces 13

132 MIG lassen met gevulde draad

133 MIG lassen met een **metaal**gevulde draad

134 MAG-lassen met massieve draad onder

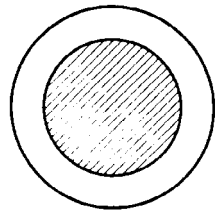
136 MAG-lassen met gevulde draad

138 MAG-lassen met metaalgevulde draad

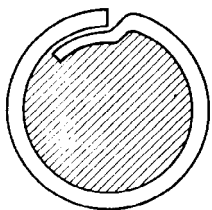
Lassen met massieve draad = GMAW

Lassen met gevulde draad = FCAW

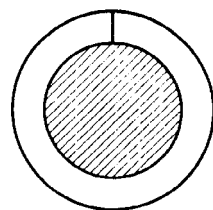
Gevulde draad



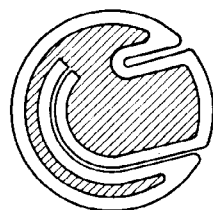
naadloos
(volledig gesloten)



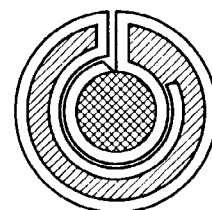
overlapnaad



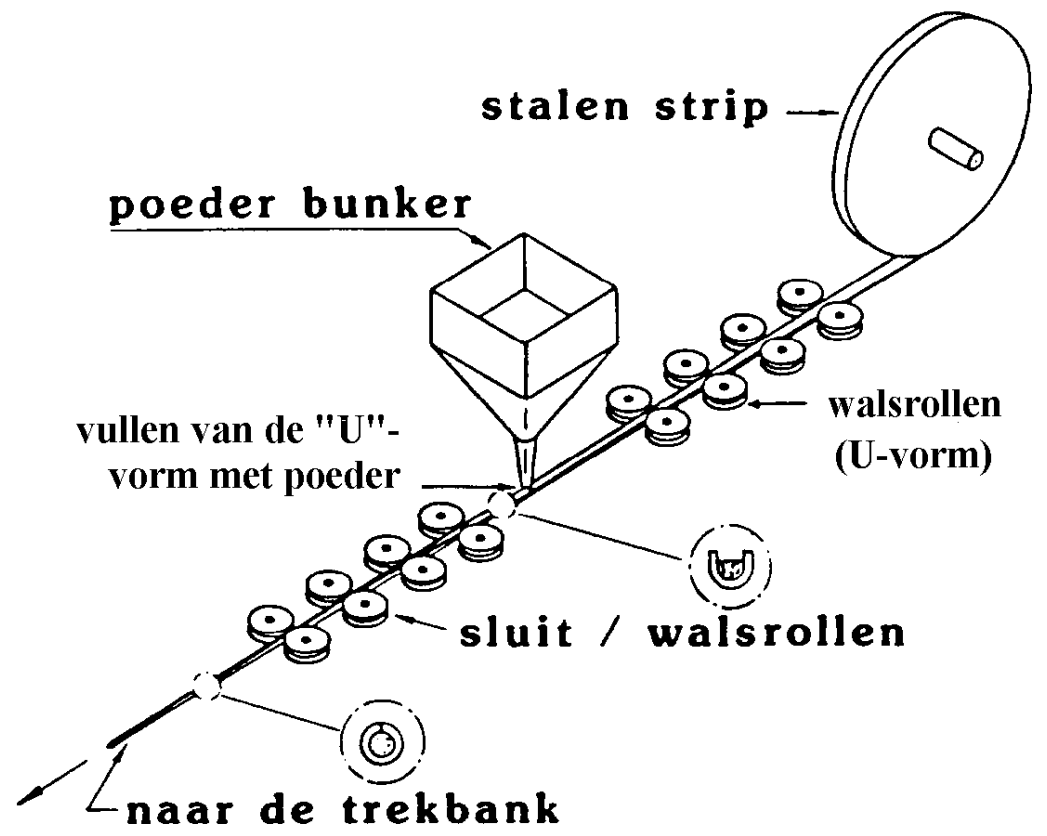
stomp gesloten
naad

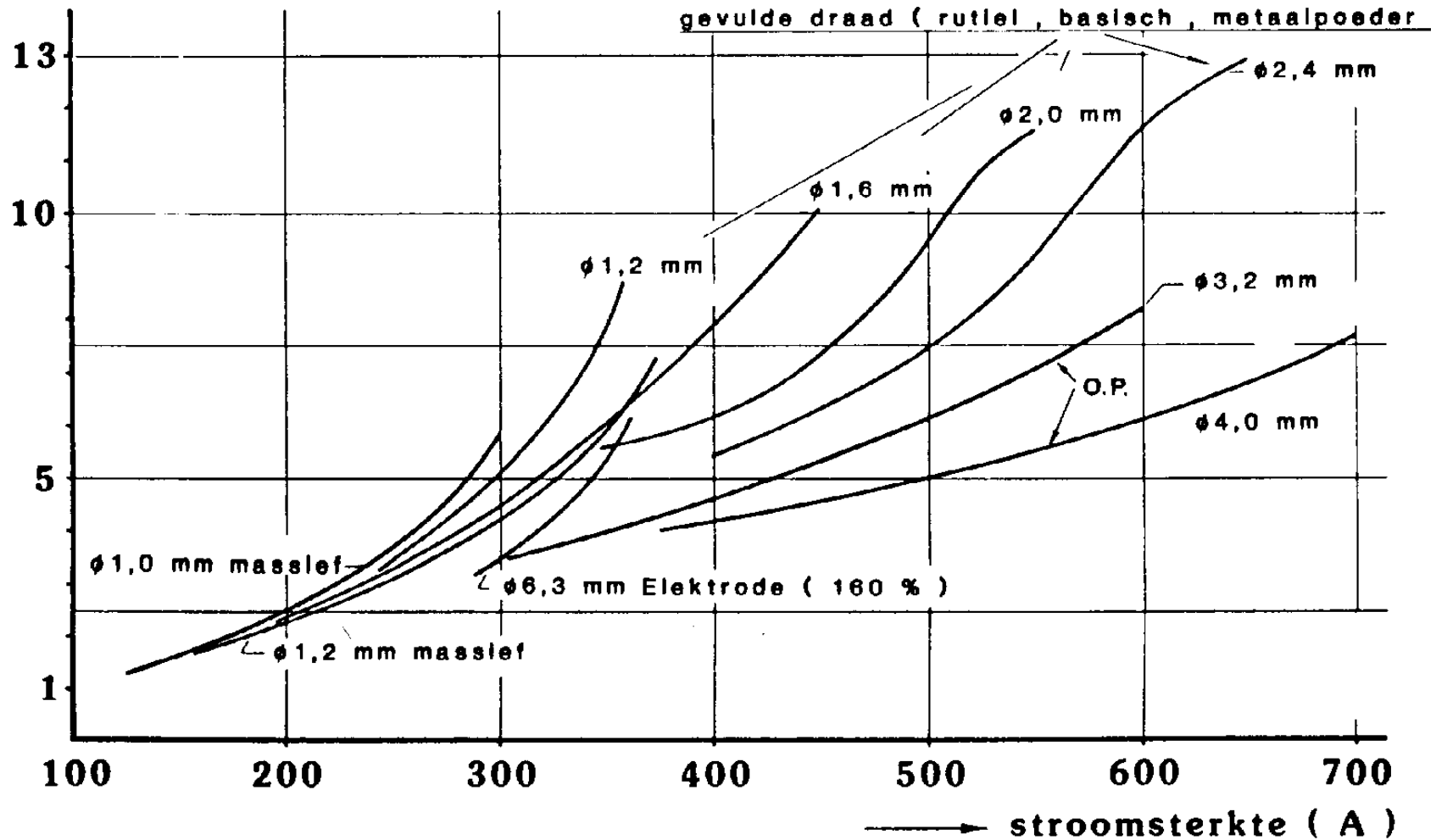


gevouwen draad



dubbel gevouwen draad

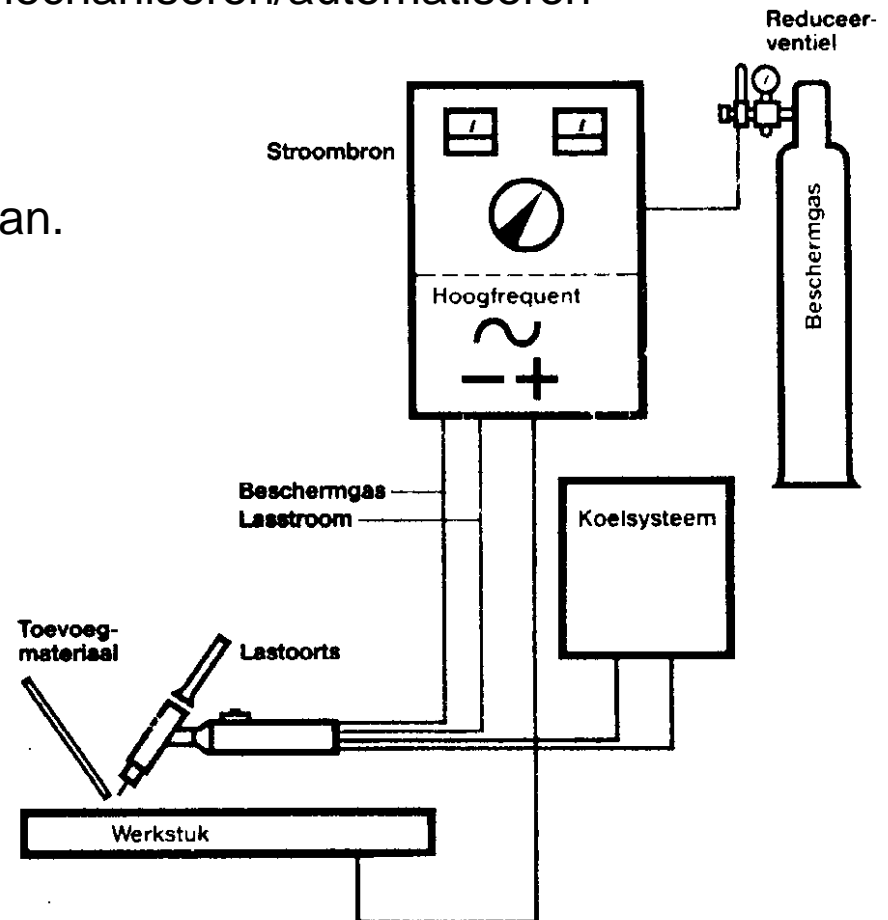
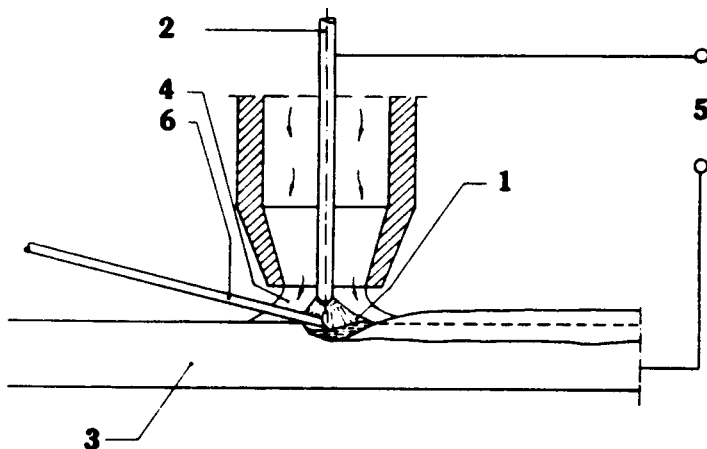




Neersmeltsnelheid als functie van stroomsterkte, lasproces en draaddiameter

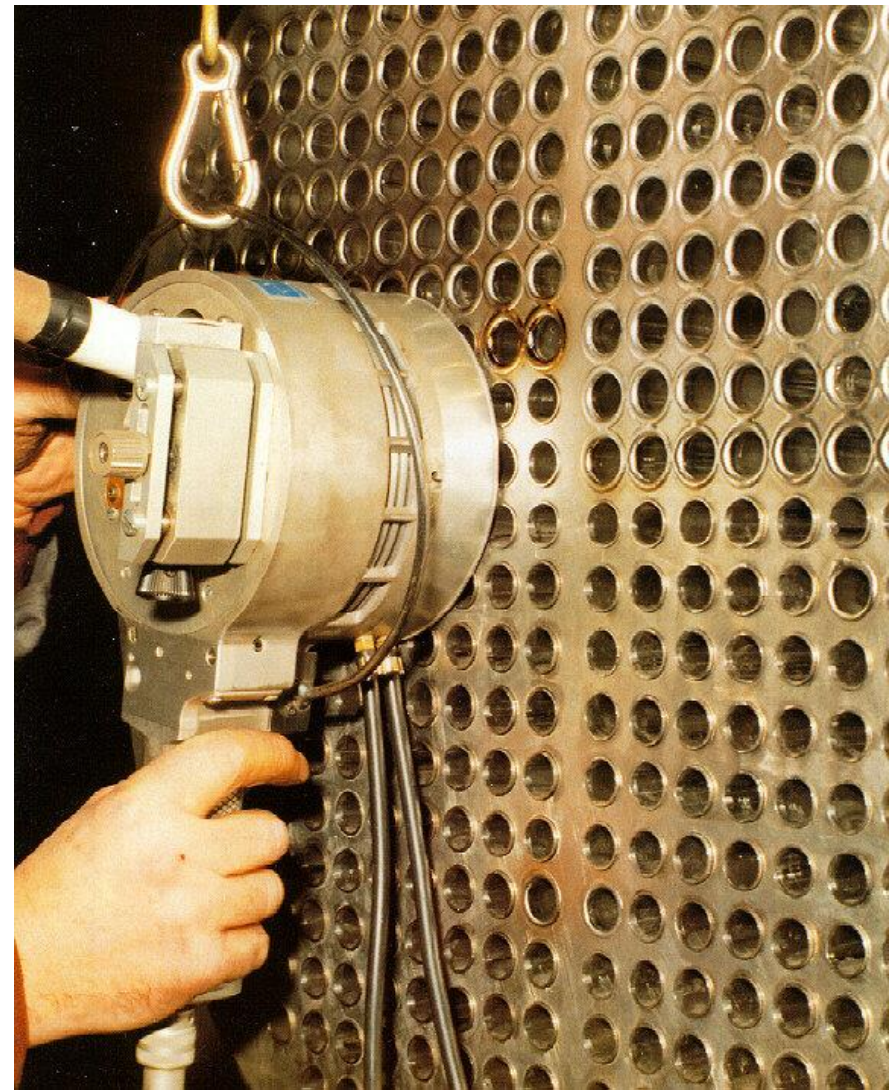
Gasbooglassen met niet-afsmeltende wolfram elektrode in een inert gas (Tungsten Inert Gas of TIG-lassen, 141)

- Soort: smeltlasproces met niet afsmeltende wolfram elektrode, lastoevoegmateriaal kan desgewenst apart worden toegevoerd.
- mechanisatie: handmatig, volledig te mechaniseren/automatiseren (robotlassen)
- bescherming: inert gas
- materiaal: alle smeltbare metalen en veel combinaties ervan.
- posities: alle
- dikte: vanaf ca. 0,1 mm





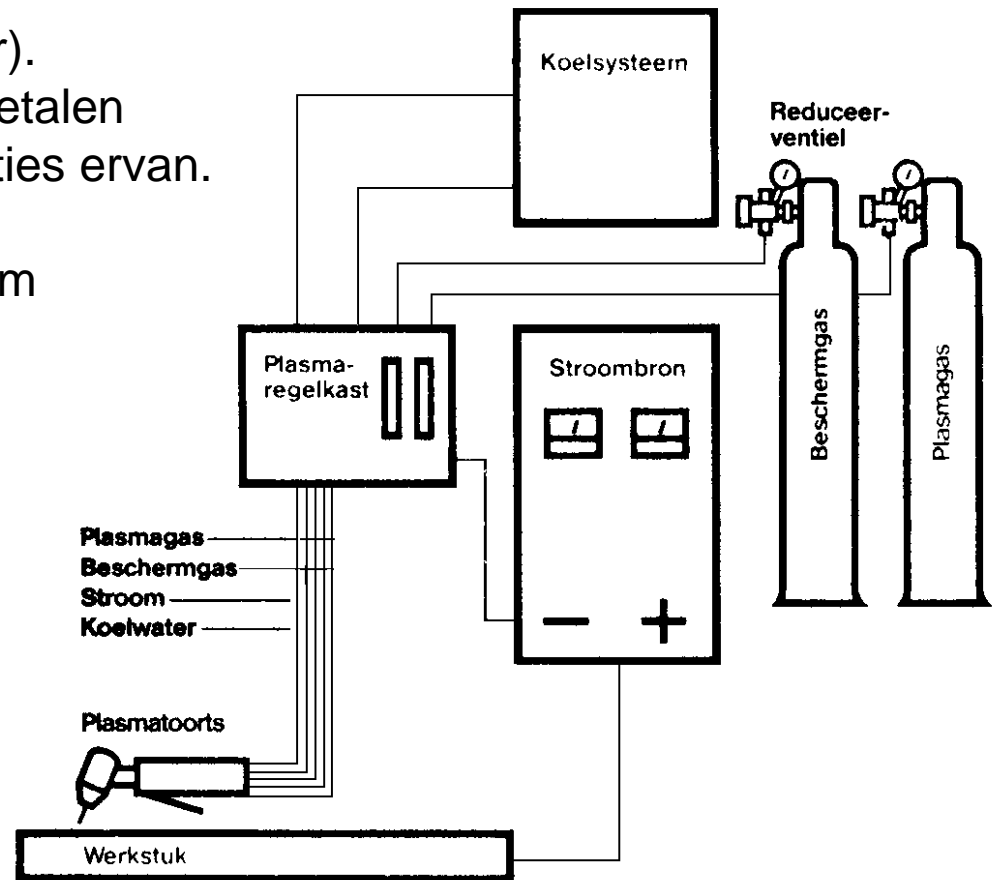
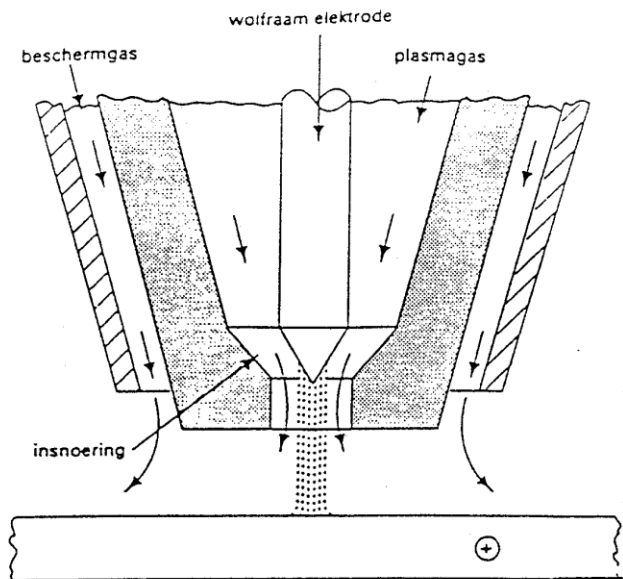
Orbitaal lassen

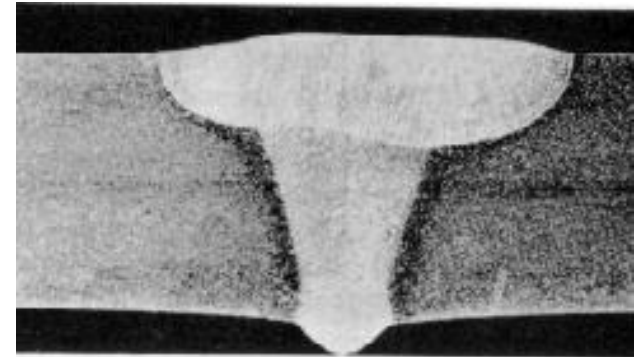
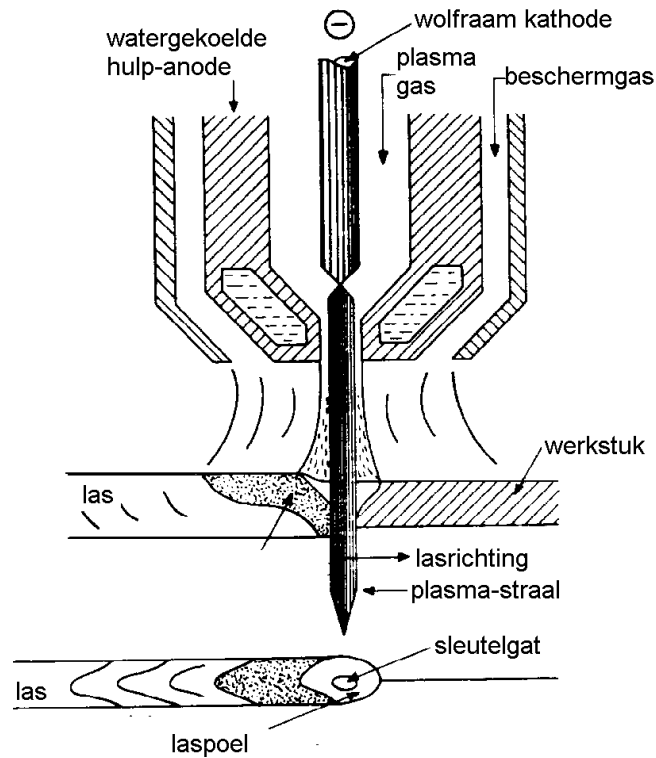
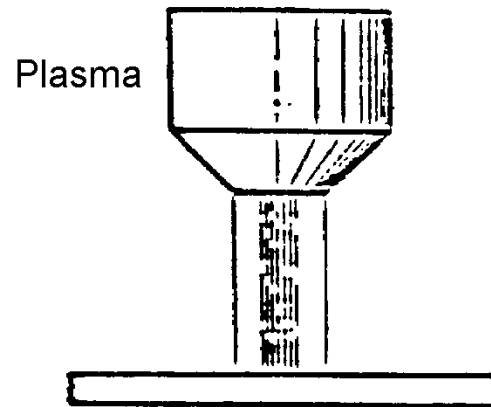
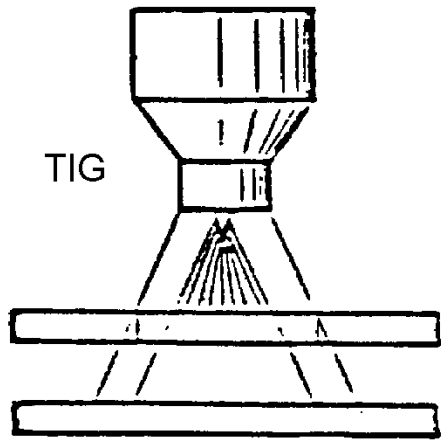


Lassen van pijpen in pijpplaten

Plasma-lassen (15)

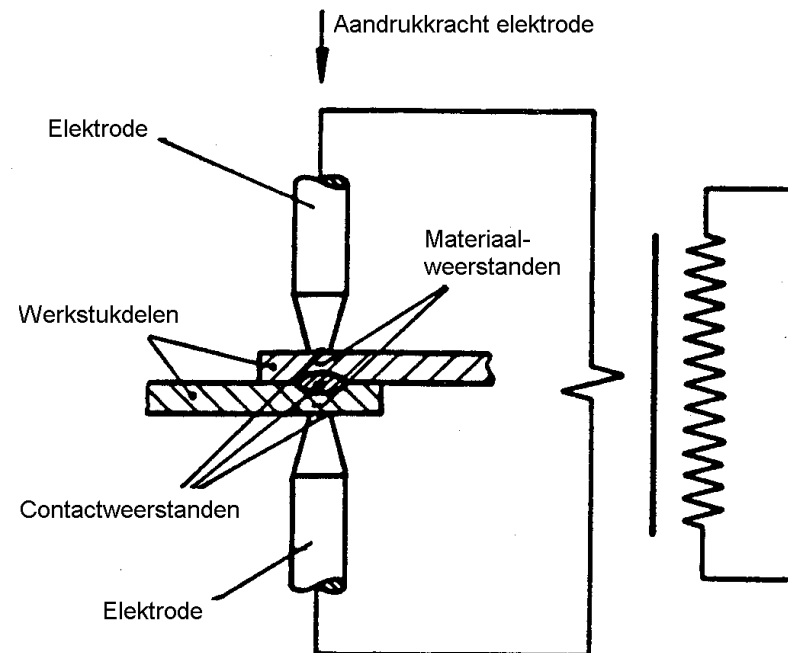
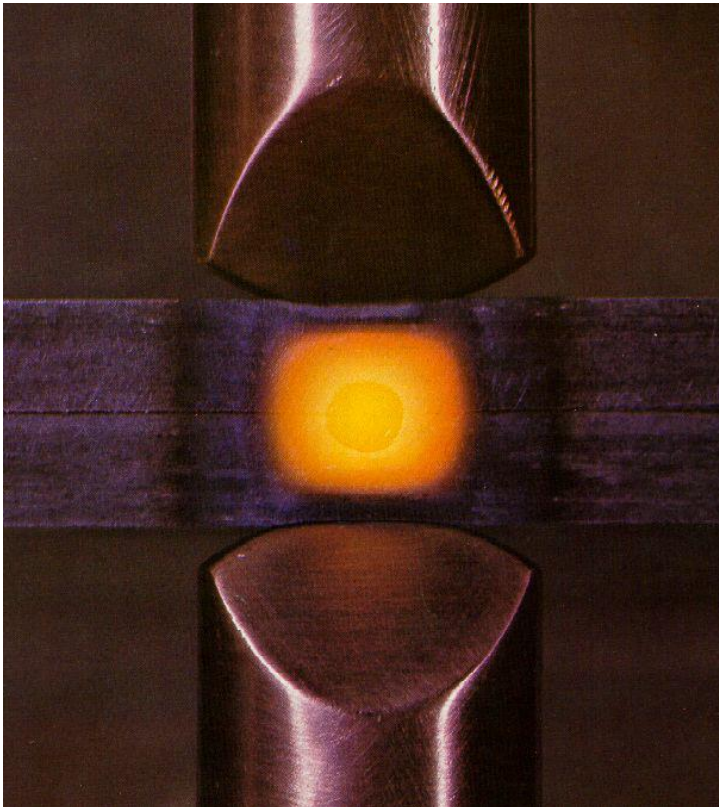
- Soort: smeltlasproces met niet afsmeltende wolfram elektrode.
 lastoevoegmateriaal kan desgewenst apart worden toegevoerd.
- mechanisatie: handmatig, volledig te mechaniseren/automatiseren
 (robotlassen)
- bescherming: inerte gassen (Ar).
- materiaal: alle smeltbare metalen
 en veel combinaties ervan.
- posities: alle
- dikte: vanaf ca. 0,05 mm

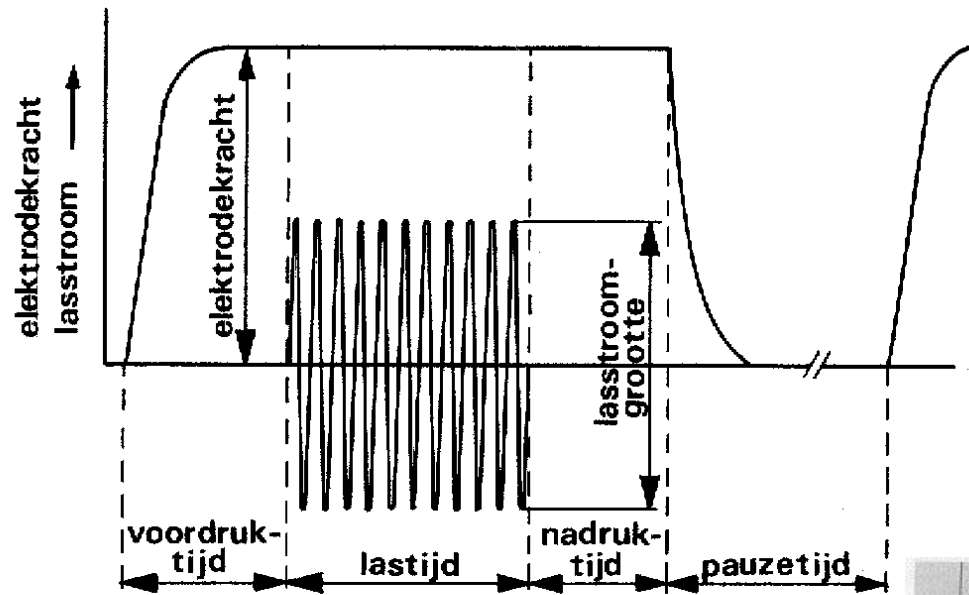




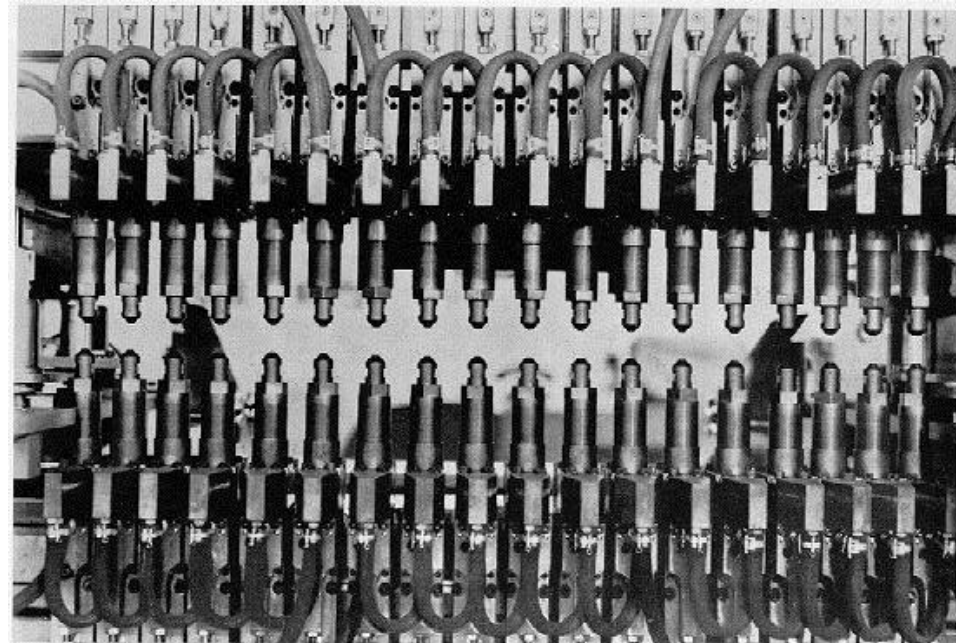
Puntlassen (21)

- Soort: weerstandlasproces voor overlapverbindingen (plaat en draad)
- mechanisatie: machinaal, eenvoudig te automatiseren (robotlassen)
- bescherming: geen (wel mogelijk).
- materiaal: vrijwel alle lasbare metalen.
- posities: alle
- dikte: vanaf ca. 0,5 tot 5 mm (afhankelijk van materiaal)

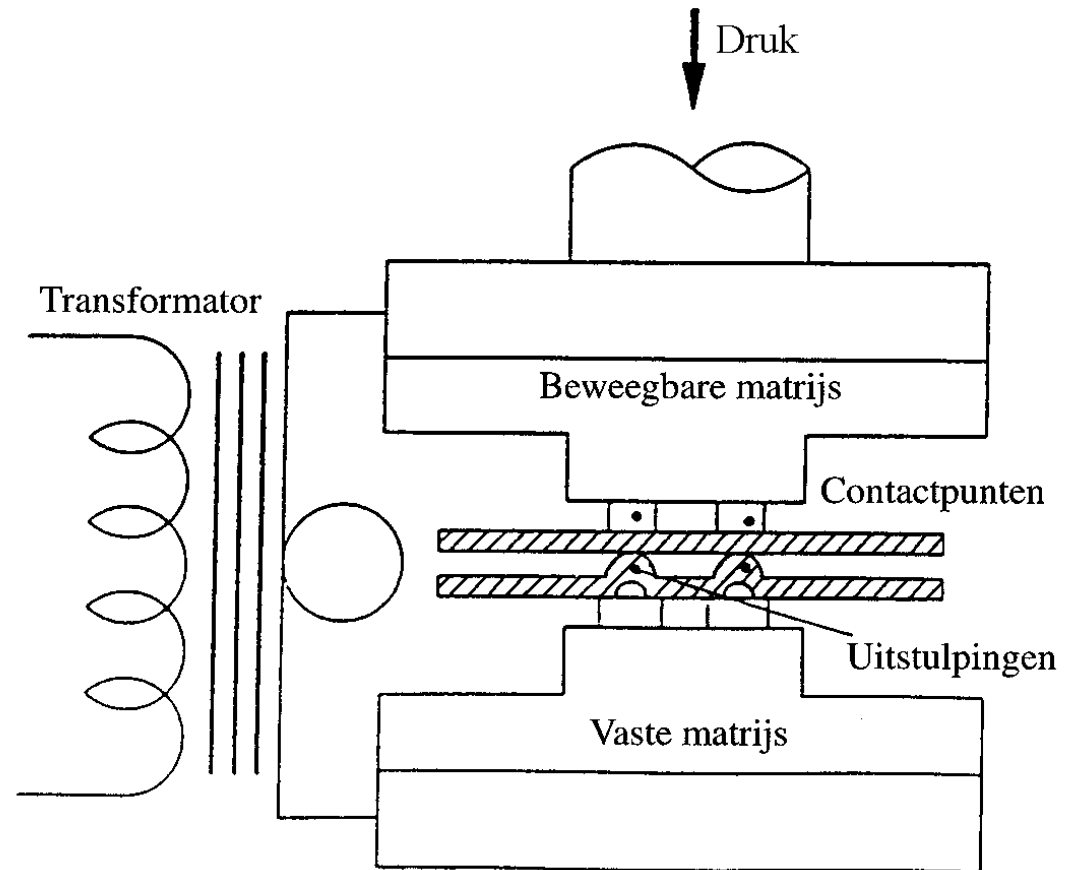




Serie puntlasmachine



Doordruklassen of projectielassen (23)



Principe van het projectielassen
(ook wel doordruklassen genoemd).

Rolnaadlassen (22)

- Soort: weerstandlasproces voor overlapverbindingen
mechanisatie: machinaal, eenvoudig te automatiseren (robotlassen)
bescherming: geen (wel mogelijk).
materiaal: vrijwel alle lasbare metalen.
posities: alle
dikte: vanaf ca. 0,5 tot 5 mm (afhankelijk van materiaal)

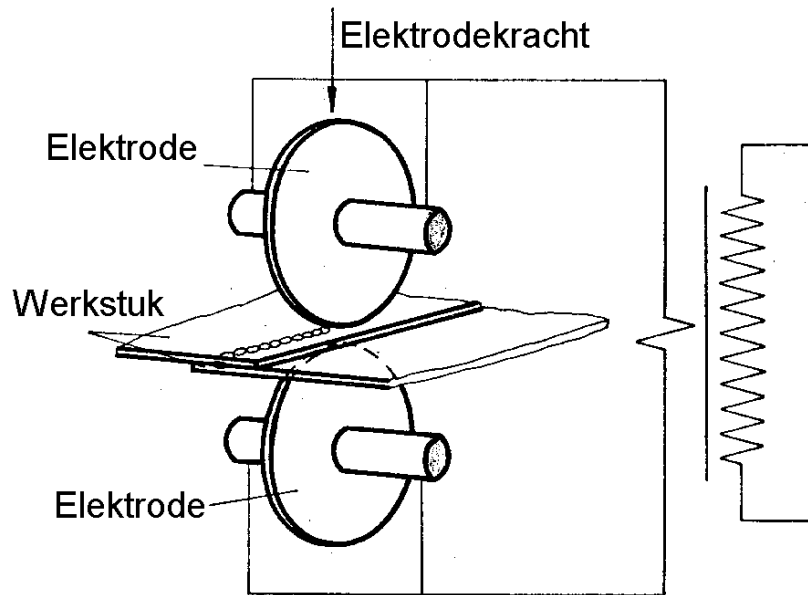
In NEN-EN 24063 worden twee varianten onderscheiden:

rolnaadlassen van overlappaden (221)

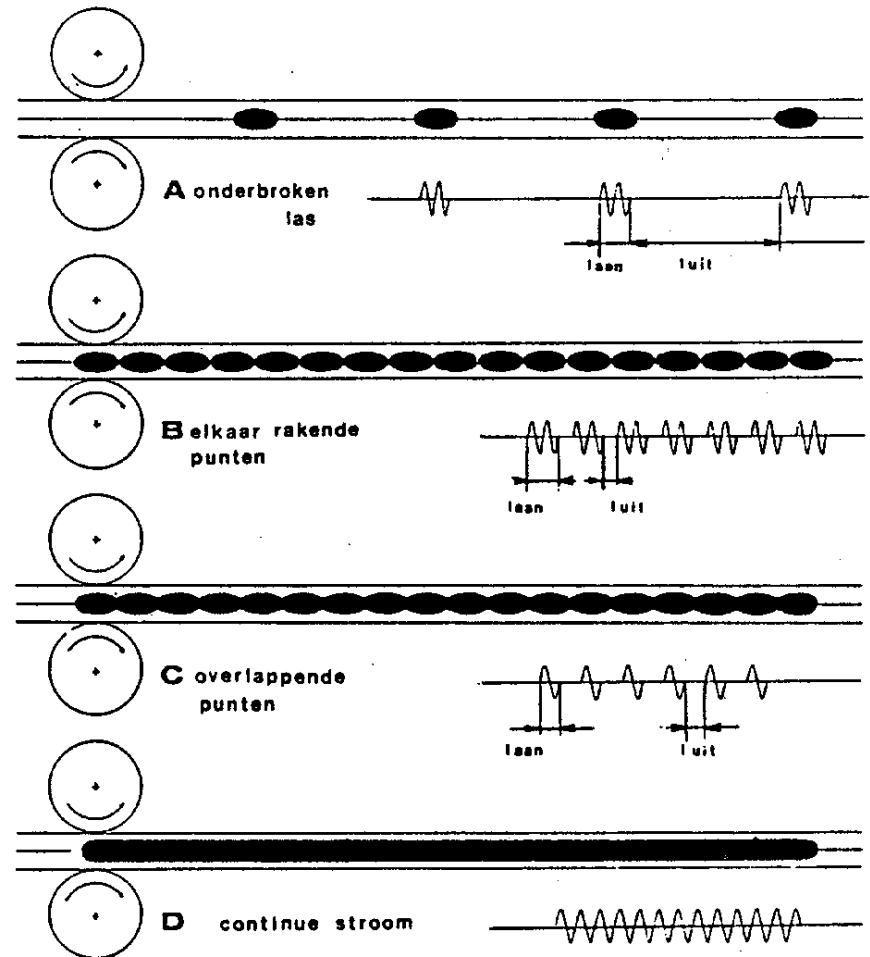
Dit proces wordt vooral toegepast voor langsnaden in dun materiaal, bijvoorbeeld blikjes en brandstoftanks. Dit proces wordt ook toegepast in de automobielandustrie (dakgoten) en bij het verbinden van radiatorpanelen. De las bestaat uit overlappende of rakende puntlassen.

rolnaadlassen met onderlegstrip of folie (225)

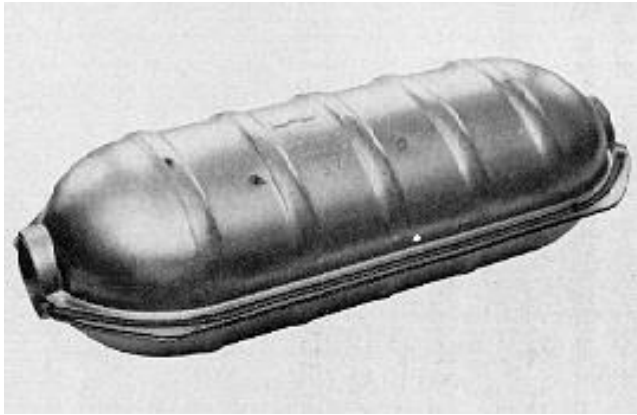
Voor het stomp verbinden van plaat kan een onderlegstrip worden toegepast. Deze onderlegstrip wordt vastgelast (er is dus geen overlap).



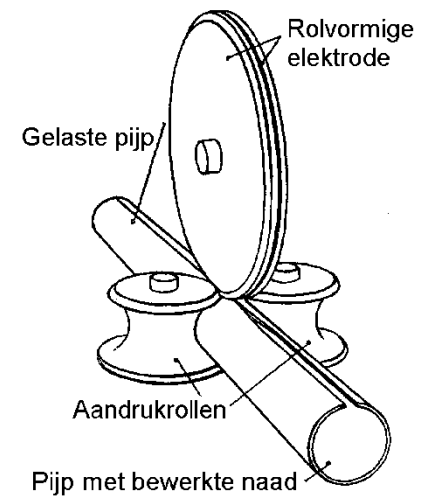
Elektrodeopstelling bij rolnaadlassen.



Diverse mogelijkheden met rolnaadlassen

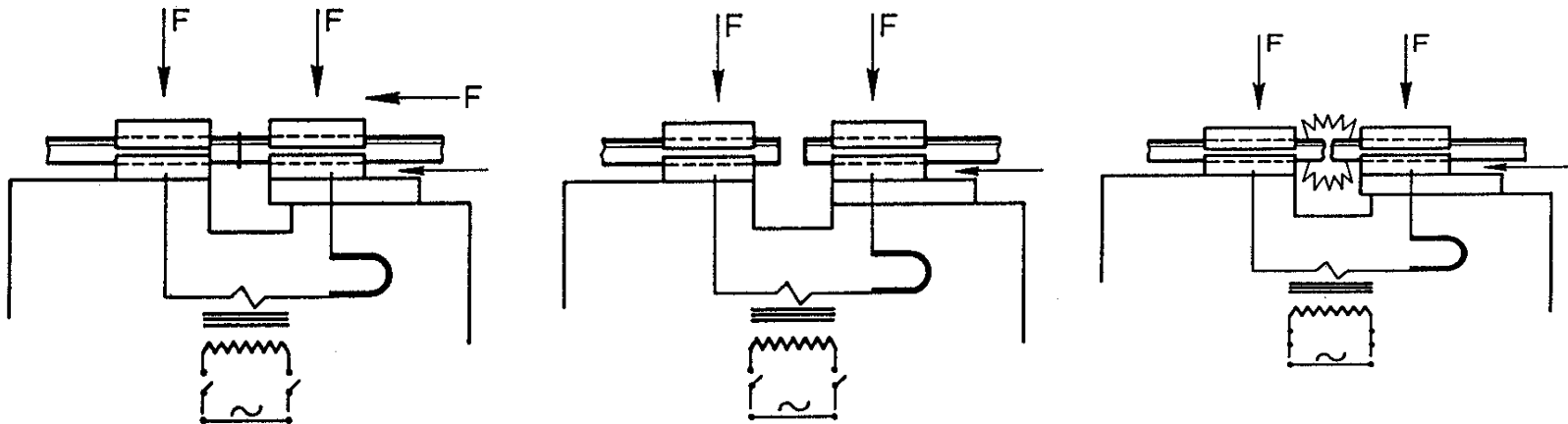


Enkele toepassingen
rolnaadlassen



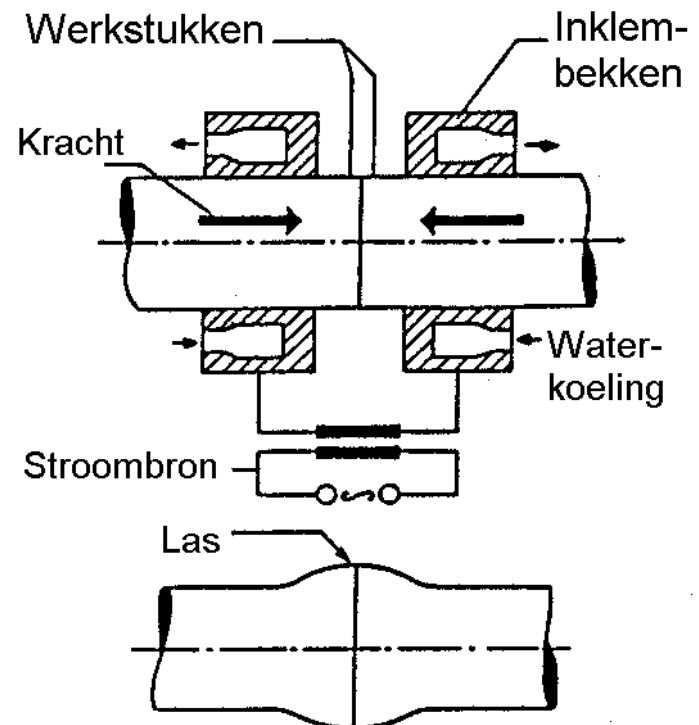
Afbrandstuiklassen (24)

- Soort: weerstandlas / booglasproces voor het stuik verbinden van holle en massieve delen (pijp, staf en profielen)
- mechanisatie: automatisch
- bescherming: geen (bij pijp inwendig wel mogelijk).
- materiaal: vrijwel alle lasbare metalen.
- posities: alle
- dikte: pijp vanaf 3 mm wanddikte; massieve staf tot $\varnothing 300$ mm



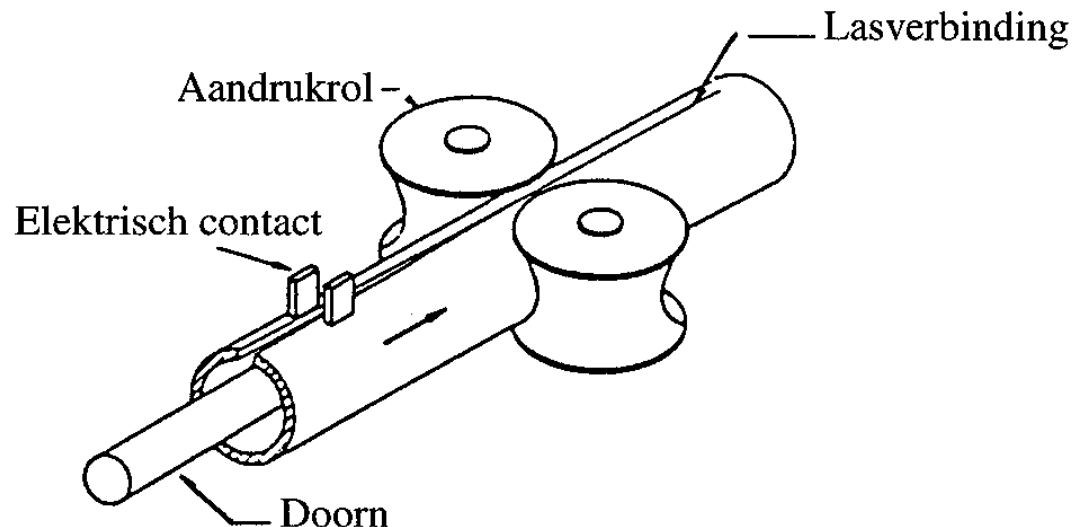
Drukstuiklassen (25)

Soort:	weerstandlasproces voor het stuik verbinden van massieve delen (staf en plaat).
mechanisatie:	automatisch
bescherming:	niet gebruikelijk
materiaal:	vrijwel alle lasbare metalen.
posities:	alle
dikte:	3 - 20 mm



Hoogfrequent weerstandlassen (291)

Soort:	weerstandlasproces voor het maken van pijp en profielen
(Figuur 0.1)	
mechanisatie:	automatisch
bescherming:	niet gebruikelijk
materiaal:	vrijwel alle lasbare metalen (meestal staal).
posities:	alle (gebruikelijk vlak)
dikte:	3 - 10 mm



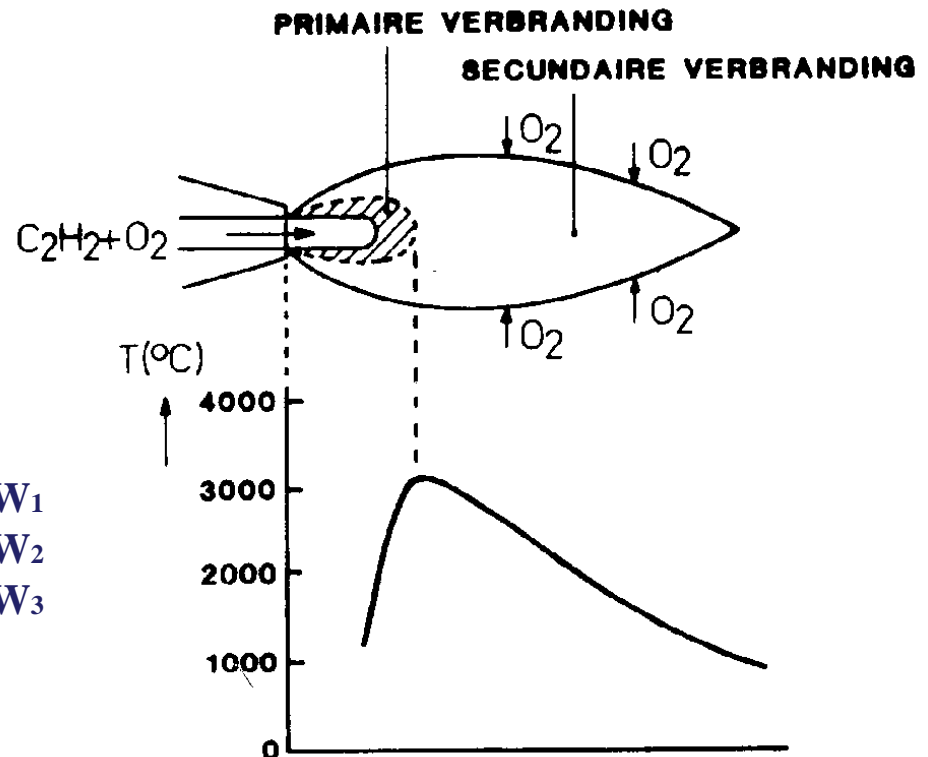
Autogeen lassen

- 311 autogeenlassen met zuurstof - acetyleen mengsel
- 312 autogeenlassen met zuurstof - propaan mengsel
- 313 autogeenlassen met zuurstof - waterstof mengsel
- 321 autogeenlassen met lucht - acetyleen mengsel
- 322 autogeenlassen met lucht - propaan mengsel

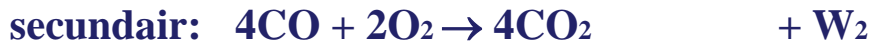
Het eerstgenoemde proces geeft de hoogste verbrandingstemperatuur en is verreweg het belangrijkste. Alleen deze zal kort worden beschreven

Autogeenlassen met zuurstof-acetyleenmengsel (311)

Soort:	smeltlasproces
mechanisatie:	handmatig, goed te mechaniseren
bescherming:	verbrandingsgassen (neutraal, oxiderend of reducerend)
materiaal:	staal, gietijzer, messing (andere materialen, zoals Al mogelijk maar niet gebruikelijk)
posities:	alle
dikte:	vanaf ca. 0,5 mm (groter dan 6 mm niet gebruikelijk)



Voor een neutrale vlam zijn de chemische reacties:



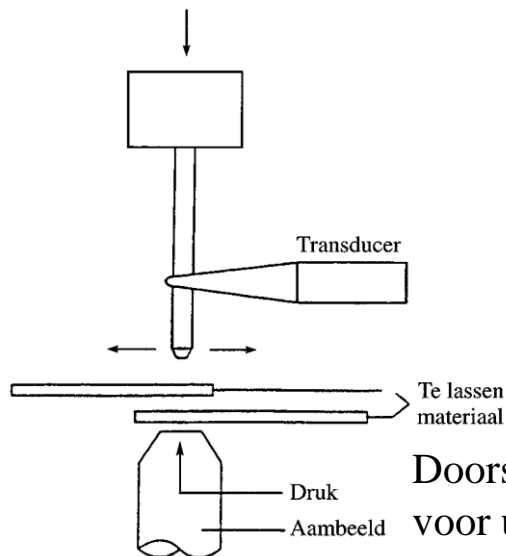
Enkele mengverhoudingen van verbrandingsgassen en de toepassing

	verhouding $C_2H_2O_2$	T_{MAX} °C	toepassing
sterk carburierend	1 : 0,5	2850	oplassen
zwak carburierend	1 : 0,8	3000	Al
neutraal	1 : 1	3160	staal
oxiderend	1 : 1,5	3260	Cu, messing

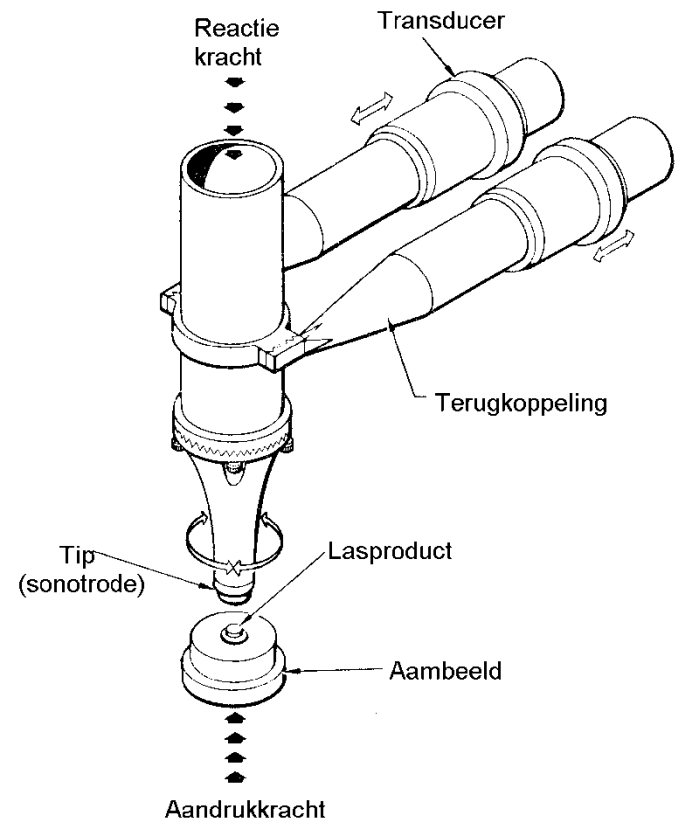


Ultrasoonlassen (41)

- Soort: druklasproces, waarbij warmteontwikkeling plaats vindt door wrijving, opgewekt door ultrasone trilling (> 15 kHz, amplitude 100 μ m)
- mechanisatie: machinaal, zeer goed te automatiseren
- bescherming: geen (niet nodig)
- materiaal: metalen, kunststoffen, keramiek en diverse combinaties)
- posities: alle
- dikte: vanaf folie (0,1 mm) tot ca. 3 mm.



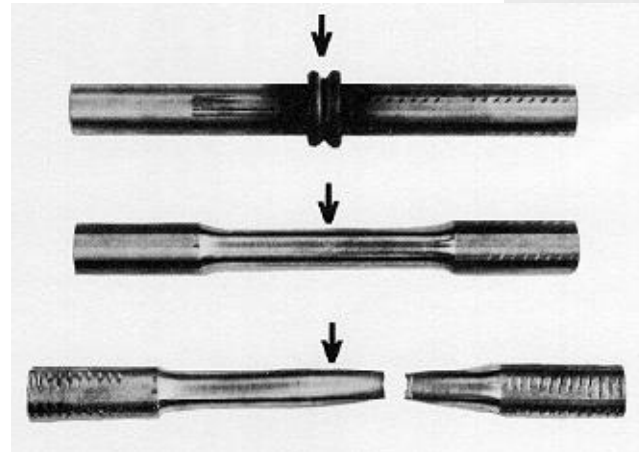
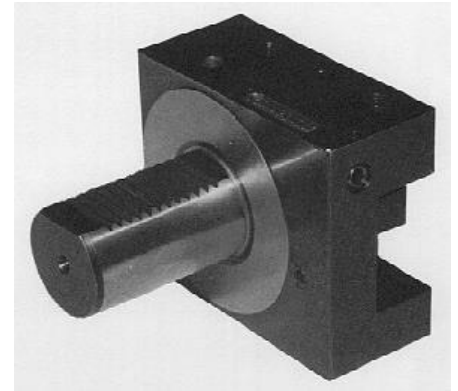
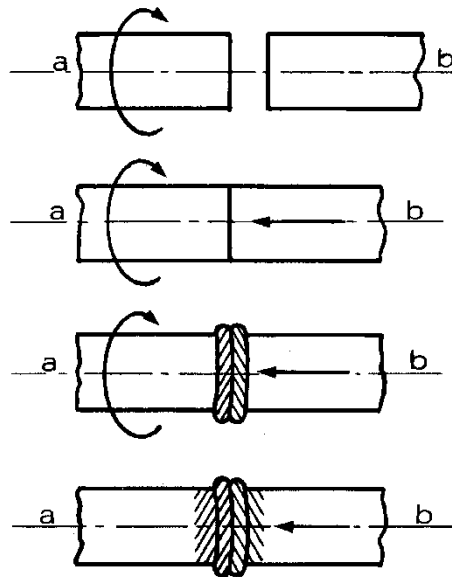
Doorsnede van een opstelling voor ultrasoon lassen.
De zogenaamde transducer wordt **sonotrode** genoemd.

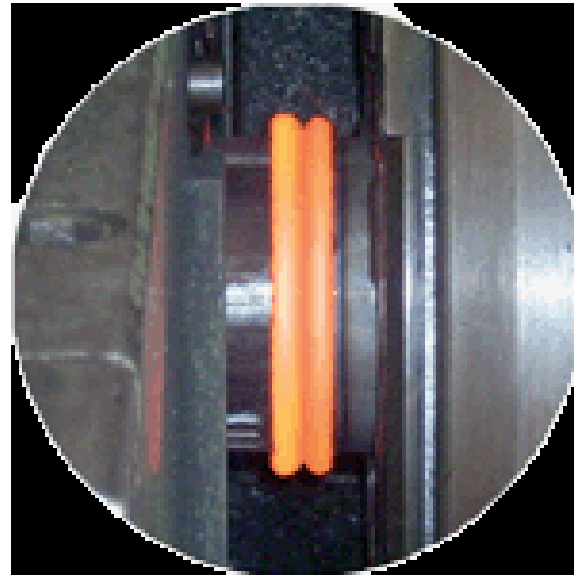
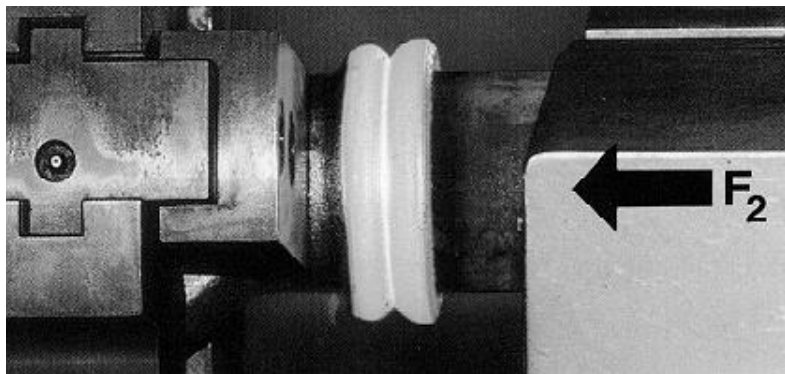
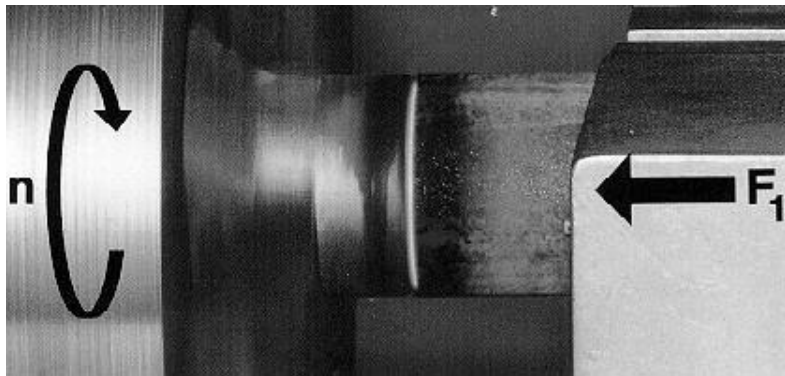
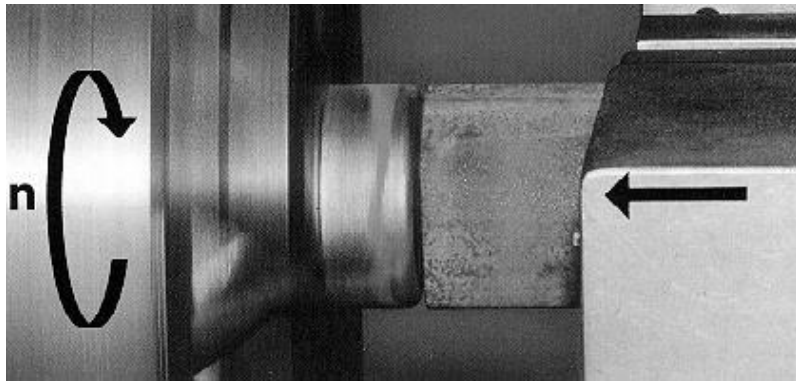


Wrijvingslassen (42)

- Soort: warmdruklasproces, waarbij warmteontwikkeling plaats vindt door wrijving tussen t.o.v. elkaar roterende werkstukken.
- mechanisatie: machinaal, zeer goed te automatiseren.
- bescherming: geen (niet nodig)
- materiaal: vrijwel alle metalen, ook die welke niet met smeltlassen verbonden kunnen worden
- posities: alle, gebruikelijk vlak
- dikte: tot ca 50 mm massief

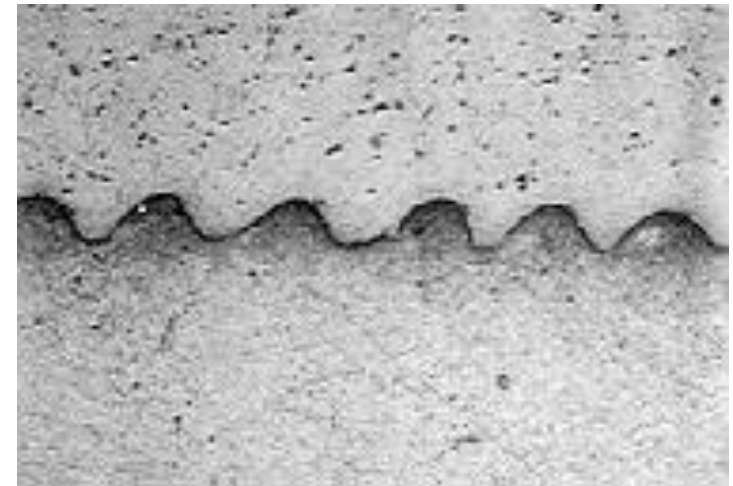
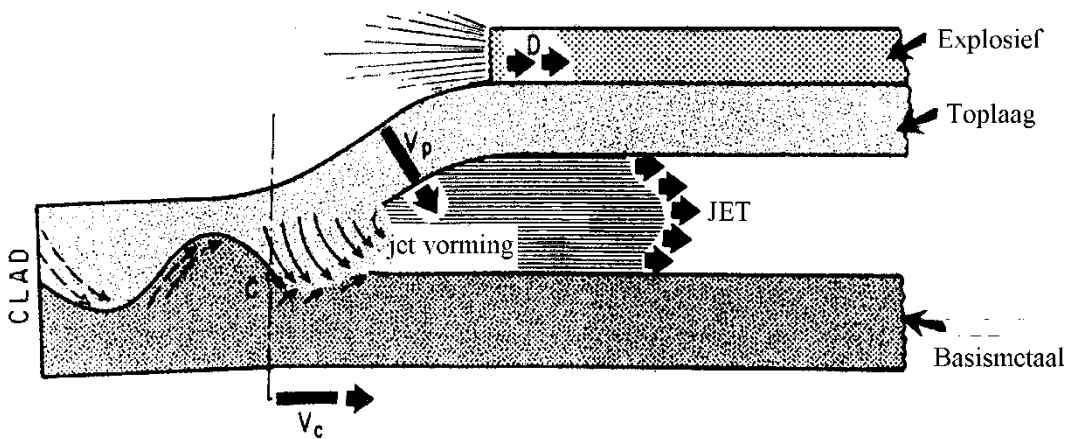
Opeenvolgende stadia van het wrijvingslassen (friction welding).

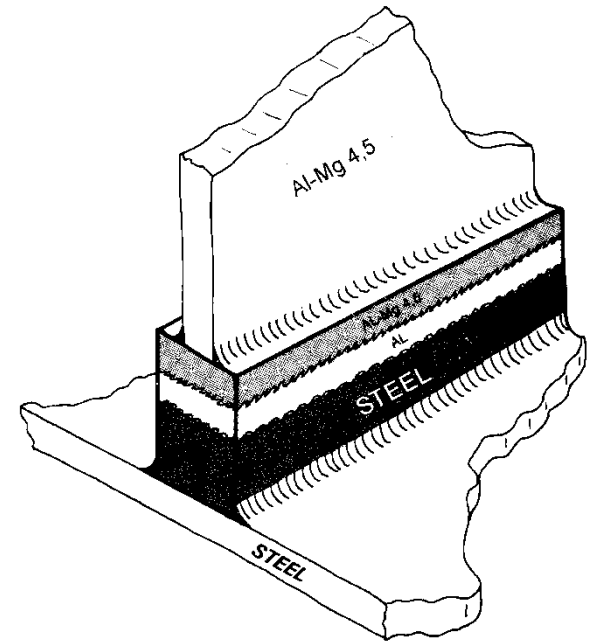




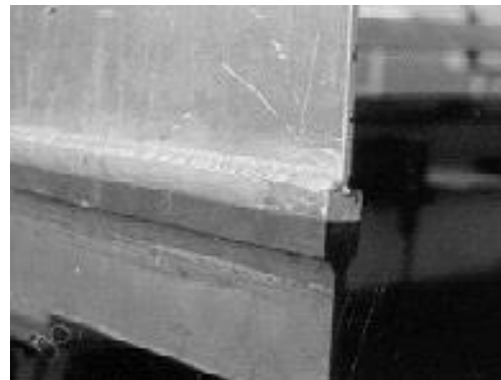
Explosielassen (441)

- Soort: kouddruklasproces met gebruik van hoge mechanische energie
- mechanisatie: handmatige opbouw, daarna afstandsbediening van de ontsteking
- bescherming: geen (niet nodig)
- materiaal: vrijwel alle metalen, ook die welke niet met smeltlassen verbonden kunnen worden
- posities: alle; voor plateren vlak
- dikte: plateerlaag, afhankelijk van materiaal tot ca. 5 mm



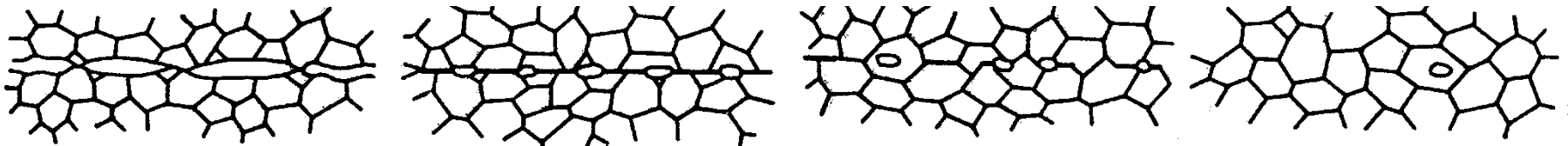


Uitvoering en toepassing van explosielassen van Al-leg op staal



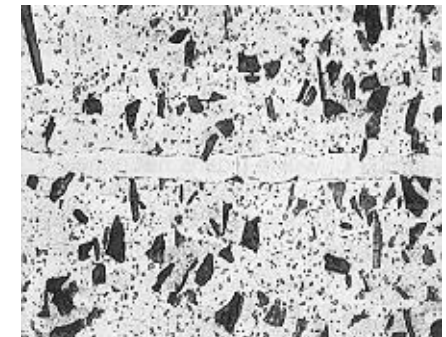
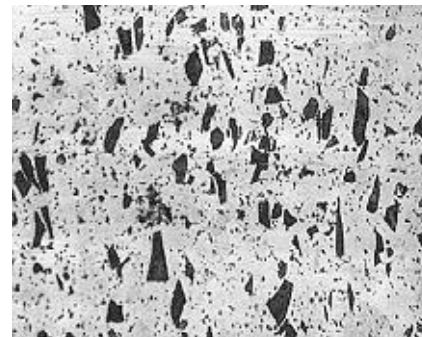
Diffusielassen (45)

- Soort: warmdruklasproces bij onder beperkte druk
mechanisatie: gemechaniseerd
bescherming: inert gas of vacuüm
materiaal: vrijwel alle metalen, keramiek en metaal-keramiek combinaties (incl. composieten)
posities: alle
dikte: alle, mits de druk op het contactvlak maar hoog genoeg is.



Opeenvolgende stadia van het diffusielasproces

Twee voorbeelden van het diffusielassen van een metaal-matrix composiet (Al-SiC)



Thermietlassen (71)

Soort: smeltlasproces, waarbij het lasmetaal als het ware in de naad wordt gegoten

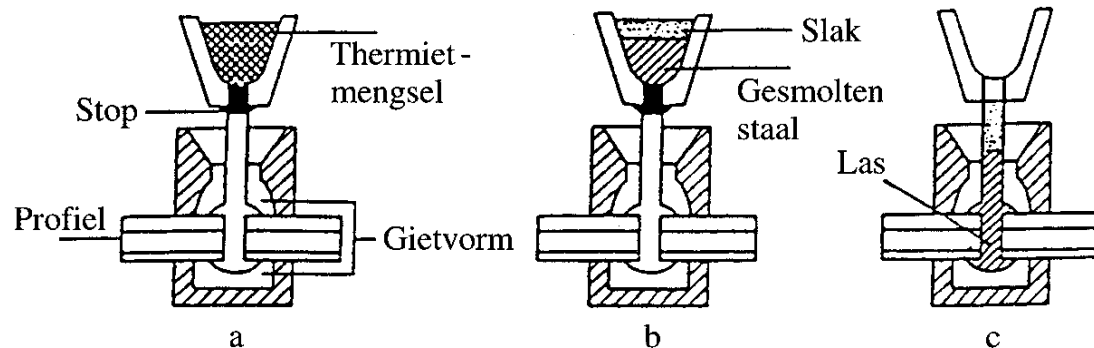
mechanisatie: gemechaniseerd

bescherming: slak

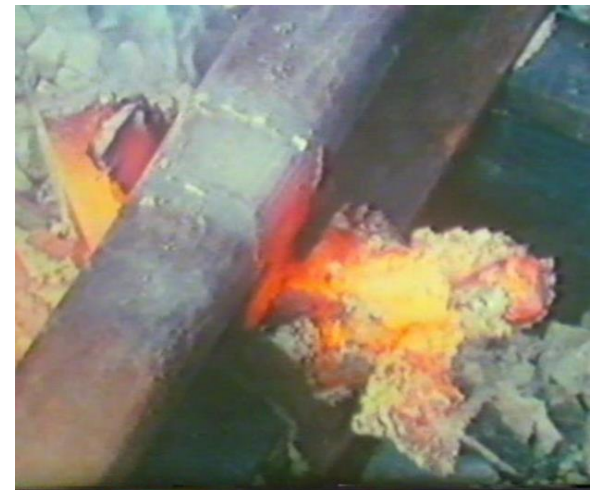
materiaal: staal, koper

posities: vlak

dikte: 10 - >500 mm (benadering)



Doorsnede van de stadia van het thermietlassen van rails.

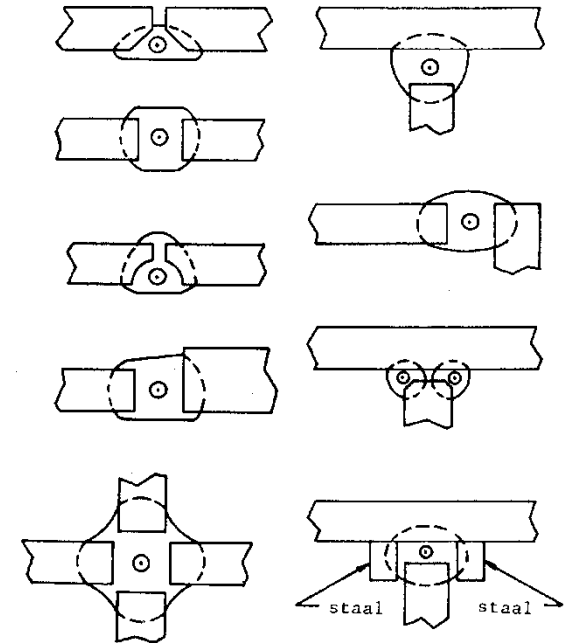
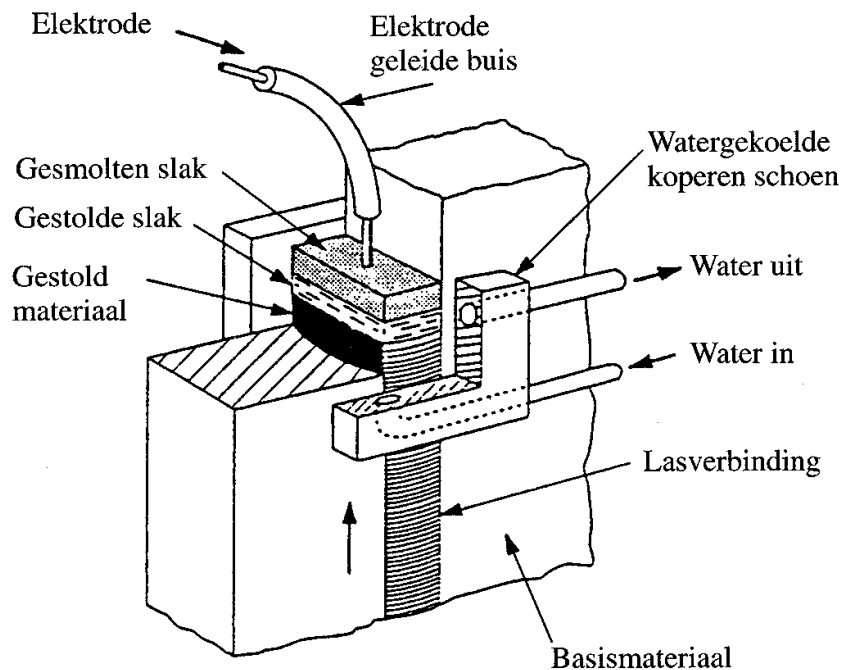


De thermietreactie:



Elektroslaklassen (72)

Soort: smeltlasproces
 mechanisatie: gemechaniseerd
 bescherming: slak
 materiaal: vrijwel alleen staal
 posities: verticaal opgaand
 dikte: vanaf 20 mm

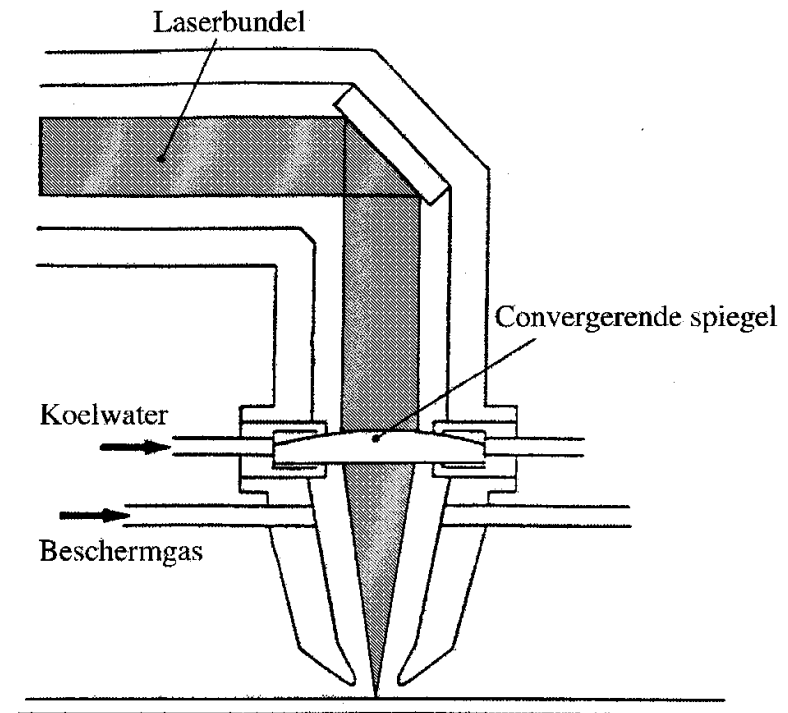
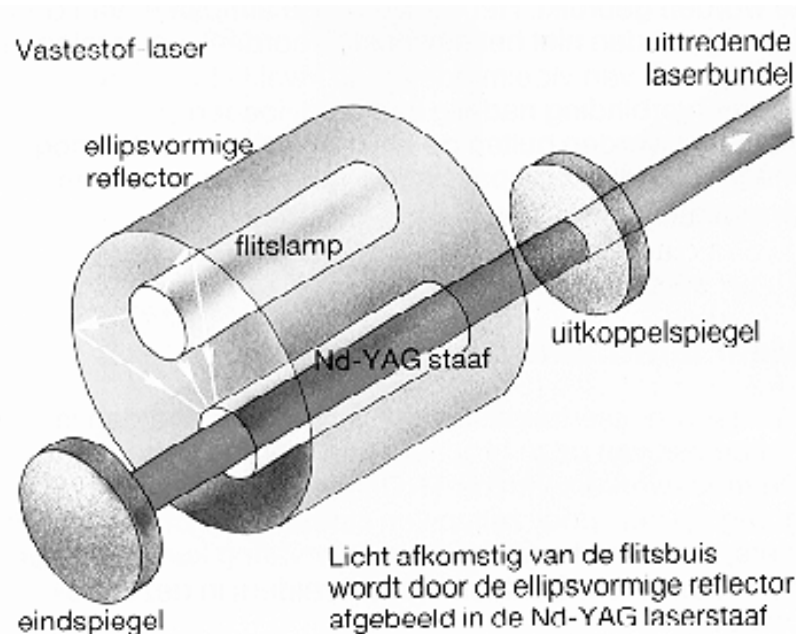


Diverse naadvormen

Opstelling voor het elektroslaklassen

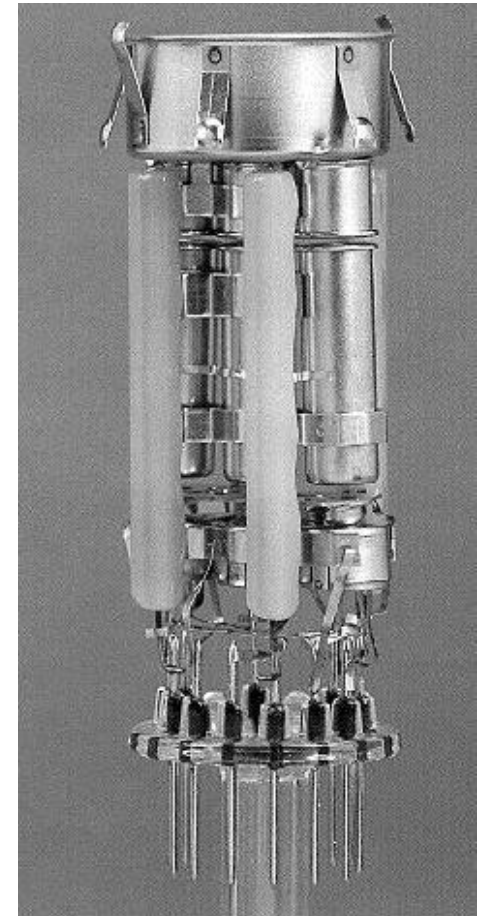
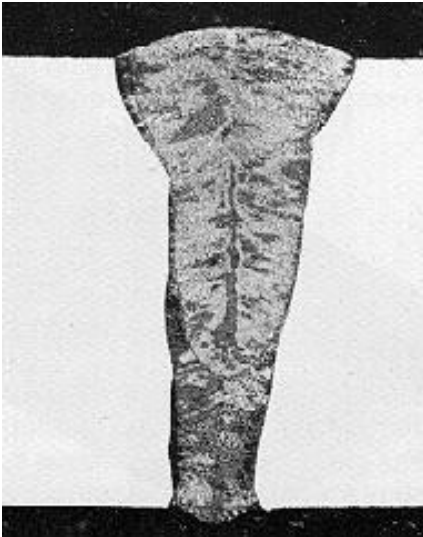
Laserlassen (751) (5)

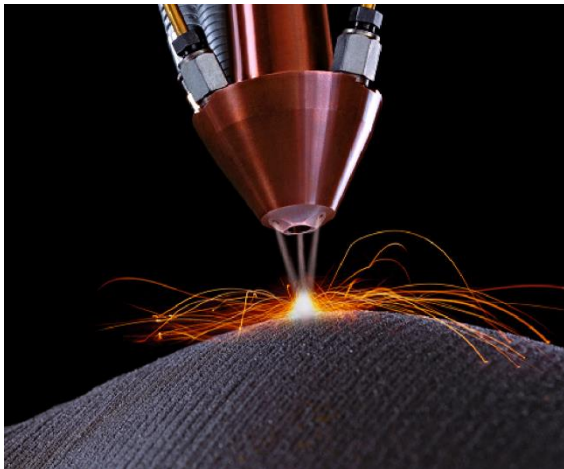
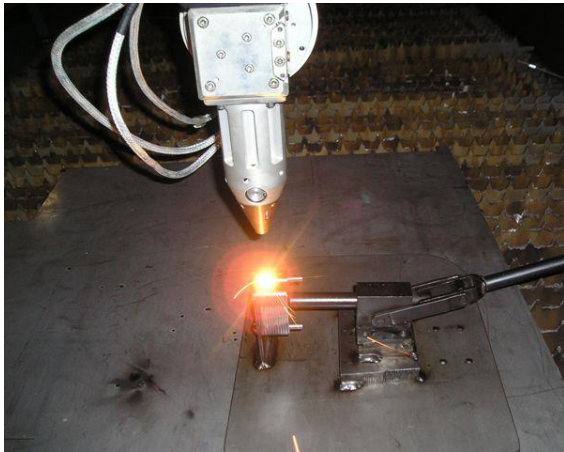
Soort:	smeltlasproces, lastoevoegmateriaal naar keuze
mechanisatie:	geautomatiseerd
bescherming:	inert gas
materiaal:	vrijwel alle lasbare metalen
posities:	alle
dikte:	maximaal 6 mm, meestal dunner



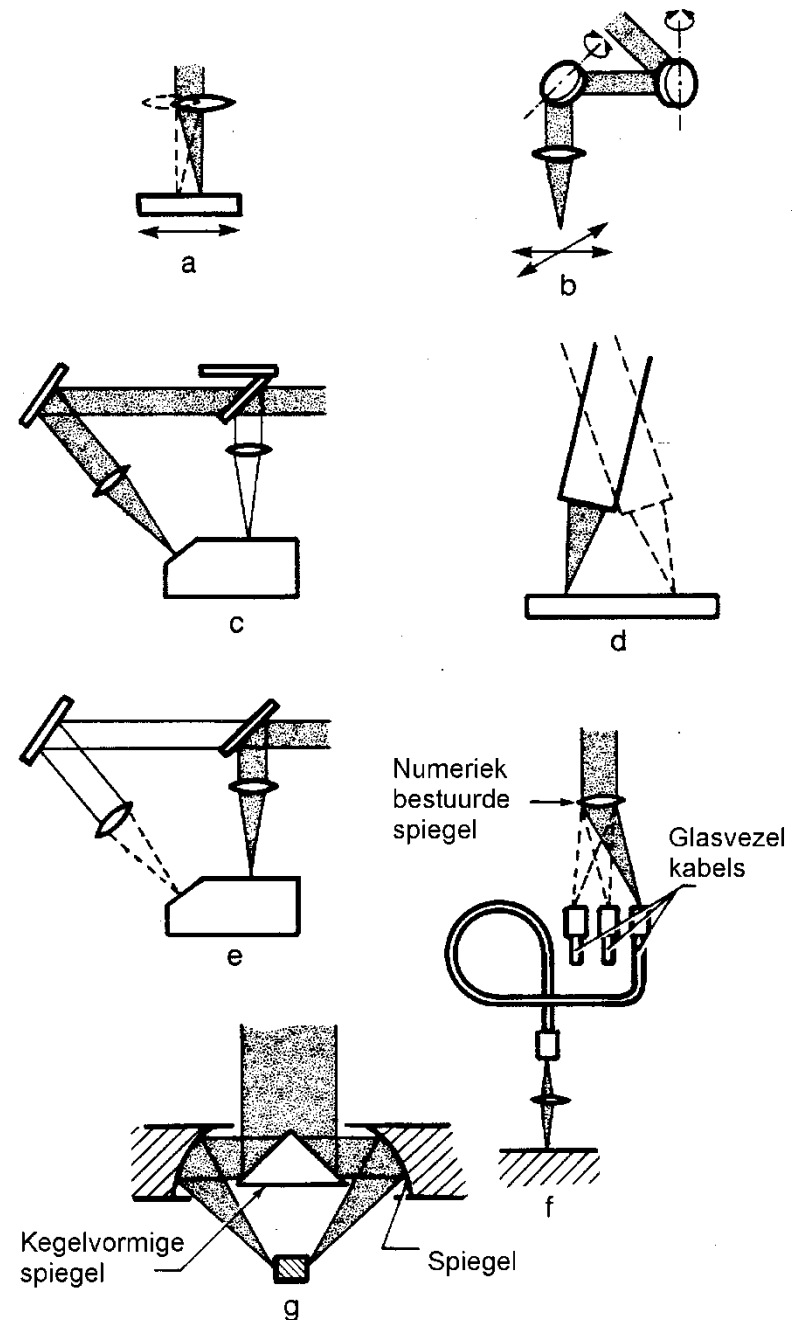
Er zijn verschillende soorten lasersystemen. De bekendste zijn:

- **vaste stof laser (Nd-YAG)**, met relatief geringe vermogens. Dit systeem wordt vooral toegepast in de fijnmechanische industrie voor het maken van verbindingen in (zeer) dunne plaat, ter vervanging van weerstand-puntlassen.
- **gaslaser (CO₂)**, waarvan het vermogen groter is, tot 20 kW. Deze laser is geschikt voor het continu lassen in grotere plaatdiktes volgens de key-hole techniek.



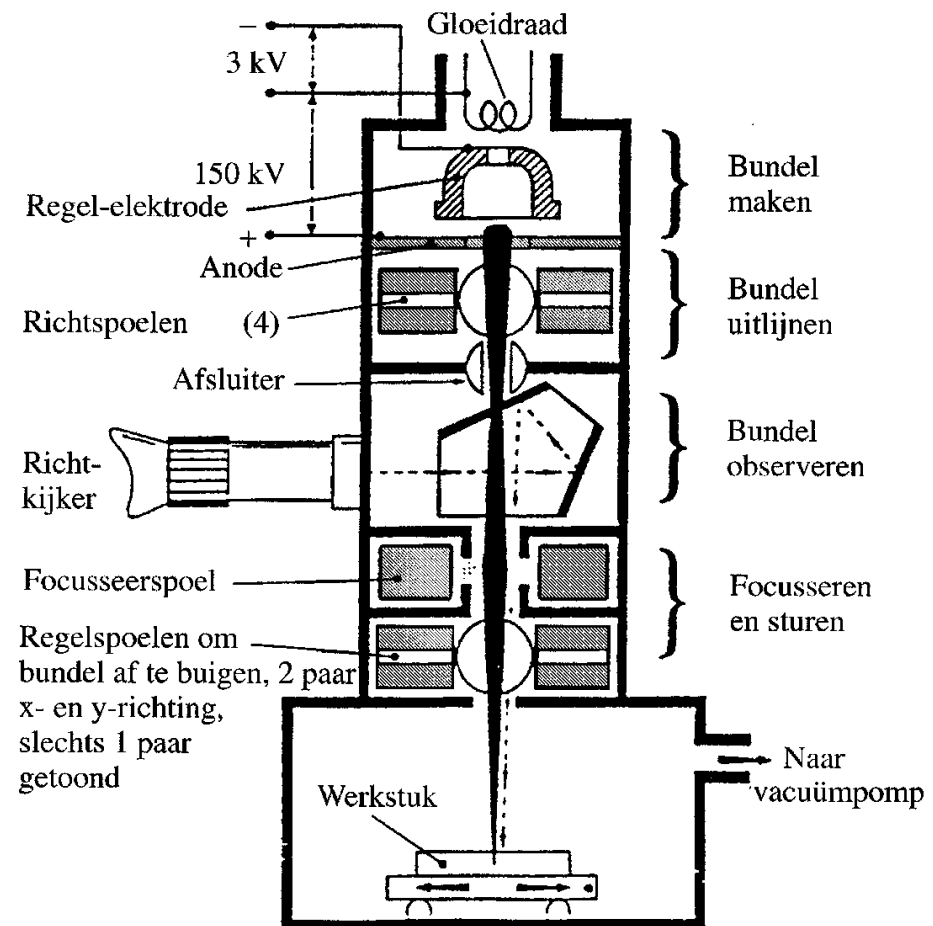


Laserbundelbesturingen

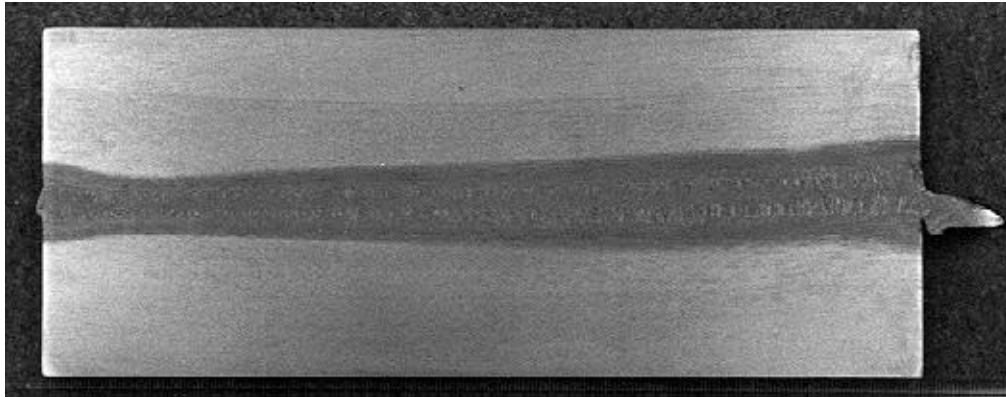


Elektronenbundellassen (76)

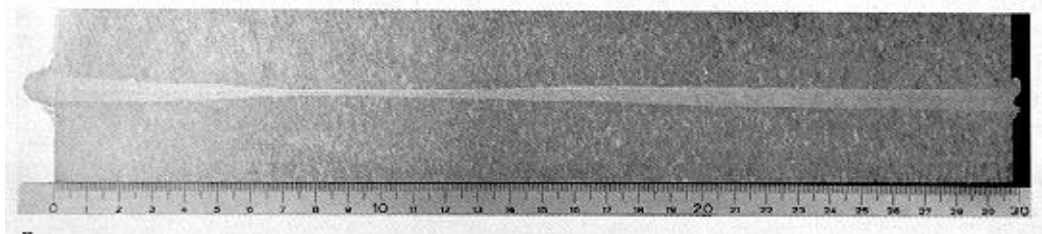
Soort:	smeltlasproces, lastoevoegmateriaal naar keuze
mechanisatie:	geautomatiseerd
bescherming:	meestal in vacuüm, soms inert gas
materiaal:	alle lasbare metalen
posities:	alle
dikte:	tot meer dan 200 mm



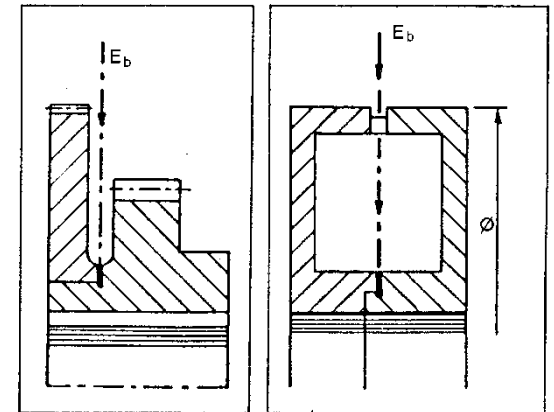
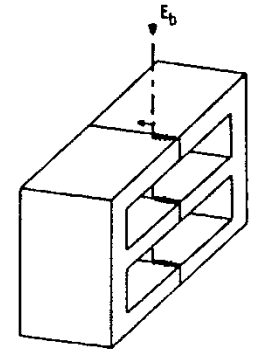
Opstelling bij het elektronenbundellassen.



200 mm staal.



300 mm Al.



- Enkele voorbeelden van de mogelijkheden met elektronenbundellassen*
- a. meerdere naden recht onder elkaar te lassen in één bewerking.*
 - b. compacte combinatie van tandwielen.*
 - c. verder weg gelegen naad, bereikbaar door een smalle opening.*

Stiflassen (78)

Soort: smelt- en druklasproces voor verbinden van stiften op plaat

mechanisatie: semi-automatisch

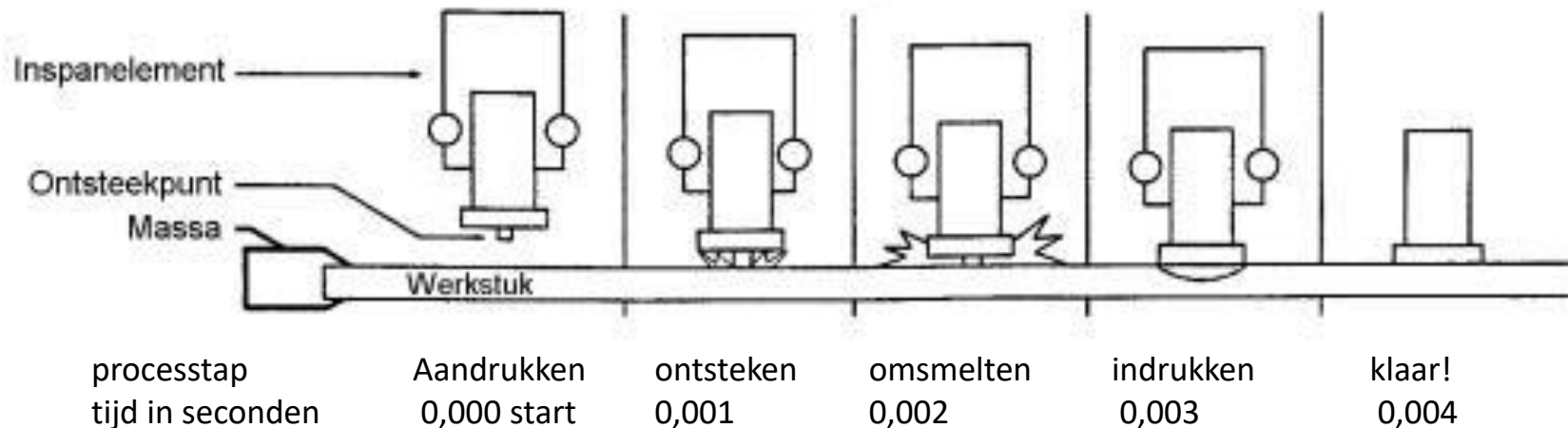
bescherming: meestal in niet nodig

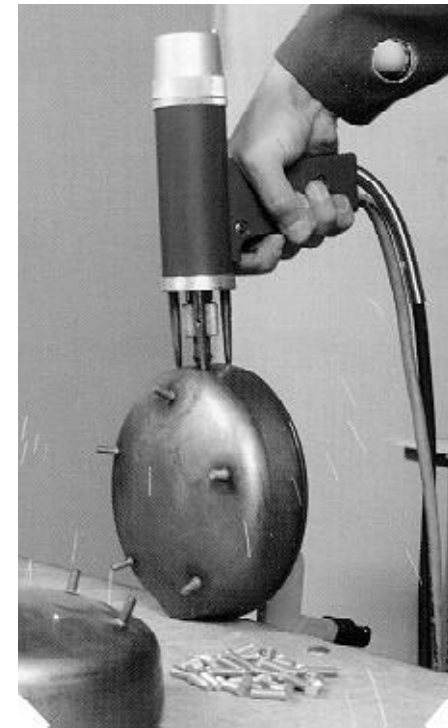
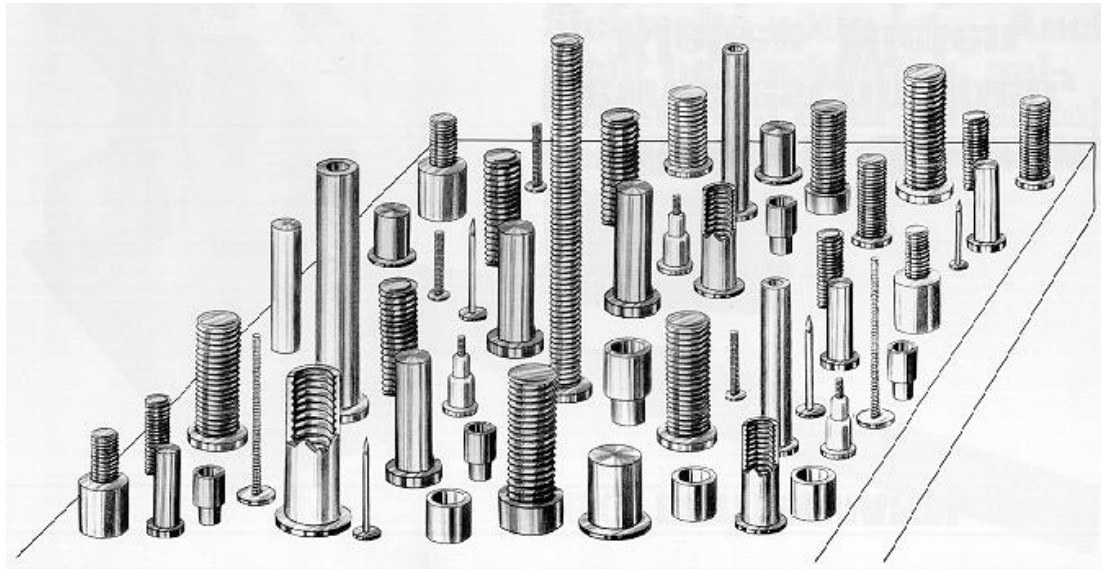
materiaal: alle lasbare metalen

posities: alle

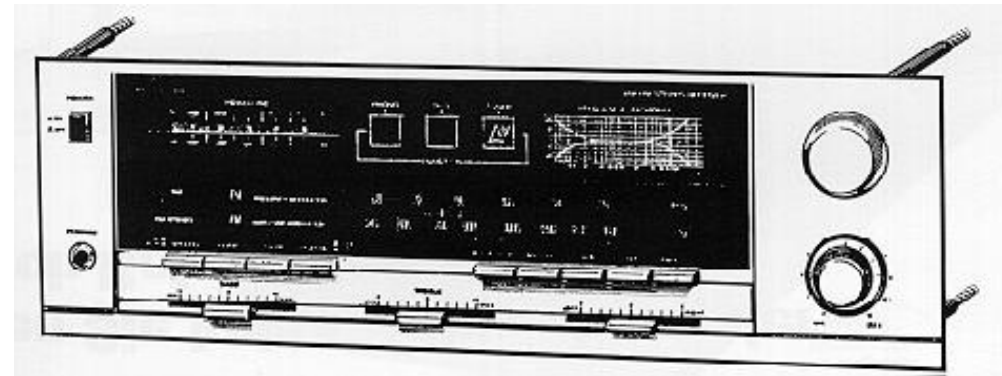
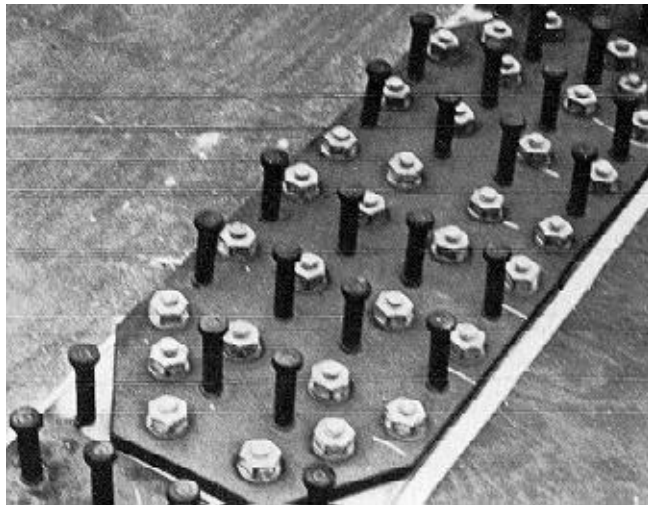
dikte: stiften $\varnothing 3$ - ca $\varnothing 30$ mm

Er is ook een methode waarbij de boog ontstoken wordt door een condensator-ontlading. Deze methode, die voor kleine diameters wordt gebruikt, wordt in NEN-EN 24063 **percussielassen** genoemd (procesno. 77)





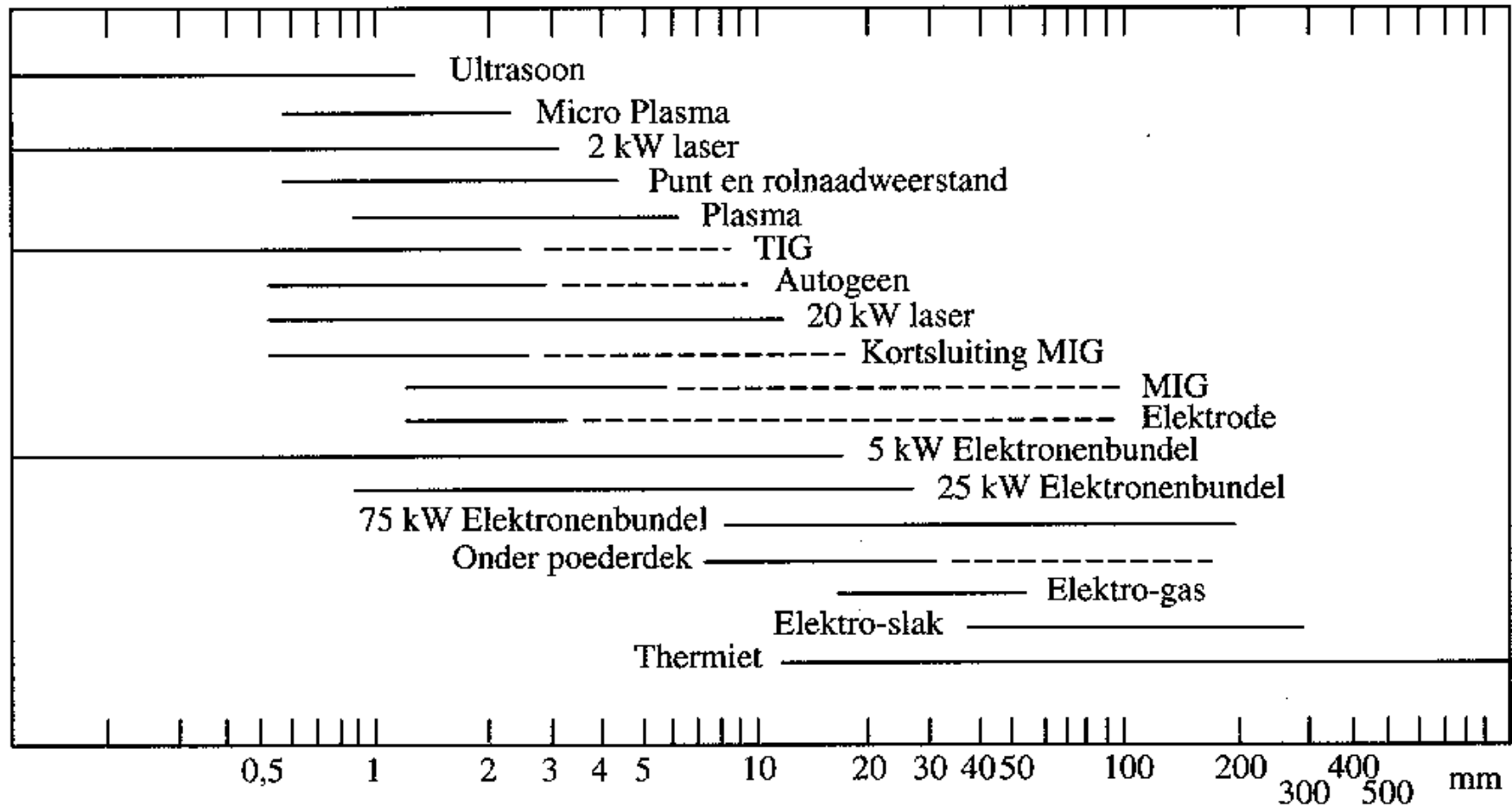
Voorbeelden stifglassen



Lasproceskeuze

Behalve in het geval dat de opdrachtgever een bepaald lasproces dwingend voorschrijft, hangt de keuze af van een groot aantal factoren. Genoemd worden:

- het toe te passen materiaal en de lasbaarheid daarvan
- de grootte en de vorm van het werkstuk
- de bereikbaarheid van de lasnaden
- de lasomgeving
- de kostprijs
- de processen die ter beschikking staan
- de lasnaadvoorbewerking
- de vereiste kwaliteit (en eigenschappen)
- de seriegrootte
- productie of reparatie
- veiligheids- en milieuaspecten



Het normale diktebereik van lasprocessen voor het lassen van plaat.
 De stippellijnen geven het bereik aan bij het lassen in meer lagen.