

booglassen voor beginners

Philips
Bedrijfsapparatuur
Nederland n.v.



Bij het verschijnen

Het boek Booglassen, voorloper van o.a. deze uitgave, bevatte alle theoretische stof voor de lasser, van beginnening tot N.V.L.er.

De overzichtelijkheid van de stof die verwerkt moest worden voor ieder der te behalen examens, kwam daarmee echter wel enigszins in het gedrang. De wenselijkheid om hierin verandering te brengen was de oorzaak van het ontstaan van het thans uitgegeven boekje.

De materie voor de beginnende lasser is hierin geheel vrij gemaakt van die voor vervolgopleidingen. Immers, juist die beginner heeft een duidelijk, overzichtelijk — dus scherp afgebakend — geheel nodig om zich in het onderwezen vak te kunnen oriënteren.

Getracht is dan ook om ieder onderwerp zo summier mogelijk te behandelen — zij het uiteraard met inachtneming van de richtlijnen van het Nederlands Instituut voor Lastechniek.

Hopelijk mag de poging om langs deze weg de aankomende lasser een eenvoudig maar helder inzicht te geven in het door hem gekozen vak, geslaagd worden genoemd.

BIJ DE TWEDE DRUK

Wat voor zin heeft het om in een leerboekje vragen op te nemen? Ongetwijfeld is het nuttig als zelfcontrole op het al of niet goed „geleerd” hebben van de les. Speciaal echter bij een technisch vak valt te betwijfelen of het zodanig „leren” van de theoretische vakbeginselen wel enig effect sorteert. Inzicht in het behandelde, gevormd door nadenken, lijkt van veel groter belang. De meeste vragen zijn daarop afgestemd. Op enkele is zelfs meer dan één antwoord van toepassing. Wordt het denkvermogen daardoor niet juist bijzonder getraind?

De cursist die zich beperkt tot een kort antwoord, trekt dan ook niet het volle nut van de gestelde vragen.

Als hij zijn antwoorden eens kritisch beziet en deze nog eens beter tracht te formuleren, leert hij vanzelf iets, wat geen leraar hem kan bijbrengen, n.l. het mede in overweging nemen van minder voor de hand liggende factoren en het zich gaaf uitdrukken in de termen van zijn vak.

Naar vertrouwd wordt zullen de opgenomen vragen hierdoor de cursist helpen bij zijn studie.

PHILIPS BEDRIJFSAPPARATUUR NEDERLAND n.v.

Eindhoven, augustus 1966.



- De uitrusting van de lasser:
- 1 standaard met elektroden
 - 2 Werkstuktang
 - 3 Werkstukklep, op tafel vastgezet
 - 4 Staalborstel
 - 5 Het werkstuk
 - 6 Elektrodenhouder
 - 7 Laskap
 - 8 Transformator

Inleiding

Stel je voor dat op zekere dag alle lassen in de wereld tegelijk loslieten. De ramp zou niet te overzien zijn.

Schepen op zee zouden, in duizend losse platen, zinken. Vele bruggen zouden instorten; auto's, treinen, gebouwen en geldkluizen zouden uiteenvallen; kortom de ramp zou groter zijn dan de ergste oorlog.

Stel je nu echter voor, dat plotseling alle staal op de wereld in lucht zou opgaan. Horloges weg, geen kachels meer, rails verdwenen, lantaarnpalen zoek; dit zou geen ramp betekenen, maar klinkklare chaos.

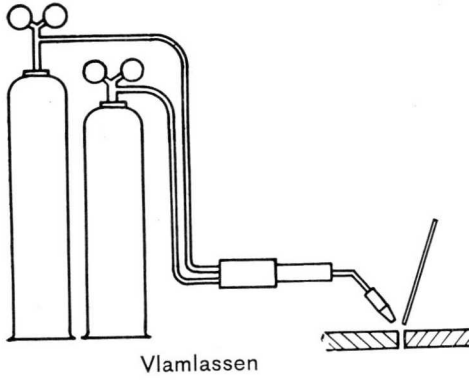
Het leven zou niet ellendig worden, maar absoluut onmogelijk.

Zó volkomen heeft de mensheid zich afhankelijk gemaakt van staal. Er is haast geen constructie denkbaar of er zit staal aan. En evenzeer als de mens staal nodig heeft, zijn er lassers nodig, want wat heeft men aan staal als men het niet kan vormen en samenvoegen! Hoezeer het lassen verbonden is met het gebruik van staal, blijkt uit de hiervoor geschilderde voorstelling. Alleen een las is in staat om twee stalen delen constructief juist te verbinden. Alleen een lasverbinding kan even sterk zijn als de gebruikte plaat. Vormen van het staal, door buigen of verspanen, wordt meestal machinaal gedaan. Niet alleen omdat dit het vlugst gaat, maar óók omdat een machine mits goed onderhouden, doorlopend hetzelfde produkt aflevert. Het duizendste onderdeel is precies gelijk aan het eerste en als het eerste onderdeel goed blijkt te zijn, kan men op het duizendste rustig vertrouwen.

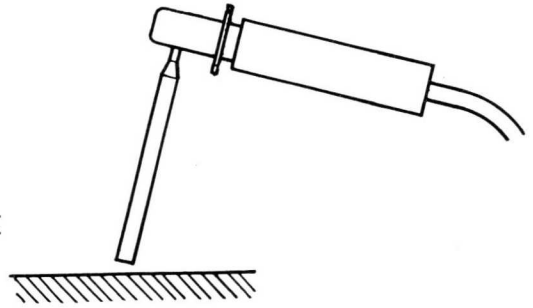
Lassen is overwegend handwerk en zal dit voorlopig ook nog wel blijven. Wat de mens doet, kan echter nooit tweemaal precies hetzelfde uitvallen. Het afgeleverde laswerk moet echter toch allemaal goed zijn. Aangezien het evenwel niet vanzelf goed komt, zoals bij een normale bewerking, dient de las zorgvuldig, millimeter voor millimeter te worden gemaakt.

Een baas kan dat niet allemaal controleren. Dat is trouwens niet in de eerste plaats zijn taak. De lasser moet zelf nauwgezet zijn eigen werk controleren en er voor zorgen dat dit, hoe verschillend dikwijls ook van aard, toch overal aan de gestelde eisen voldoet. Het gaat om werk waarop vertrouwd moet kunnen worden! Er wordt letterlijk op gebouwd.

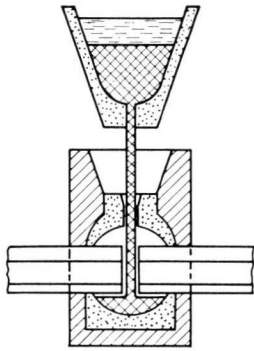
De taak van een lasser is dan ook belangrijk. Niet alleen omdat de maatschappij niet kan bestaan zonder lassers, maar ook omdat de lasser handwerk levert waarvoor hij de verantwoordelijkheid tegenover al zijn medemensen op zich durft te nemen.



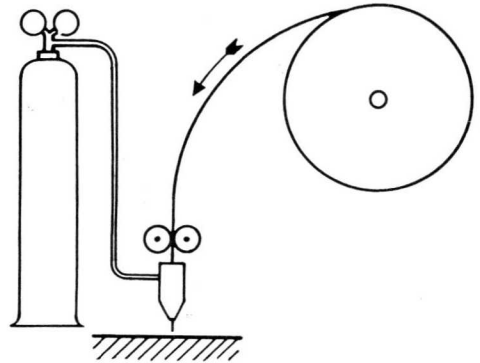
Vlamlassen



Booglassen met beklede elektroden



Thermietlassen



Automatisch booglassen
Boogbescherming met koolzuurgas

Lasmethoden

Onder lassen wordt verstaan het samenvoegen van twee metalen delen door middel van warmte, druk of beide.

Eeuwen geleden wist iedere smid al te lassen door ijzeren delen in het vuur heet te stoken om ze daarna op het aambeeld te wellen (warmte en druk). Ongeveer 70 jaar geleden begon men te zoeken naar methoden om stalen stukken plaatselijk in vloeibare toestand te brengen om ze daarna als één geheel weer te laten stollen (alleen warmte).

De voornaamste lasmethoden kunnen als volgt worden gerangschikt:

A. SMELTLASSEN

1. Vlamlassen
2. Thermietlassen
3. Booglassen (met gas- en/of slakbescherming)

B. DRUKLASSEN

1. Smeedlassen
2. Weerstandlassen
3. Stiflassen

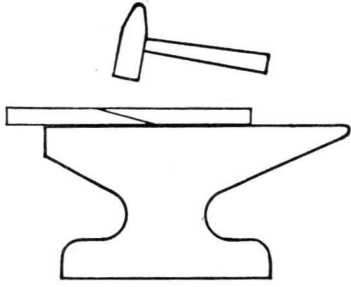
A1. Vlamlassen

Beter bekend als autogeen lassen. Zuurstof en acetyleen stromen door een lasbrander en worden aan het mondstuk waar ze te samen komen, ontstoken. De vlam heeft een temperatuur van ca. 3000° C. Daar de smeltemperatuur van staal bij 1500° C ligt, kan met de vlam plaatselijk het materiaal tot smelten worden gebracht. Als regel wordt toevoegmateriaal (lasdraad) gebruikt, waardoor een gemakkelijkere aaneenvloeiing van beide werkstukken kan worden verkregen.

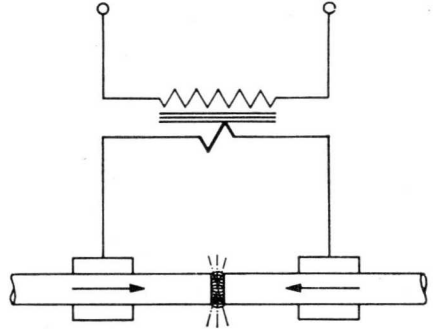
De autogene vlam kan, met toevoeging van extra zuurstof, ook worden benut om materiaal te snijden.

A2. Thermietlassen

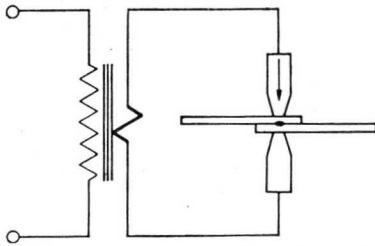
Een fijn verdeeld mengsel van ijzeroxyde en aluminiumpoeder wordt ontstoken. Er vindt dan een chemische reactie plaats die gesmolten ijzer oplevert van ca. 2500° C.



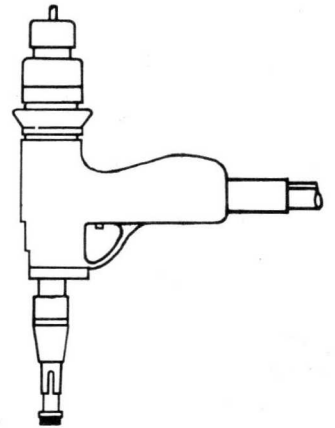
Smeedlassen



Weerstandlassen (afbrandstuiklassen)



Weerstandlassen (puntlassen)



Stiftlassen

Dit mengsel wordt gegoten tussen twee werkstukdelen. Door de hoge temperatuur smelten de randen van het werkstuk eveneens; na stolling is één geheel ontstaan.

A3. Booglassen

Door middel van elektrische energie wordt een boog ontstoken waarvan de temperatuur ongeveer 6000° C is. Het werkstukmateriaal waarop de boog is gericht, komt zeer snel tot smelten. Het lasmetaal moet beschermd worden tegen inwerking van de lucht. Hiertoe wordt de elektrode bekleed met slakvormende stoffen of boog en smeltbad worden omgeven door een gasstroom die de lucht verdringt.

B1. Smeedlassen

Twee delen worden op welhitte gebracht (ca. 1000° C). Het metaal komt in een deegachtige toestand; nu kunnen de delen door hameren (dus onder druk) tot één geheel worden gemaakt.

B2. Weerstandlassen

Wanneer een elektrische stroom moet overgaan van één stuk metaal in een ander stuk, ondervindt ze een zekere weerstand op het aanrakingsvlak. Als de stroomsterkte hoog genoeg is levert deze daar voldoende warmte op om de metalen delen week te laten worden. Bij voldoende druk zal dan op het aanrakingsvlak tussen beide een binding ontstaan. Het systeem wordt toegepast bij draad en dunne platen, die elkaar overlappen of kruisen. Lasvormen zijn:

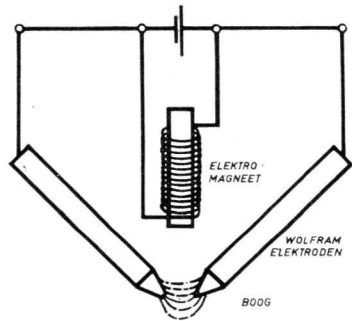
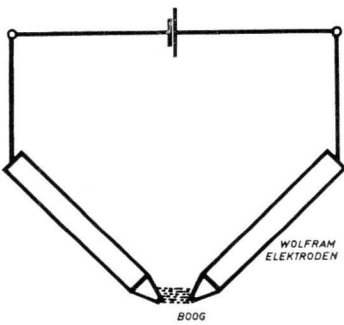
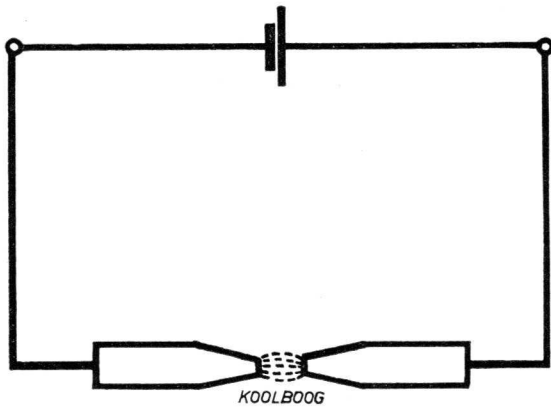
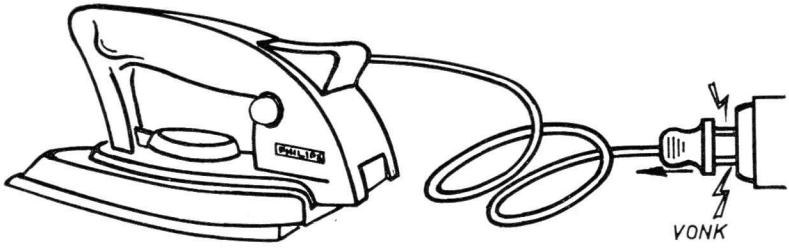
- de puntlas, die een klein rond „puntje” vormt,
- de rolnaadlas, een langgerekt soort „puntlas”,
- de profiel- of projectielas, waarbij lasjes gevormd worden op de beide plaatsen waar twee geprofileerde platen elkaar raken.

Een andere vorm van weerstandlassen is het stuiklassen. Twee te lassen delen fungeren als polen in een elektrische stroomkring. Er wordt tussen beide delen een boog getrokken die de randen van beide stukken tot smelten brengt. Na korte tijd worden deze randen stevig tegen elkaar gestoten en wordt de stroom uitgeschakeld.

Na afkoeling kan de braam die ontstaan is, worden weggestoken of -geslepen.

B3. Stiflassen

Met deze nieuwe methode wordt een boog getrokken tussen de onderzijde van een stift en een plaat. De stift wordt daarna d.m.v. een veer in de plaat „gestoten” en is dan hecht met de plaat verbonden.



Wat is booglassen?

In de vorige les werd het principe van het booglassen genoemd (A3). Dit booglassen is nu juist het meest belangrijke van deze hele cursus en het is dus zaak om eerst even uitvoeriger op het principe ervan in te gaan.

Wanneer twee metalen die in een elektrische stroomkring zijn opgenomen, plotseling een eindje van elkaar worden afgehouden, kan een vonk overspringen. De stroom wordt in dat geval dus niet onderbroken, maar gaat, via de lucht, door. Indien vonken blijven overspringen, spreekt men van een elektrische boog. Deze boog bezit een grote hitte en straalt een fel licht uit. Koolstaven functioneren in dit opzicht als metalen. (Verscheidene bioscoop-projectoren zijn uitgerust met koolboog-„lampen“.)

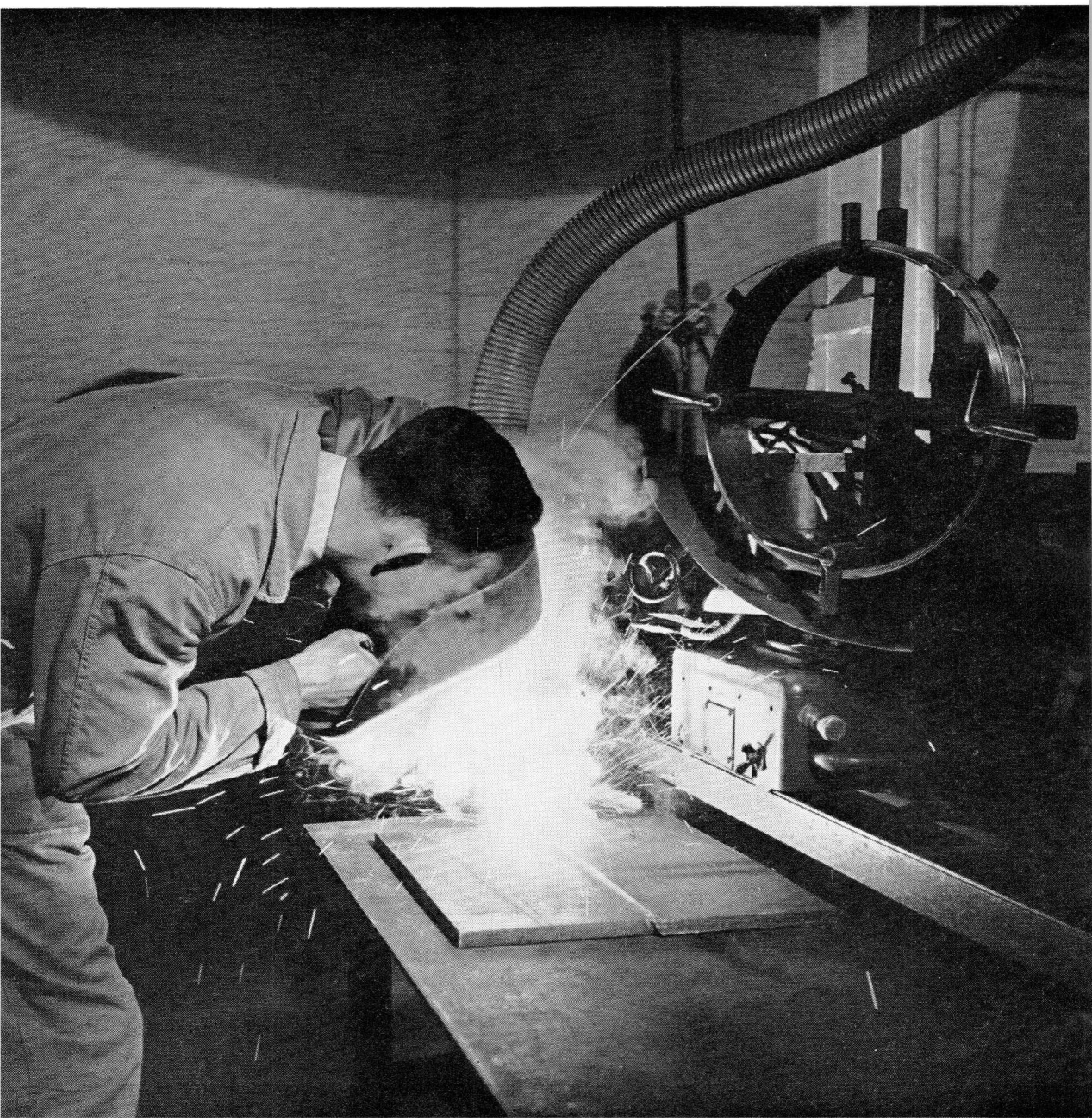
Bij het elektrisch lassen zijn de omstandigheden zó gekozen (geschikte stroombron en elektroden) dat de boog inderdaad blijft bestaan en dat de hitte ervan bruikbaar is voor het maken van een las. De boog kan benut worden op twee manieren.

- a) Een boog wordt getrokken tussen twee elektroden die niet (of heel langzaam) opsmelten. Met behulp van een elektromagneet wordt deze boog gedwongen om uit te buigen tot even onder de elektrodepunten. Dit gedeelte kan dan op het werkstuk worden gehouden. Indien toevoegmateriaal nodig is, moet dit in de vorm van een staafje in de boog worden gebracht. De gelijkenis met autogeen lassen is vrij groot.
- b) Van een direct gerichte boog spreekt men als deze wordt getrokken tussen één elektrode en het werkstuk. Meestal is de elektrode dan van staal dat meteen opsmelt en het toevoegmateriaal levert. (Ziet schets „Booglassen“ op pagina 4).

Behalve naar de soort van boog, kan het elektrisch lassen ook worden ingedeeld naar de bescherming die het gesmolten metaal krijgt tegen de ongewenste invloeden van de lucht.

Het smeltbad kan beschermd worden door:

- 1e **een bekleding** om de elektrode die afsmelt en de las als slaklaag afdekt
- 2e **een poederdek** waaronder (onzichtbaar) gelast wordt en dat ongeveer dezelfde functie heeft als een bekleding.



Moderne lastechniek; boogbescherming door koolzuurgas. Let op het felle licht (veroorzaakt door de hoge lasstroom in verhouding tot de zeer dunne lasdraad).
Semi-automatisch CO₂-lasproces.

3e **een „mantel”** van gas die om de boog en het smeltbad heen wordt geblazen. Dit gas is vaak een edelgas (een edelgas verbindt zich niet met metalen, zoals een edelmetaal — b.v. goud of zilver — zich niet verbindt met lucht) maar in de moderne lastechniek heeft het veel goedkopere koolzuurgas (CO_2) zijn intrede gedaan voor hetzelfde doel.

Het lassen met beklede elektroden wordt meestal met de hand gedaan doch soms met een automaat. Het lassen onder poederdek kan vrijwel alleen automatisch geschieden daar men niets van het hele lasprocédé kan zien. Het gasbooglassen ten slotte wordt eveneens met een automaat uitgevoerd, of met een half-automaat (d.i. lassen met de hand doch toevoer van draad en gas geautomatiseerd).

Gebruik bij slakbikken
een veiligheidsbril
en werk van u af



Veiligheidsmaatregelen

De lasser gaat de hele dag om met hoge elektrische stromen en spanningen en met vloeibaar staal, dat niet alleen voorkomt in het smeltbad, maar ook in de vorm van rondvliegende spatten. Een aantal veiligheidsmaatregelen is dan ook noodzakelijk en iedereen die zijn gezondheid en de veiligheid van zijn omgeving op prijs stelt, zal zorgen dat hij deze kent en toepast.

1. Het lasapparaat. Dit moet doelmatig geaard zijn om de spanningen, die meestal gevaarlijk hoog zijn, af te leiden, wanneer het toestel defect zou raken.
2. De primaire aansluitklemmen (voor het net) van het toestel moeten behoorlijk afgeschermd zijn. Een kapje over de secundaire klemmen (voor de laskabels) is wenselijk.
3. Een lasveiligheidsrelais dat de open spanning van de lastransformator verlaagt tot de ongevaarlijke waarde van 42 V, is onder bepaalde omstandigheden noodzakelijk. Een andere beveiliging vormt het gebruik van geheel geïsoleerde lastangen.
4. Gloeiende vonken en losspringende hete slak kunnen de lasser hinderen. Hij moet zich beschermen met een leren voorschoot en dito lashandschoenen, terwijl hij zijn gezicht beveiligt door middel van een laskap of lashelm tijdens het lassen, en met een veiligheidsbril bij het slakbikken.
5. Het licht dat door de vlamboog wordt uitgestraald bevat behalve de zichtbare stralen, ook nog de onzichtbare infrarode en ultraviolette. Het donkere lasruitje tempert het zichtbare licht zover dat men de laskrater behoorlijk kan zien. Het infrarode licht kan op de duur staan en zelfs blindheid veroorzaken. Deze stralen moeten dus eveneens door het lasruitje worden geweerd. Het ultraviolet kan „lasogen” teweeg brengen, een hoogst pijnlijke geschiedenis. De samenstelling van het glas moet dus zo worden gekozen dat ook deze stralen worden tegengehouden. Het lasruitje wordt, omdat het tamelijk duur is, beschermd door een blank spatruitje. Het ultraviolet in het zonlicht is de oorzaak van zonnebrand. De in punt 4 genoemde handschoenen en laskap doen dus nog meer dan alleen





Veiligheidsmaatregelen zijn altijd dringend geboden vooral daar waar de lasser weinig bewegingsvrijheid wordt gelaten.

vonken tegenhouden; ze beschermen handen en gezicht ook tegen „zonnebrand” uit de boog.

Voorts blijken ze nóg meer te doen, nl. de hitte tegenhouden die de boog uitstraalt.

6. De dampen die bij het lassen vrijkomen, zijn weliswaar niet giftig, maar ze maken de atmosfeer benauwd, wanneer ze niet weg kunnen. Bij lassen in besloten ruimten zullen dan ook in het algemeen ventilatoren gewenst zijn. Bij het lassen van koper, brons, messing en gegalvaniseerde plaat **moeten** de lasdampen afgezogen worden omdat deze nadelig zijn voor de gezondheid.
7. Soms vraagt de aard van de te lassen werkstukken om extra veiligheidsmaatregelen. Zo kan men niet zonder meer gaan lassen aan tanks, waarin zich brandbare gassen of vloeistoffen hebben bevonden. Het zou echter te ver voeren om alle mogelijke omstandigheden met de daarbij behorende voorschriften, te bespreken. Laat ons volstaan met op te merken dat lassen een vak is voor mensen met gezond verstand die de waarde beseffen van het spreekwoord: „Bezint eer ge begint”.

TOEBEHOREN BIJ LASAPPARATEN

Behalve over de reeds genoemde laskap en lashandschoenen, heeft de lasser nog de beschikking over de volgende gereedschappen:

De elektrodehouder, veelal kortweg lastang genoemd. De elektrode wordt hier in geklemd. De lastang moet de stroom goed geleiden en moet, ondanks de nabijheid van de booghitte, bedrijfszeker zijn. De laskabel voert de stroom van het lasapparaat naar de elektrodehouder.

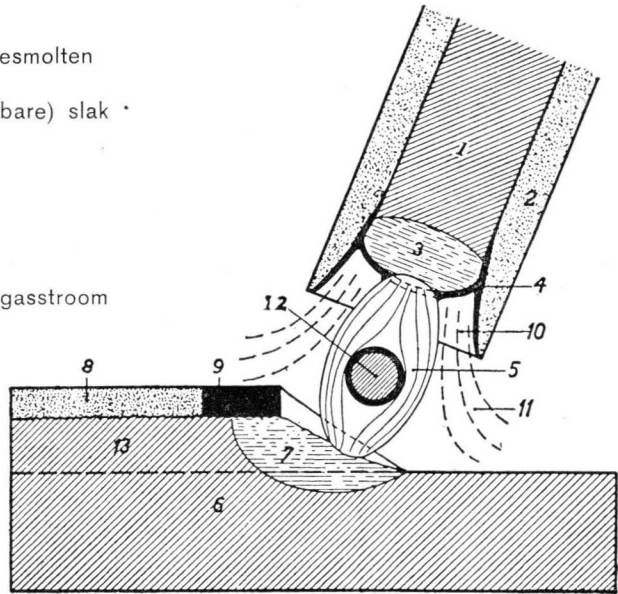
De werkstukklem. Hiermee wordt de werkstukkabel aan het werkstuk bevestigd. Een ondeugdelijke verbinding tussen beide veroorzaakt spanningsverliezen (weerstand) en daardoor onkosten.

De werkstukkabel. Dient om de stroomkring: lastoestel - elektrode - werkstuk - lastoestel te completeren.

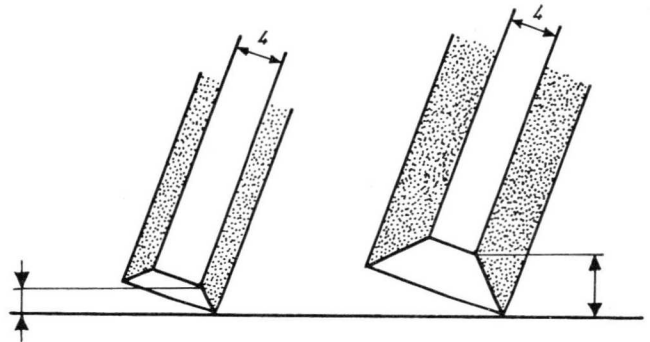
De bikhamer. De slak die na het booglassen achterblijft, moet verwijderd worden. Gewoonlijk is de ene kant van de hamer beitelvormig en de andere kant puntig bewerkt.

De staalborstel. Komt daarna aan bod om de las goed schoon te borstelen. Werkstukken van roestvaststaal moeten met een roestvaststaal borstel worden behandeld.

- 1 kerndraad
- 2 bekleding
- 3 uiteinde kerndraad in gesmolten toestand
- 4 bescherming door (vloeibare) slak
- 5 elektrische boog
- 6 werkstuk
- 7 smeltbad
- 8 gestolde slak
- 9 vloeibare slak
- 10 kelk, geeft richting aan gasstroom en metaaldruppels
- 11 gasstroom veroorzaakt door verbranding van bestanddelen uit de bekleding
- 12 overgaande druppel lasmetaal (omgeven door slak)
- 13 stollend lasmetaal



Schema druppelovergang



De afstand kerndraad-werkstuk is bij de meeste normale elektroden te klein om slepend te kunnen lassen. Is de afstand groter (bij contactelektroden) of zijn de druppels erg klein (bij enkele rutiel-typen) dan kunnen ze bij slepend lassen vrij vallen.

Elektroden I

Er zijn veel soorten „elektroden” in en buiten de lastechniek, maar in deze cursus bedoelt men uitsluitend de soort die gebruikt wordt bij het elektrisch booglassen en die bij het gebruik opsmelt.

Deze elektroden zijn vrijwel altijd van een bekleding voorzien. Nu is het heel interessant om na te gaan wat er zich afspeelt tijdens het afsmelten (in druppels) van die elektrode.

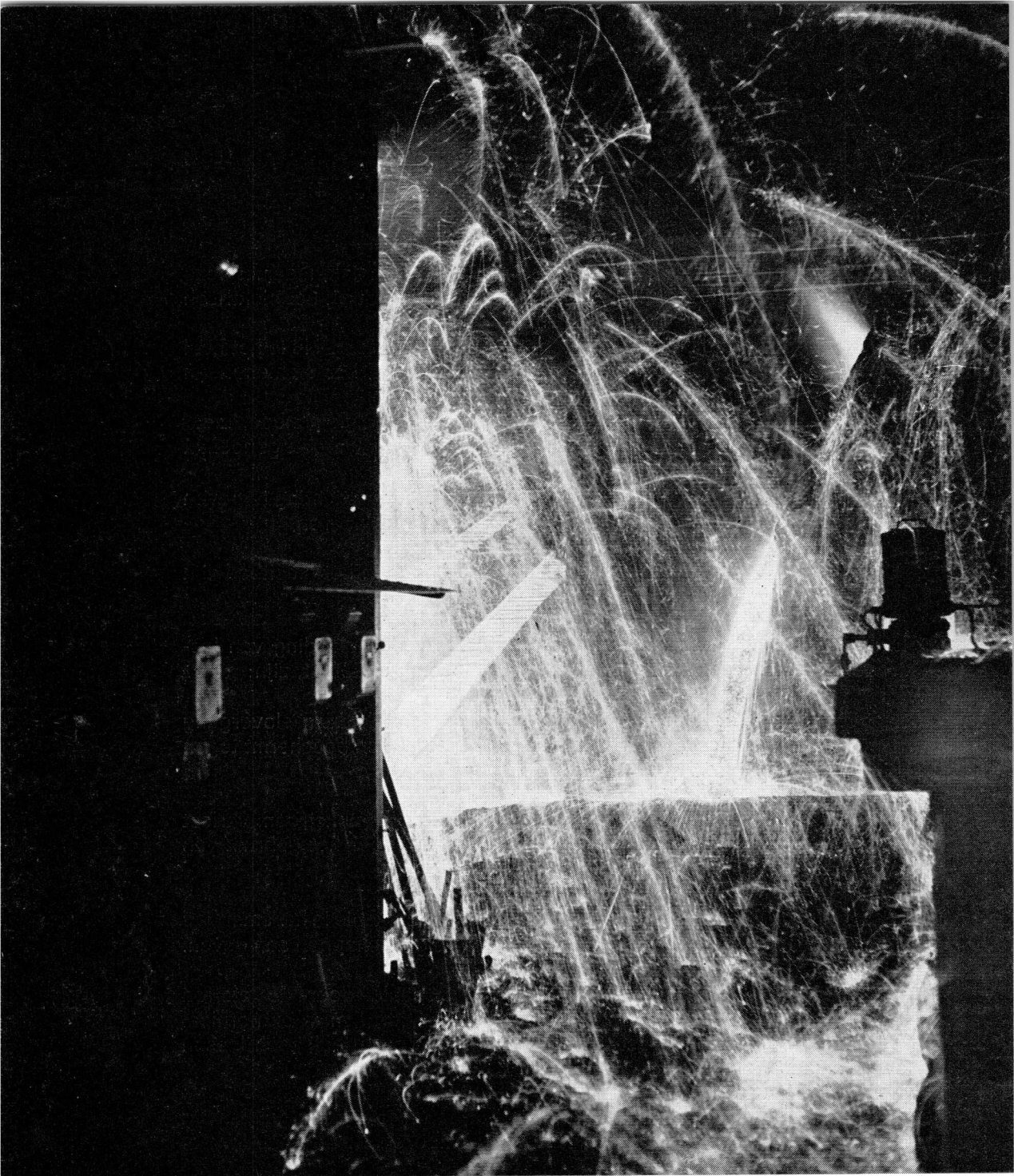
Het schema van de druppelovergang hiernaast, is duidelijk genoeg, maar enkele punten zijn zó belangrijk dat deze nog eens extra worden genoemd.

- a) De bekleding vormt een kelk die meehelpt om de boog richting te geven en die tevens het toetreden van de lucht helpt verhinderen.
- b) Het smeltende einde van de elektrode, de druppel en het smeltbad zijn geheel omgeven door slak.

Uit het bovenstaande volgt ten dele al het doel van de bekleding van las-elektroden. De voornaamste functies die de bekleding uitoefent, zijn:

- 1e. Het vormen van de reeds genoemde slak die tijdens de druppelovergang en direct na het lassen het gesmolten metaal afdekt en beschermt tegen binnendringen van de lucht.
- 2e. Zonder bekleding zouden de elektroden slechts op gelijkstroom verlast kunnen worden. De bekleding maakt ze geschikt voor het gebruik van wisselstroom.
- 3e. Aan de bekleding kunnen stoffen worden toegevoegd die in het smeltbad in het staal worden opgelost en er bijzondere eigenschappen aan geven.
- 4e. De laseigenschappen worden goeddeels bepaald door de stoffen waaruit de bekleding is samengesteld. Alle elektroden voor normaal constructiestaal hebben een kern van hetzelfde materiaal; toch lassen ze allemaal verschillend.

Een eis is dat de bekleding regelmatig van dikte moet zijn en gelijkmatig moet opsmelten. Gewenst is ook dat de gevormde slak zich zonder veel moeite laat verwijderen.



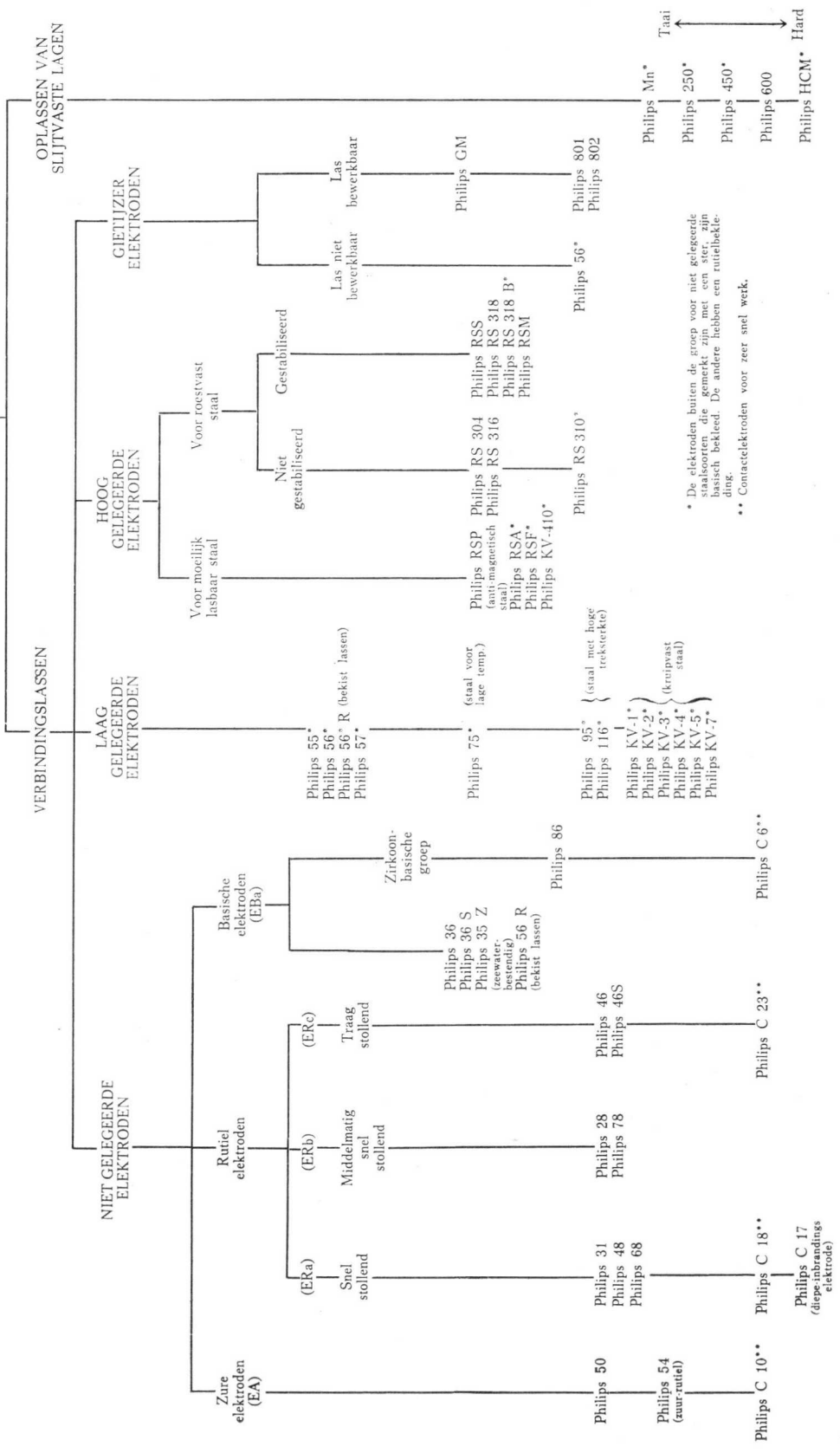
Metaalgieterij

Eén van de stoffen die soms wordt toegevoegd aan de bekleding is ijzerpoeder. Aangezien dit natuurlijk neersmelt en in de las komt, levert een dergelijke elektrode méér neergesmolten metaal op dan de kerndraad bevatte. Gewoonlijk is de zaak andersom en is de neersmelt minder dan de opgesmolten kerndraad, omdat er metaal verloren gaat door spatten en verbranding. We spreken dan van een rendement van minder dan 100 %, de staven met ijzerpoeder in de bekleding hebben een rendement van meer dan 100 %.

Aan dit laatste elektrodetype zit echter nog meer vast. Door het ijzerpoeder wordt de bekleding aanmerkelijk dikker (en de kelk dieper); bij de meeste soorten wordt deze bekleding geleidend voor de elektrische stroom. Zodra de bekleding contact maakt met het werkstuk ontstaat meteen een vlamboog. Deze elektroden hebben daarom de naam **contactelektroden** gekregen.

De bekleding van de laselektroden speelt dus wel een allesoverheersende rol. Door de eisen die de praktijk stelt, zijn in de loop der jaren verscheidene elektrodetypen ontwikkeld. Ze zijn echter alle onder te brengen in enkele groepen, naar gelang van de soort bekleding.

INDELING VAN LASELEKTRODEN



Elektroden II

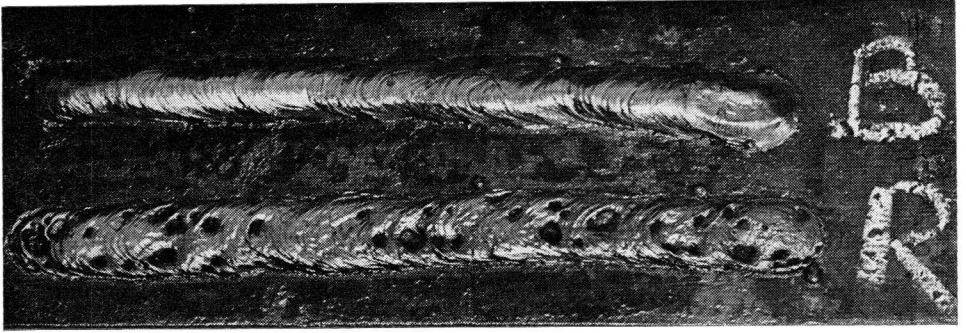
De elektroden uit één groep mogen onderling verschillen; ze hebben echter alle ook zóveel gemeen wat betreft de samenstelling van hun bekleding dat ze als één „familie” kunnen worden beschouwd.

We onderscheiden voor niet-gelegeerd staal elektroden met:

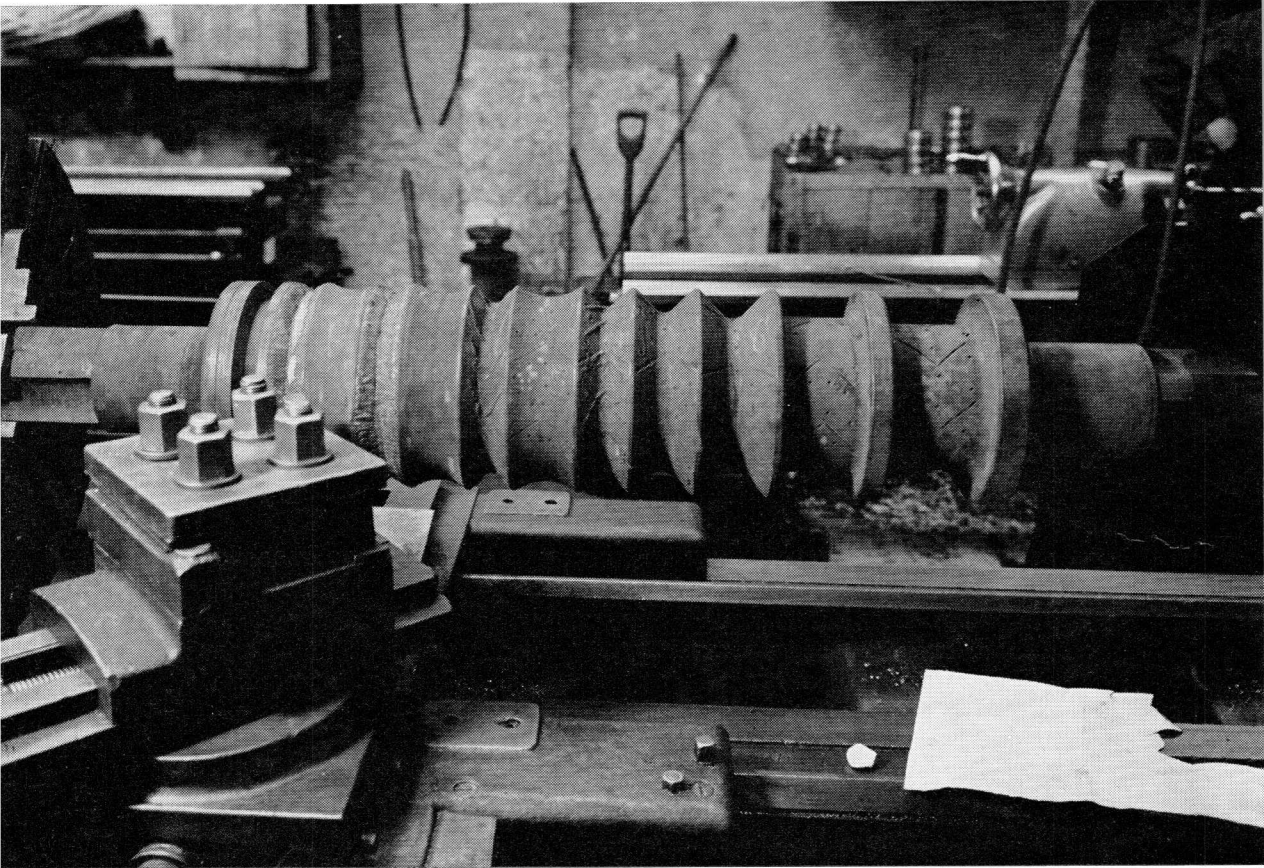
- a) **zure bekleding (EA) ***. Deze zijn naar verhouding dik, de staven kunnen een hoge stroomsterkte verdragen en het smeltbad is dun vloeibaar (traagstollend). Dit type elektrode is dan ook alleen geschikt voor horizontaal werk. Het uiterlijk van de las wordt mooi vlak.
- b) **rutiel bekleding**. Onderverdeeld in drie soorten, nl.:
Traagstollend (ERc) *, ongeveer te vergelijken met groep a wat betreft laseigenschappen,
middelmatig traagstollend (ERb) * en
snelstollend (ERa) *. Deze soort is dikvloeibaar; zoals de naam aangeeft stolt het smeltbad snel. Deze eigenschap is gunstig bij het overbruggen van grote openingen, werk boven het hoofd enz. De bekleding is dunner; de stroomsterkte lager. Het uiterlijk van de las wordt niet zo fraai. De „matige” groep staat tussen beide in.
- c) **basische bekleding (EB) ***. Dit type heeft de laatste jaren grote opgang gemaakt door zijn bijzonder gunstige eigenschappen. Het kan verlast worden met extra lage en met vrij hoge stroomsterkten. De lasser kan de staaf dan ook aanpassen aan de omstandigheden. De meeste elektroden van deze groep zijn geschikt voor laswerk in alle standen. Het neergesmolten metaal is zeer zuiver en dat maakt dit type geschikt voor het lassen van staal met veel verontreinigingen. Ook staal waarin veel zwavel voorkomt (zoals automatenstaal) kan gelast worden met de basisch beklede elektrode, evenals gietijzer. Het lasmetaal heeft een grote kerftaaiheid (scheurt niet zo gemakkelijk op kerfjes of andere onvolkomenheden) en dat maakt het geschikt voor toepassing in dynamisch belaste constructies.

Het doorlassen van V- en X-naden kan met de basische elektrode feilloos geschieden. (Doorlassen is het maken van een grondlaag, zodanig dat deze aan de onderzijde van de plaat uitkomt en daar goed aanvloeit.)

* Afkortingen, vastgesteld door het Nederlands Normalisatie-instituut.



Twee lasrupsen op automatenstaal.
De basische is ongevoelig voor zwavel; de rutielrupps vertoont grote uitwendige gaten.



Werkstuk met opgelaste lagen, opgespannen voor nabewerking.

d) **elektroden voor alle gelegeerde staalsoorten en voor het oplassen.** Het schema vertoont veel meer elektrodetypen. Deze zullen echter niet worden besproken in de beginners-cursus.

De besproken elektrodesoorten zijn in het schema opgenomen. Van iedere groep zijn behalve de gewone, ook contactelektroden in de handel.

De elektroden worden gemaakt in verschillende lengten en dikten. De dikte wordt aangegeven in de diameter van de kerndraad. Dunne staven zijn kort, dikke staven zullen langer zijn.

Diameters en lengten verlopen als volgt:

Ø (mm)	1½	2	2½	3¼	4	5	6	7	8
lengte (cm)	25	30	35	35	35	45	45	45	45
ook wel:				45	45				

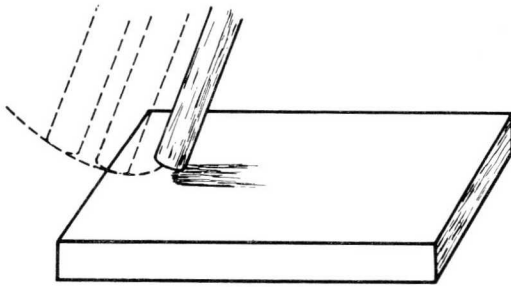
Om de soorten te kunnen herkennen wordt het bovenzvlak van het blanke einde gekleurd. Dit is de zg. kopkleur.

Elektroden hebben de onprettige eigenschap dat ze gevoelig zijn voor vocht. D.w.z. ze nemen gemakkelijk vocht op; bovendien beïnvloedt dit vocht de laseigenschap nadelig. Ze moeten dan ook bewaard worden in een kast waarin de lucht droog gehouden wordt, óf in een ruimte waar een temperatuur heerst die minstens 10° hoger is dan de buitentemperatuur. Ook bij de verpakking wordt rekening gehouden met deze vochtgevoeligheid. Vooral de basische elektroden moeten in dit opzicht met zorg behandeld worden.

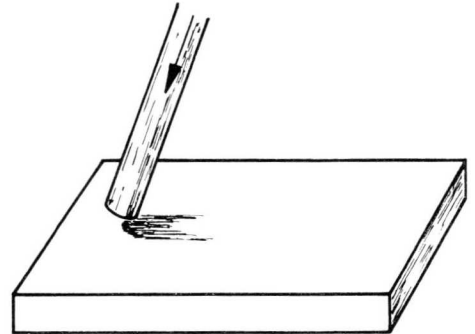
Instanties die controle moeten uitoefenen op laswerk willen allereerst weten of de elektroden zelf aan hoge eisen voldoen. Dergelijke instanties zijn o.a.:

Rijkstoezicht op het Stoomwezen,
 Rijkswaterstaat,
 Nederlandse Spoorwegen,
 Controlas,
 Lloyds Register of Shipping,
 Bureau Veritas e.a.

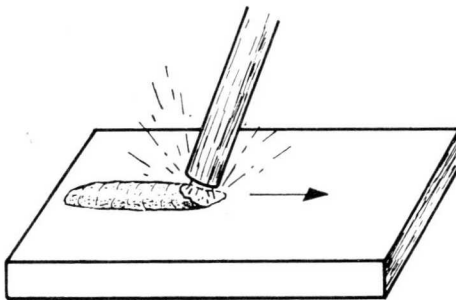
Deze geven dus, na strenge proeven, hun goedkeuring aan het gebruik van zekere elektrodetypen voor werk dat onder hun controle valt. Daarnaast heeft het Nederlands Normalisatie-instituut (NEN) normbladen samengesteld met de algemene omschrijving over soort en eigenschappen van las-elektroden.



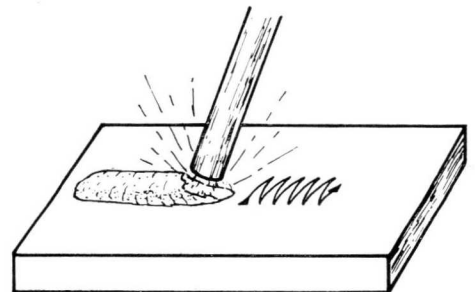
Boogtrekken



Toevoerbeweging



Vortloopbeweging



Zwaaibeweging

Lasbewegingen I

Bij het lassen moeten met de elektrode verschillende bewegingen worden gemaakt. De omstandigheden bepalen welke bewegingen de juiste zijn. Die omstandigheden kunnen van toevallige aard zijn; ze kunnen echter ook samenhangen met de positie waarin het laswerk moet worden uitgevoerd.

De posities of lasstanden zijn:

- **Horizontaal of „onder de hand”**. De las wordt gemaakt op een horizontaal liggende plaat.
- **Verticaal neergaand**. Las in een verticaal staande plaat van boven naar beneden.
- **Verticaal opgaand of stapelend**. Las in verticale plaat van beneden naar boven.
- **Horizontaal-verticaal of „uit de zij”**. Las in een verticaal vlak maar in horizontale richting uitgevoerd.
- **Boven het hoofd**. Las in horizontale plaat of horizontaal liggende hoek, echter niet er boven op gemaakt doch onder tegen de plaat aan.

De lasbewegingen die nu besproken worden, hebben betrekking op het lassen onder de hand. Ze gelden echter gedeeltelijk ook voor het lassen in andere posities.

a. Boogtrekken

De beste manier is om de elektrode aan te strijken als een lucifer. Aantikken met het starteinde betekent meestal beschadiging van de bekleding en brengt de kans mee dat de elektrode „vastvriest”.

b. Aanvoerbeweging

De **elektrode** smelt op terwijl de getrokken **boog** even lang moet blijven. De elektrodehouder moet dus gelijkmatig naar het werkstuk worden bewogen.

c. Stand van de elektrode

met de voortloprichting:

De elektrode moet zodanig gehouden worden dat de vloeibare slak juist achter het smeltbad volgt. Kwaliteit en uiterlijk van de las zijn nl. mede

afhankelijk van een gelijkmatige slakafdekking. Als de hoek tussen elektrode en voortlooprichting te klein is dan wordt de slak door de stuwende werking van de boog teruggedreven. Hetzelfde gebeurt wanneer de boog te lang is. De slak wordt onrustig en de las krijgt een ruw uiterlijk en kan poreus worden.

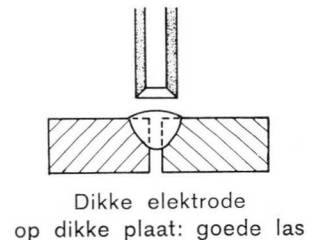
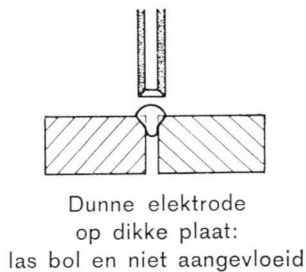
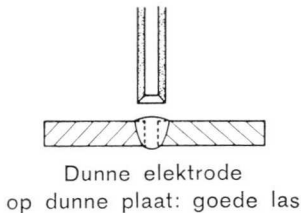
Indien de hoek met de voortlooprichting te groot wordt, dan kan de slak vóór de elektrode gaan lopen, waardoor bindingsfouten en slak-insluitingen ontstaan. Bij lassen onder-de-hand is de hoek gewoonlijk ongeveer 70° .

Dwars op de lasrichting:

Deze stand is vooral van belang voor het verdelen van de boogwarmte over de werkstukanten. De stand is vaak loodrecht op het werkstuk. Een andere stand is b.v. nodig bij het lassen van werkstukken van ongelijke dikte.

d. Voortgaande beweging

De boog moet langzaam voortbewogen worden over de lasnaad. De hand van de lasser met de elektrodehouder voert een gecombineerde beweging uit die de elektrode aanvoert en het einde ervan in een bepaalde richting (de lasrichting) verplaatst.



e. Zwaaibeweging

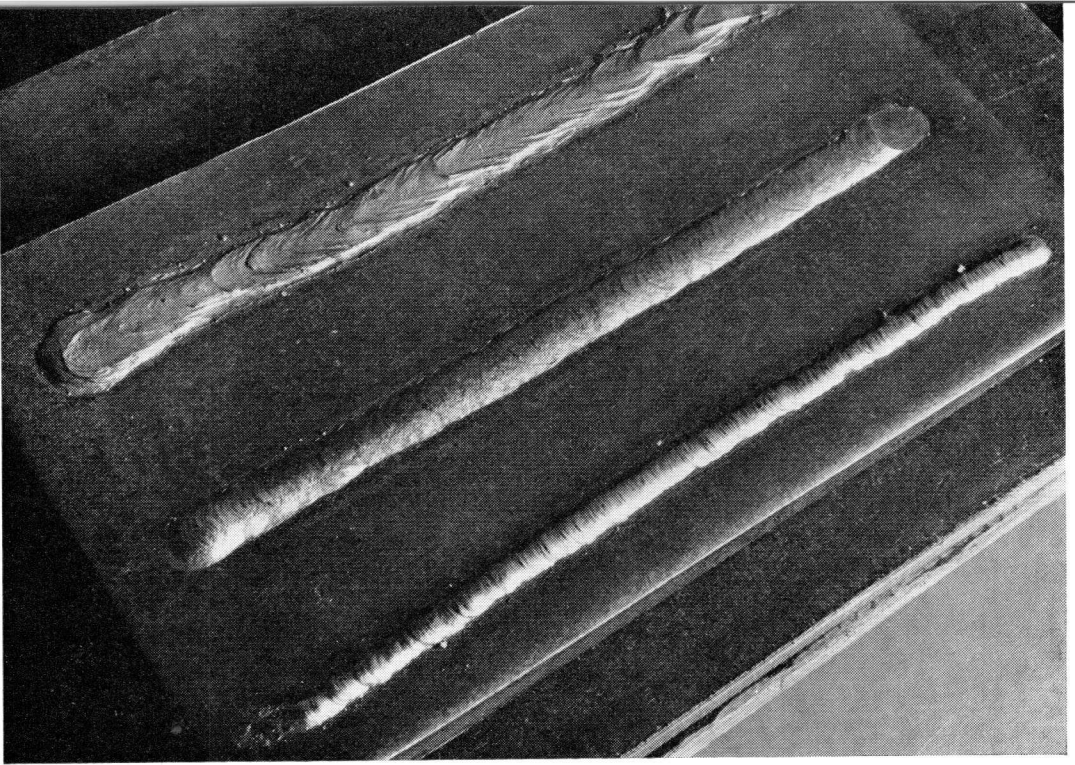
Kan de rups normaal niet breed genoeg gemaakt worden voor een bepaald doel, dan wordt het einde van de elektrode over een korte afstand heen en weer gezwaaid. Dit moet regelmatig gebeuren om een uiterlijk te verkrijgen dat strak van tekening is. Zwaaien vergroot echter de kans op lasfouten (slakinsluitingen). Indien mogelijk, is het beter en economischer om in plaats van zwaaien, een dikkere elektrode toe te passen.

INBRANDING

De hitte van de boog doet het werkstuk smelten tot op een bepaalde diepte (de inbranding). Dit gesmolten metaal vermengt zich met het (eveneens gesmolten) lasmetaal en vormt daarmee na stolling een hechte eenheid. De booghitte moet dus voor de inbranding zorgen. De hitte die aan het werkstuk wordt toegevoerd, wordt echter niet helemaal gebruikt voor de las. Het hele werkstuk wordt warm en ook de boog straalt hitte uit via de omgevende lucht. Dik materiaal heeft meer hitte nodig om warm te worden dan dun. Met andere woorden: in dik materiaal wordt veel warmte weggevoerd van de lasplaat. Om nu toch genoeg warmte over te houden voor een goede aanvloeiing van het lasmetaal moet de boog dus meer warmte produceren. Dit wordt bereikt door de stroomsterkte te verhogen. Iedere elektrode kan echter slechts een bepaalde maximum stroomsterkte verdragen, afhankelijk van de diameter. Bij hogere stroom moet dus in het algemeen een dikkere elektrode worden genomen.

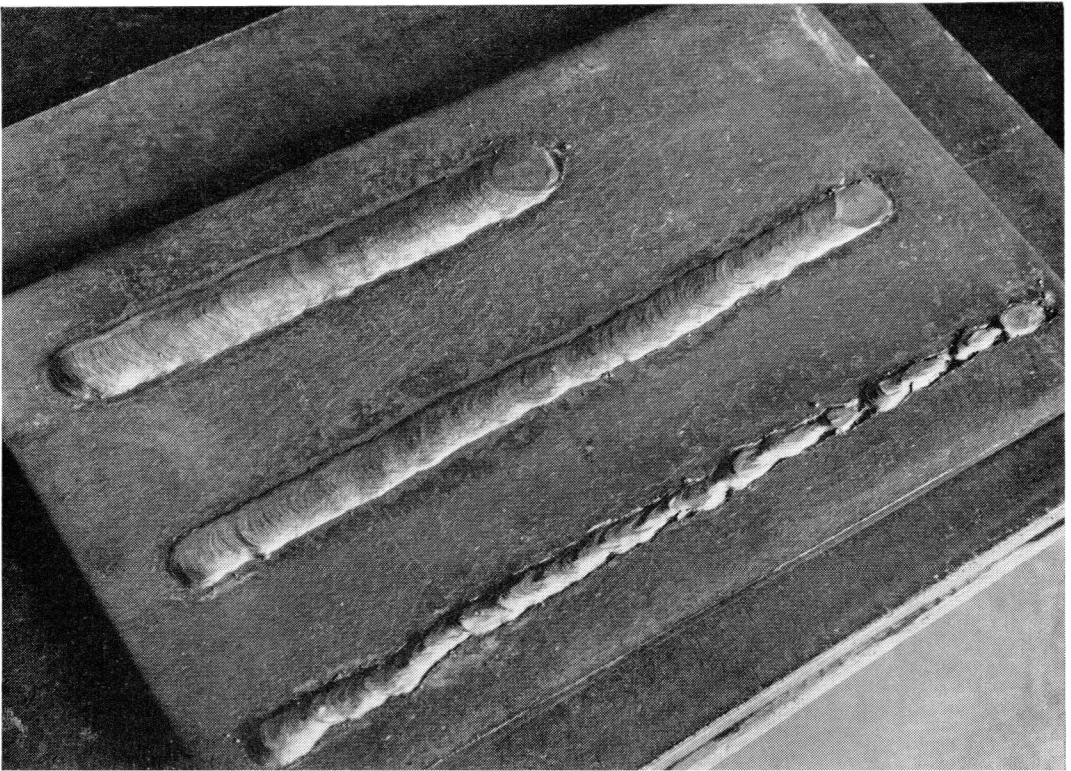
Via deze redenering is nu dus duidelijk waarom dit materiaal met dikke, en dun materiaal met dunne elektroden worden gelast.

Het juist beoordelen van de warmteverdeling is in de lastechniek hoogst belangrijk en de verklaring van vele fouten en problemen kan, bij een goede beredenering, direct hieruit worden gevonden.



Van boven naar beneden:
te hoge, juiste en te lage stroomsterkte

Van boven naar beneden:
te trage, en te grote voortloopsnelheid



Lasbewegingen II

De beoordeling van de warmtebesteding (zie vorige les) heeft niet alleen betrekking op de stroomsterkte (dus: keuze van de juiste elektrode-diameter), doch evenzeer op de bewegingen die met de punt van de elektrode worden uitgevoerd.

Immers te langzaam of te snel voortlopen, te korte of te lange boog, te beverig lassen heeft allemaal invloed op de verdeling van de beschikbare booghitte.

Het is van belang om te weten wat er bij het maken van fouten gebeurt en om de meest gebruikelijke lasfouten te kunnen herkennen. Bij goed begrip hiervan is het namelijk veel gemakkelijker om deze fouten te vermijden.

- **Te lage stroomsterkte.** Te weinig hitte en dus onvoldoende inbranding, te snelle stolling van lasmetaal en niet uitvloeien daarvan, waardoor een las met onregelmatig en bol uiterlijk ontstaat.
De elektrode smelt onregelmatig af en de boog is slecht te onderhouden. Ook het starten gaat moeilijk.
- **Te hoge stroomsterkte.** Te veel hitte, dus diepe inbranding en kans op doorsmelten van de plaat. De elektrode smelt te snel af en het bad is te dun vloeibaar. De lasrups wordt breed en plat en geeft inkarteling langs de randen. De stuwende werking van de boog maakt dat het uiterlijk van de las een langgerekte tekening krijgt. Door overbodige gasontwikkeling (er zit altijd een beetje vocht in de bekleding), veel spatten. De elektrode wordt te heet met de kans dat de bekleding aan het einde haar eigenschappen verliest, doordat bepaalde bestanddelen verbranden.
- **Te snelle toevoer** van de elektrode. Als de toevoer groter is dan het tempo waarin de elektrode opsmelt, wordt de boog korter en korter, tot de punt van de elektrode het werkstuk raakt. Op dat ogenblik wordt kortsluiting gemaakt, de boog dooft en de elektrode „vriest vast”.
- **Te langzame toevoer** maakt dat de boog steeds langer en breder wordt. De boog gaat flakkeren, moet een te groot oppervlak verhitten en doet



dat natuurlijk niet voldoende. De inbranding wordt dus te gering. De afsmeltende druppels verliezen hun richting en vallen her en der neer. Er ontstaat een zeer onregelmatige, slecht ineenvloeiende lasrups.

- **Te grote voortloopsnelheid** heeft een te geringe inbranddiepte tot gevolg. De verwarming van het werkstuk is namelijk van te korte duur om voldoende metaal tot smelten te brengen. De aanvloeiing met het werkstuk is dus ook slecht; bovendien wordt geen mooie, aangesloten rups gevormd, maar liggen de druppels lasmetaal te ver van elkaar af. Dit geldt ook voor de slak. De rups wordt smal en „hobbelig”.
- **Te kleine voortloopsnelheid.** Het lasmetaal wordt opgestuwd tot een brede en bolle rups. De boog is op het neergesmolten metaal gericht waardoor de inbranding in het werkstuk slecht wordt. De slak is moeilijk te beheersen, loopt tegen het einde van de elektrode op of gaat voor de boog uit lopen, waardoor insluitingen ontstaan.
- **Te breed of te langzaam zwaaien.** Bij zwaaien moet er aan gedacht worden dat het smeltbad over de hele breedte van de rups vloeibaar wordt gehouden. Dit wordt bereikt door de zwaaiende beweging vrij snel uit te voeren en de boog iets langer (lees: breder) te maken (behalve voor basische elektroden). Het voortlooptempo van de las wordt enigszins vertraagd.

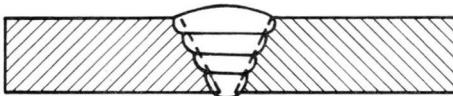
Stompe lasverbindingen (zonder spleet)



T-NAAD (EENZIJDIG GELAST)



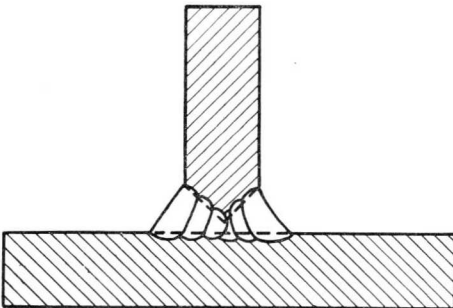
I-NAAD (TWEEZIJDIG GELAST)



V-NAAD

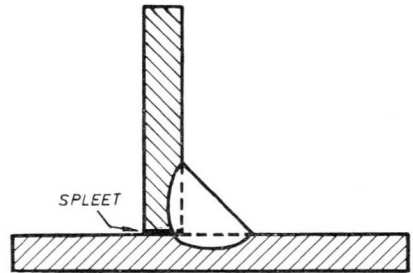


X-NAAD

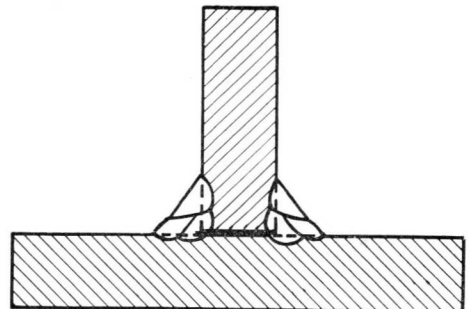
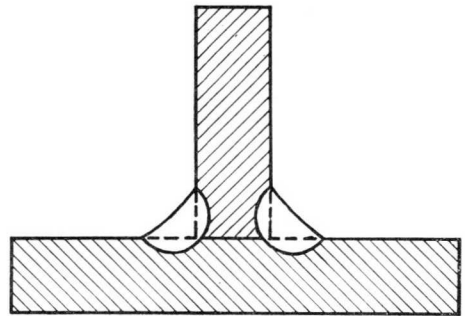


K-NAAD

Hoeklassen (met spleet)



Te dikke las in dunne plaat



Vorbewerkingsmethoden, lasnaadvormen

VOORBEWERKINGSMETHODEN

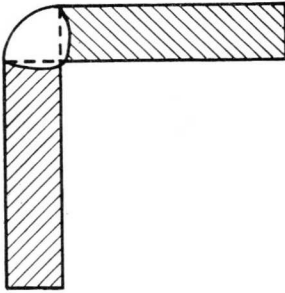
Er zijn verschillende methoden om delen die gelast moeten worden, van te voren de juiste afkanting te geven. Het spreekt vanzelf dat voor ieder geval de meest praktische voorbereiding moet worden gekozen. Een kant die gezaagd of autogeen gesneden kan worden, gaat men natuurlijk niet op de schaaftank bewerken, want dit is veel te duur. Indien men daarentegen in een bepaald geval kan volstaan met geknipte randen, maar er is geen geschikte knipschaar aanwezig, dan schaft men zich die niet speciaal aan, maar past liever het op zichzelf duurdere zagen toe als dat wèl mogelijk is. De meeste lasnaadvormen kunnen met verschillende bewerkingsmethoden worden gemaakt en het hangt dus van de omstandigheden af, welke methode in een bepaald geval de meest geschikte is. Afhankelijk van de vorm die de lasnaad moet krijgen en van de geëiste nauwkeurigheid, kan men knippen - zagen - vijlen - snijden - slijpen - draaien - schaven of frezen. De meest toegepaste methoden zijn snijden en schaven. De minst aan te bevelen manier is knippen, omdat het materiaal daarmee nogal vervormd wordt en er scheurtjes kunnen ontstaan aan de knipkanten. Overigens hebben alle methoden zowel voor- als nadelen.

LASNAADVORMEN

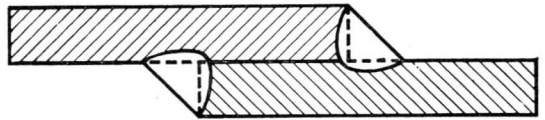
In de loop der jaren is vanzelfsprekend met allerlei naadvormen geëxperimenteerd. De vormen, zoals die nu bekend zijn, zijn dus echt het resultaat van veel ondervinding. De lastechniek bezit nu een aantal lasnaadvormen die te zamen alle mogelijke methoden van aanbouw van werkstukken mogelijk maken. Natuurlijk komt het wel eens voor dat een bedrijf voor een bepaald werk een naadvorm een beetje gaat wijzigen, maar in het algemeen kan men zeggen dat de lasnaadvormen zoals ze nu bestaan, alle mogelijkheden van de lastechniek dekken. Het is een merkwaardig feit, dat er nooit meer behoefte blijkt te bestaan aan een naadvorm die in **beginsel** nieuw is en afwijkt van de bestaande vormen.

Er kan een indeling gemaakt worden van de lasnaadvormen naar de typische verschillen die zich bij de diverse lasverbindingen voordoen.

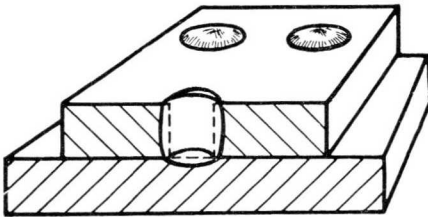
Bijzondere lasverbindingen



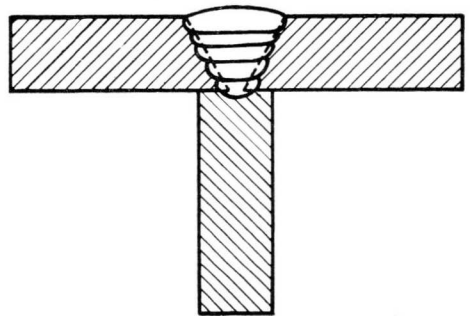
BUITENHOEKLAS



OVERLAPLAS

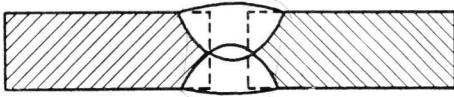
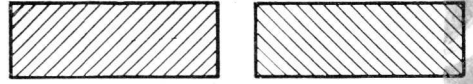
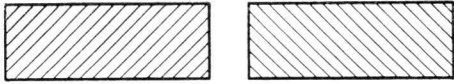


PROPLAS



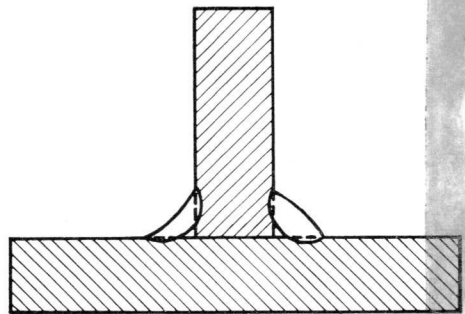
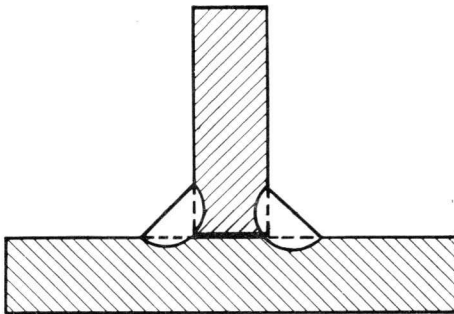
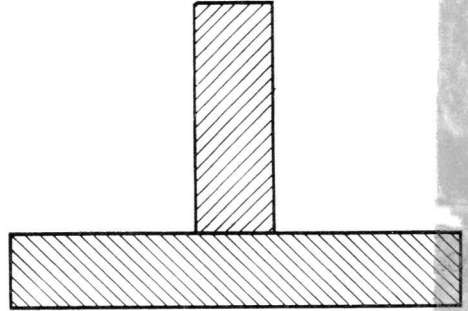
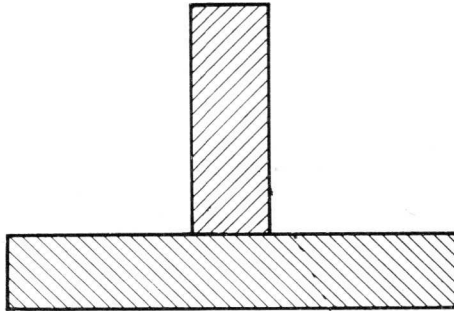
OPGELEGDE V-LAS

- A. Bij een **stompe** lasverbinding wordt tussen twee werkstukdelen een z.g. spleetloze las gemaakt, onverschillig onder welke hoek de beide delen ten opzichte van elkaar zijn geplaatst.
Stompe lasverbindingen zijn o.a. T-, I-, V- en X-naden, waarbij de werkstukken in elkaars verlengde liggen.
Bij een K-naad, die niet verder in deze cursus wordt besproken, staan beide delen (soms) onder een hoek van 90° ten opzichte van elkaar. Ditzelfde is het geval bij een zg. buitenhoeklas.
- B. **Lasverbindingen met hoeklassen** hebben dus eigenlijk, gezien het bovenstaande, niets te maken met de hoek tussen deze beide. Deze naam heeft desondanks burgerrecht verkregen dank zij het feit dat, als twee platen onder een hoek aaneen gelast worden, **gewoonlijk** een spleet tussen beide overblijft. Die lasverbindingen die men samenvat onder de naam hoeklassen, zijn dus altijd verbindingen waarbij een spleet blijft bestaan. Dit is het werkelijke verschil met de stompe lasverbindingen. Het spreekt wel vanzelf dat beide lasvormen betrekking hebben op goede lassen. Een las die als stompe verbinding bedoeld is, doch een spleet vertoont, wordt daardoor geen hoeklas, maar blijft een stompe las met een fout. Het verschil wordt duidelijk genoeg als in de volgende les enkele lasvormen behandeld zijn.
- C. **Bijzondere lasverbindingen.** Er zijn enkele lasvormen die niet geheel onder vorige groepen kunnen worden gerangschikt. Deze worden de „bijzondere” verbindingen genoemd.



GOEDE STOMPE LAS

FOUTE STOMPE LAS



GOEDE HOEKLAS

FOUTE HOEKLAS

Lasnaadvormen, elektrodekeuze I

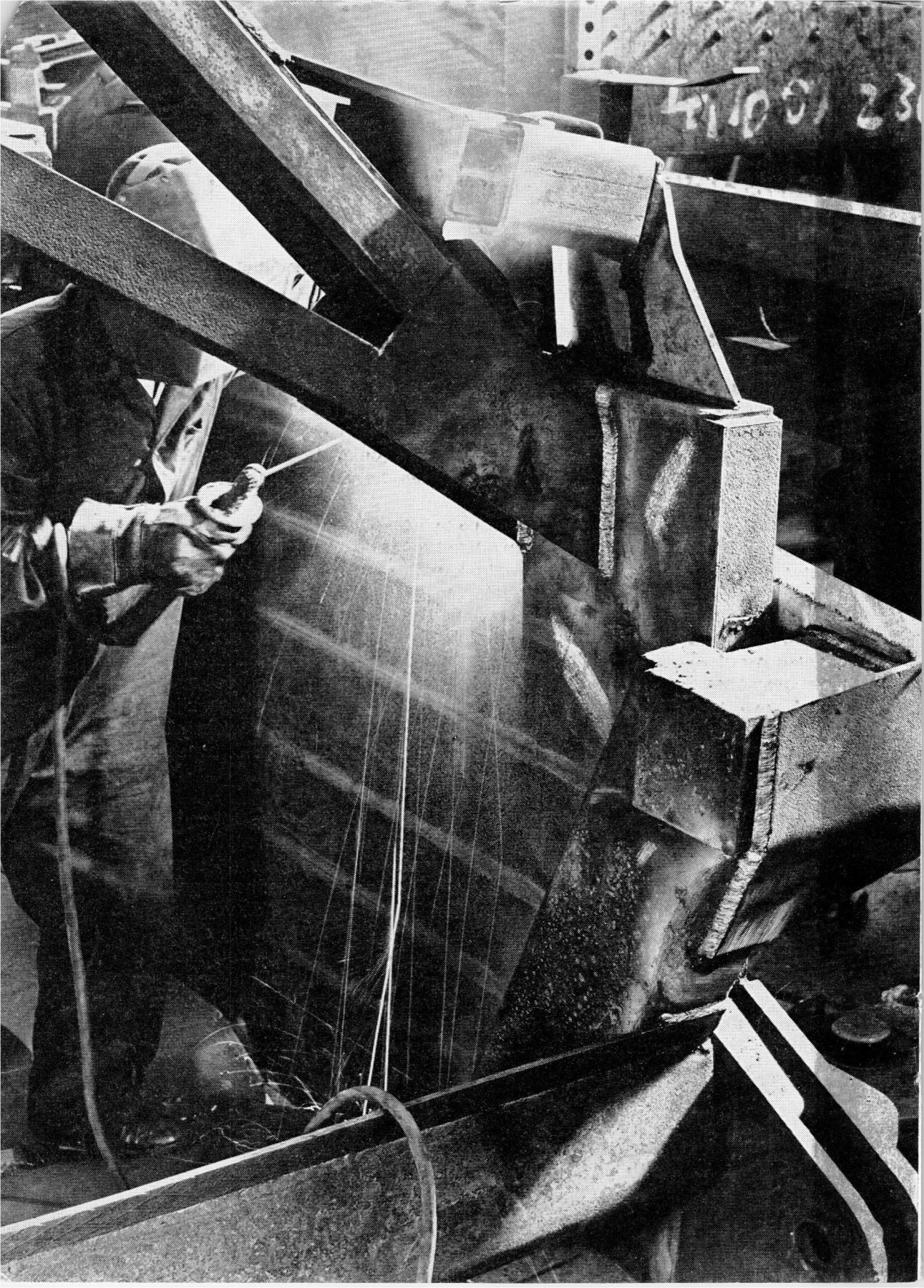
De lasnaadvormen die aankomende lassers in de praktijk ontmoeten, worden nu nader bekeken.

A. DE STOMPE LASSEN

Wanneer twee platen in elkaars verlengde moeten worden verbonden, is een eerste vereiste, dat de las even sterk is als de plaat. De las moet dus in ieder geval even dik zijn als de plaat. Zit er in het hart van de las een gat of zijn de plaatdelen niet door en door verbonden (de „spleet” uit de vorige les) dan is de doorsnede van de las kleiner dan die van de plaat en is de las fout en onbetrouwbaar.

Is de plaat erg dun dan kan met één lasrups de hele plaatdikte gelast worden. De hitte van de boog is dan voldoende om het werkstuk tot aan de onderzijde tot smelten te brengen. Als de plaat wat dikker is kan dit smelten een handje geholpen worden door de plaatdelen iets van elkaar af te houden, waardoor de hitte van de boog beter kan doordringen tot de te lassen kanten. De afsmeltende druppels van de elektrode zorgen dan wel dat deze z.g. vooropening wordt volgegoten. Bij nog dikkere plaat worden de plaatranden niet meer gesmolten. Er blijft dus, aan de tegenzijde van de las, een groef over. In dat geval moet de plaat worden gekeerd en dient aan deze tegenzijde eveneens een las te worden gemaakt. De las wordt dan dus tweezijdig uitgevoerd. In het eerste geval spreekt men van een T-las, in het tweede geval van een I-las.

De elektroden die worden gebruikt, zijn van een type dat traagstollend is (dit werkt immers snel en tijd is geld) doch de zure elektroden zijn iets te dun vloeibaar voor dit werk. De aangewezen soorten zijn dus de traagstollende en de middelmatig-traagstollende rutielelektroden. Voor het bepalen van de diameter van de elektroden kan in het algemeen steeds de volgende redenering worden opgezet: 1e welke stroomsterkte heb ik nodig om de juiste hoeveelheid warmte in mijn werkstuk te krijgen; 2e welk type elektrode moet ik, vanwege zijn laseigenschappen, voor een bepaald werk kiezen, en 3e hoe groot moet de diameter van de elektrode zijn om gelast te kunnen worden met de bedoelde stroomsterkte. Er spelen nog andere factoren een rol bij het kiezen van de elektrode-diameter, maar de op te wekken hoeveel-

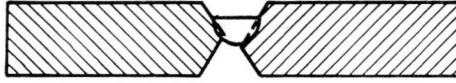
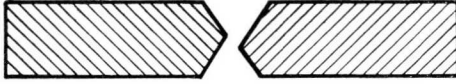


heid warmte (die bepaald wordt door de stroomsterkte) is de voornaamste. Wordt de plaat zo dik dat ook met tweezijdig lassen geen goede doorlassing kan worden verkregen, dan moet naar een andere mogelijkheid worden gezocht teneinde toch over de gehele plaatdoorsnede tot smelthitte te kunnen komen. Dit is het geval wanneer de plaatdikte boven de 6 mm komt. De voor de hand liggende oplossing is de opening tussen de platen aan één kant te verruimen, zodat men met de booghitte, in deze ruimte tot aan de onderkant van de plaat kan komen.

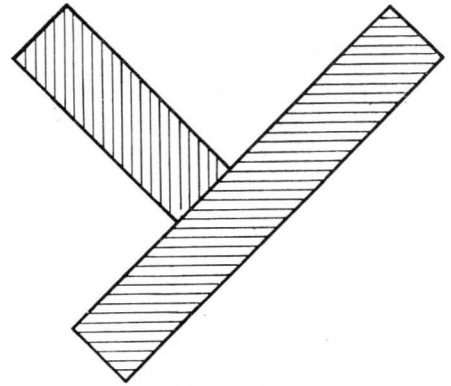
Tussen de platen ontstaat een V-vormige opening; deze voorberekingsvorm staat bekend als V-naad. We kennen de gesloten en de scherpe V-naad. De gesloten naad heeft een staand kantje aan beide helften, die tegen elkaar gedrukt worden. Het gootje dat dan ontstaat, wordt met traagstollende elektroden, dus van het zure of rutiel-type, gevuld in zoveel lagen als nodig is. De doorlassing is echter vanwege die staande kant niet volledig en er wordt dus aan de tegenzijde nog een las gelegd, meestal na halfmond uithakken van het niet-gelaste deel van de voeg. Dit laatste doet men om de doorlassing volledig te maken, terwijl bovendien de overdikte van deze tegenlas wordt verminderd. De tegenlas moet worden gemaakt vóór de krimp van de laslagen in de V de onderzijde opentrekt en hier scheuren veroorzaakt. Over deze krimp staat in les 11 en 12 meer. Gewoonlijk maakt men de tegenlas na de las voor ca. $\frac{1}{3}$ te hebben gevuld.

De scherpe V-naad wordt gehecht met een vooropening van 3 mm. Het is mogelijk om met basische elektroden (eventueel snelstollende rutiel-elektroden) een grondlaag te maken met goede doorlassing. Uithakken en tegenlassen is daardoor meestal overbodig. Het lassen van deze grondlaag vereist echter nogal wat vaardigheid en een goede beheersing van het smeltbad. Het lasmetaal moet nl. aan de achterzijde van de las een goed aangevloeid rupsje vormen op het plaatoppervlak. De vulling van beide soorten V-naden geschiedt met traagstollende elektroden (snel werk) die tevens goed aanvloeien tegen de kanten van de V, zodat daar slakinsluitingen en kerven worden vermeden. Het aantal lagen waaruit de vulling bestaat, hangt af van de plaatdikte.

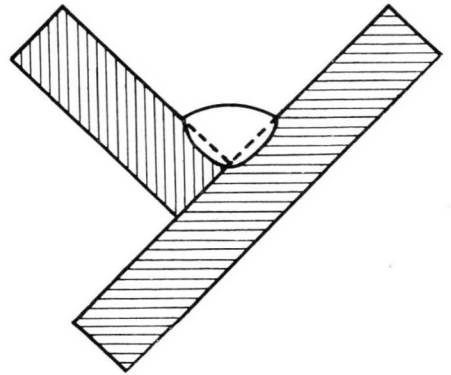
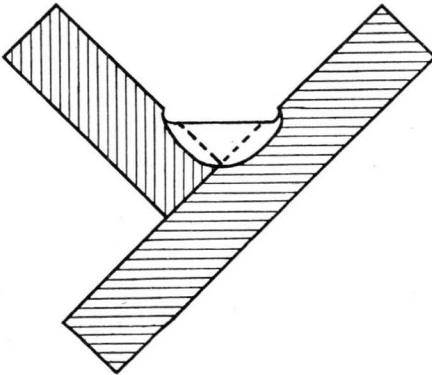
Als gemiddelde kan men aannemen dat per laslaag ca. 3 mm gevuld wordt. Het is duidelijk dat de grondlaag wel dikker zal worden, terwijl de sluitlaag (de breedste, die ook vaak gezwaaid moet worden) zeker géén 3 mm dikte zal halen. De reeds terloops genoemde krimp van de lasnaad is grotendeels afhankelijk van het aantal lagen waaruit de las is opgebouwd. Is de te lassen plaat dus erg dik, dan kunnen de krimp, en de hoekverdraaiing die daarvan het gevolg is, misschien zó groot worden dat ze niet meer aanvaardbaar zijn. Dit wordt een probleem als de plaat boven de 20 mm dikte wordt. We gaan dus weer zoeken naar een vorm om tweezijdig te kunnen lassen.



Meest voorkomende fout bij de voorbereiding van X-naden
Grondlaag smelt beide punten NIET om



Liggende hoeklas



Fouten in liggende hoeklas

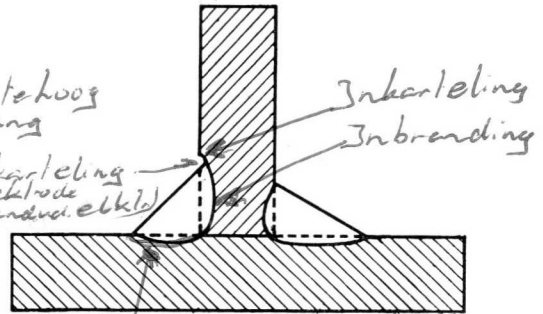
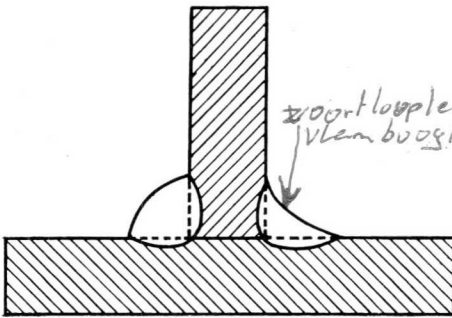
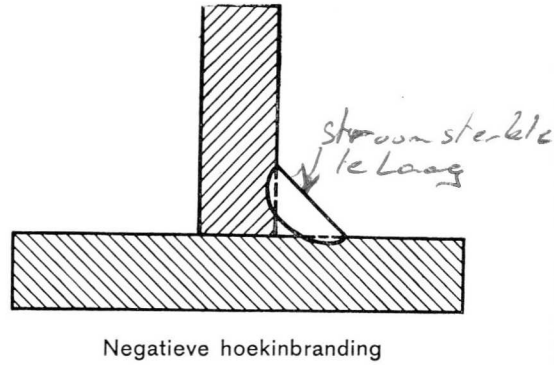
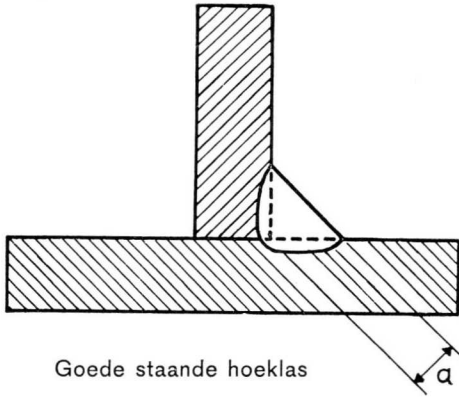
Lasnaadvormen, elektrodekeuze II

Indien we de V-voorbewerking veranderen in een X-voorbewerking is dit doel bereikt. Als we daarbij de laslagen in beide delen van de X om en om leggen, kan de hoekverdraaiing ook niet meer optreden. Dit is een punt in het voordeel van de X-naad. Een ander voordeel is dat de vulling van de X-naad de helft is van die van de V-naad bij gelijkblijvende plaatdikte. Ondanks deze gunstig factoren wordt de X-naad echter niet zoveel toegepast omdat de voorbereiding duurder is, en ook vaak moeilijk nauwkeurig af te werken. Bovendien is de kans vrij groot dat in de doorlassing van de grondlaag fouten worden gemaakt (meestal onvoldoende aanvloeiing óf te zware doorlassing). Men moet dan de tegenzijde uithakken wat geld kost en dus erg ongewenst is, óf de fouten laten zitten (en slakkenbanen veroorzaken) wat al even ongewenst is. Het beoordelen welke voorbereiding aan een dikke plaat moet worden gegeven is dan ook een ernstige zaak voor de constructeur of de lastechnicus.

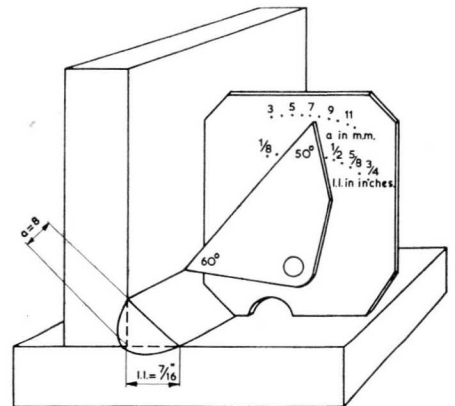
B. HOEKLASSEN

Hoeklassen kunnen liggend en staand worden uitgevoerd, andere lasposities worden althans hier niet besproken. Men mag veilig aannemen dat de hoeklas de meest toegepaste lasverbinding is en men mag tevens aannemen dat met deze lasvorm de meeste fouten worden gemaakt. Indien iemand die praktisch nooit last, een hoeklas moet maken dan zal het in de meeste gevallen vereist zijn dat de twee plaatstukken vrijwel haaks op elkaar moeten worden bevestigd. Krijgt hij het gedaan dat de stukken aan elkaar vast blijven zitten, dan acht hij zich al half lasser en deinst hij verder nergens meer voor terug. Zou zo'n man echter eens een hoeklas moeten maken die door een constructeur bij een bouwwerk is voorgeschreven, dan zouden zijn fouten de las beslist waardeloos en de constructie onbetrouwbaar maken. Het maken van een goede hoeklas is nl. helemaal geen eenvoudige opgave en eist een behoorlijke ervaring.

In een liggende hoeklas vallen de moeilijkheden wel mee. D.w.z. als de lasser de juiste elektrode, de juiste stroomsterkte en de juiste elektrodestand kiest, kan hij, als hij kijkt heeft op het lassen, een foutloze verbinding maken. De geschikte elektrode is het traagstollende type (zure elektroden of het snelle rutieltype).



Fouten in staande hoeklas *stroomsterkte te hoog*



Hoeklasmeter

Deze is immers snel (tijdbesparing) en hoe langzamer het bad stolt, hoe vlakker het uiterlijk wordt. De grootste kans op fouten loopt men aan de zijkanten, waar nauwkeurig moet worden gelet op de aanvloeiing.

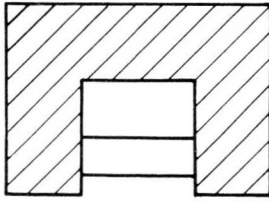
Bij de staande hoeklas liggen de omstandigheden iets anders. Hier moet immers vloeibaar metaal tegen een verticaal vlak worden opgestuwd. Men is geneigd te beginnen met een sneller stollende elektrode, maar dat is beslist niet goed.

Om lastechnische redenen kiest men ook hier de zure of de traagstollende rutiël-elektrode. Dat het niet meevalt om dan een las te maken die niet onderuit zakt en die aan de bovenlaag geen inkarteling vertoont, is begrijpelijk. Andere fouten zijn een holle of bolle las (alleen de gestrekte las is goed).

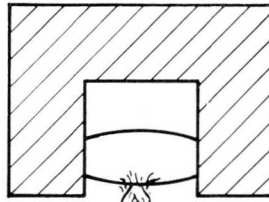
Nóg een ernstige fout die echter niet aan het uiterlijk te zien is, is onvoldoende of negatieve hoekinbranding. Een goed gekozen elektrodestand, een vaste hand en een goed begrip van wat er in en om het smeltbad gebeurt, zijn nodig om alle genoemde fouten te vermijden.

Hoeklassen worden in verschillende dikten uitgevoerd. De dikte wordt aangegeven met de zg. „a”-hoogte; de lengte van de loodlijn vanuit de hoek gedacht op het vlak van de las. Er bestaat verband tussen deze „a”-hoogte en de dikte van de platen (d) die gelast worden, en wel $a = 0,6 \times d$. Zijn de platen die gelast worden 5 mm dik, dan moet een las gemaakt worden met een a van 3 mm. Zijn de platen 20 mm dik dan is de vereiste a-hoogte 12 mm. Dit alles geldt als de hoeklas tweezijdig wordt uitgevoerd, wat in constructiewerk eigenlijk altijd het geval is. Er is ook verband tussen de a-hoogte van de las en de elektrode-diameter. Last men, zonder forceren, een hoeklas met een zure- of rutiël-elektrode, dan krijgt men een laslengte van 25 à 30 cm en een a-hoogte die ongeveer gelijk is aan de elektrodediameter. Moet men dus een a van 3 mm lassen, dan kiest men een elektrode van $3\frac{1}{4}$ mm, voor een a van 5 mm, elektrode van 5 mm. (Voor contact-elektroden gelden deze normen niet omdat deze speciaal ontwikkeld zijn voor het verkrijgen van een grote neersmelt). Het smeltbad van nog dickere elektroden wordt echter zo groot en onhandelbaar dat men in een **staande** hoeklas eigenlijk geen elektrode met een diameter groter dan 5 mm mag gebruiken. Moet een groter a worden verkregen dan moet men in meer lagen gaan lassen.

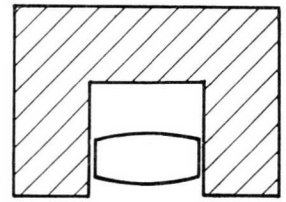
Voor een hoeklas in het gootje geldt deze grens niet. Het lasmetaal kan toch nergens heen en komt dus automatisch goed terecht. Het uiterlijk wordt er echter niet mooier op bij gebruik van zeer dikke elektroden. Daarom kan, ook in het gootje, de elektrodediameter toch wel eens beperkt worden. Wordt de las dan te breed in verhouding tot de elektrode dan moet gezwaaid worden.



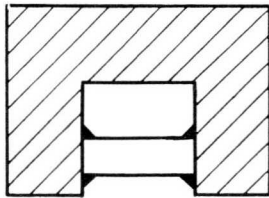
PROEF A



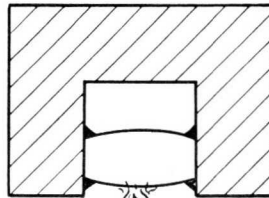
STAAF DIKKER



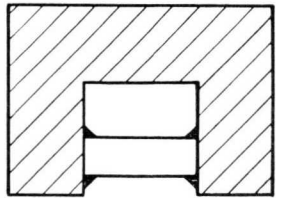
STAAF DIKKER EN KORTER



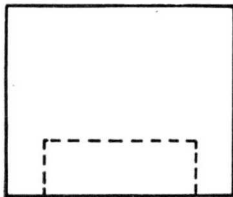
PROEF B



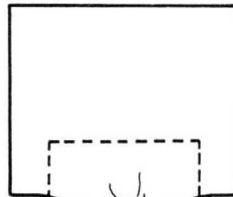
STAAF DIKKER



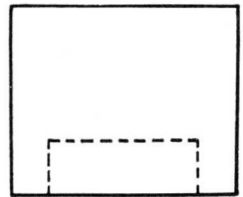
STAAF HEEFT OORSPRONKELIJKE VORM TERUG



PROEF C



PLAATSELIJK UITZETTING

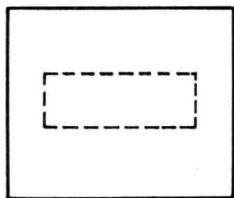


OORSPRONKELIJKE VORM TERUG

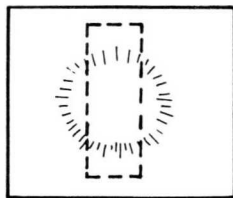
Uitzetting en krimp

Als een stuk staal wordt verhit, zet het uit. Krijgt het gelegenheid om af te koelen, dan krimpt het weer in. Worden er van buitenaf geen krachten uitgeoefend op dit stuk staal, dan hebben uitzetting en krimp plaats in alle richtingen, dus zowel in de lengte als in de breedte en in de dikte. Wordt die uitzetting of krimp echter in een bepaalde richting verhinderd, dan kunnen er aardige verschijnselen optreden en deze gaan we in een serie denkbeeldige proefjes eens bekijken.

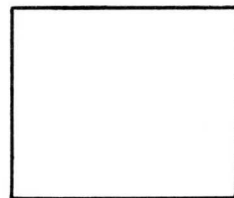
- a. **Een vierkante staaf van $300 \times 20 \times 20$ mm staal wordt vastgeklemd tussen twee zware blokken en in het midden verhit.** Uitzetting is alleen mogelijk in de breedte en in de dikte. Bij afkoeling heeft krimp plaats, echter wèl in alle richtingen, want er is niets om dat te verhinderen. Lengte, breedte en dikte worden dus kleiner. De staaf valt tussen de blokken uit. Vergelijken bij de uitgangsvorm (vóór de verhitting) is de staaf nu dus iets korter geworden en iets breder en dikker. Het model is veranderd.
- b. **Eenzelfde staaf wordt geklemd maar tevens vastgelast.** Uitzetting in de lengte wordt weer verhinderd. Krimp in de lengte wordt echter ook verhinderd. Resultaat: geen vormverandering.
- c. **Een staalplaat van $500 \times 500 \times 20$ mm wordt aan een zijkant, in het midden verhit.** Er is een grote overeenkomst met het vorige proefje. Vergelijk een strook van $300 \times 20 \times 20$, uit deze plaat, die in het midden verhit wordt met de staaf van proef b. U kunt zich voorstellen dat de rest van de plaat dezelfde functie heeft als de klemmen waartussen de staaf was vastgelast. De plaat blijft nl. koud en is even stijf en onwrikbaar als de klemmen. Gevolg: uitzetting en krimp in breedte en dikte en geen vormverandering.
- d. **Dezelfde plaat wordt nu in het midden verhit.** Uitzetting in de lengte wordt weer verhinderd omdat de plaat in de breedte koud blijft. Uitzetting in de breedte wordt eveneens verhinderd omdat de plaat in de lengte koud blijft. Lengte en breedte zijn immers even groot en werken ten opzichte van elkaar hetzelfde. Gevolg: alleen uitzetting en krimp in de dikte; geen vormverandering.



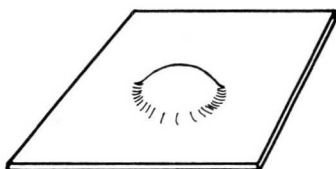
PROEF D



VERHITTING IN HET MIDDEN
VERDIKKING VAN HET
MATERIAAL



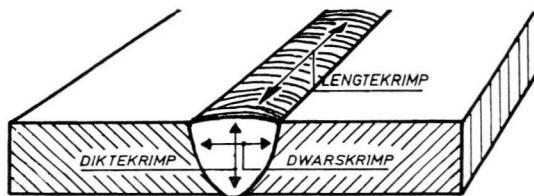
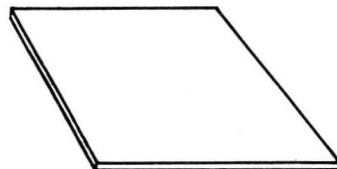
OORSPRONKELIJKE VORM
TERUG



PROEF E



PLAAT VLAKGETROKKEN



Krimrichtingen bij het lassen

- e. **Dezelfde plaat is gevallen en is in het midden gedeukt.** Ten opzichte van een vlakke plaat zit er in het midden dus eigenlijk teveel ruimte. Bij verhitting in het midden krijgen we uitzetting in de dikte. Krimp heeft echter plaats in alle drie richtingen want de ruimte in het midden laat dit immers toe! Resultaat: de plaat is weer vlak geworden, of in ieder geval vlakker.

Dit is het grondbeginsel van het richten en vlakken van stalen constructies door middel van plaatselijke verhitting. Dat er in de praktijk wel een beetje ervaring bij komt kijken is een andere zaak. De genoemde verschijnselen zijn van groot belang bij het lassen. Iedere las gaat immers gepaard met verhitting en afkoeling en daarom ook met uitzetting en krimp. Kunnen beide vrij optreden dan zijn de problemen te overzien, maar wordt gelast aan een werk waarin stugge verbindingen voorkomen, dan kunnen de verwachte (en onverwachte) krimpverschijnselen de constructeur voor de grootste moeilijkheden plaatsen.

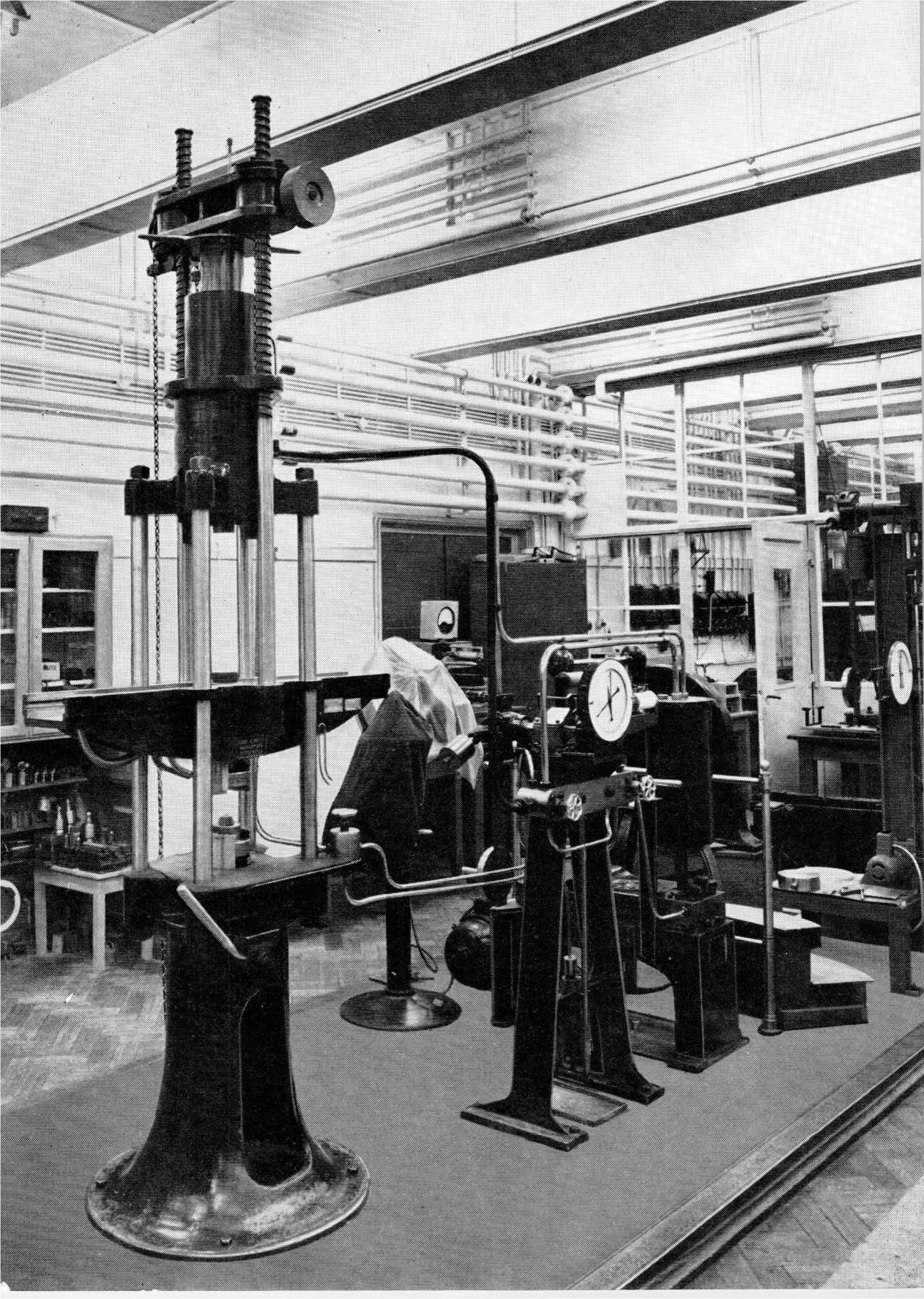
Laten we eens kijken wat er gebeurt bij het lassen van een eenvoudige V-naad, die vrij kan uitzetten en krimpen. De uitzetting is niet van zoveel belang voor ons, o.a. omdat het metaal van de elektrode al is uitgezet (het is immers gesmolten), voordat het het werkstuk bereikt. Waar het op aan komt is de krimp. Deze treedt op in alle richtingen en we spreken van langskrimp, dwarskrimp en diktekrimp. Van de langskrimp merken we in een V-naad niets. Zouden we dunne plaat lassen, dan zou de langskrimp het hele werkstuk vervormen en zou het gaan golven. Een plaat voor een V-naad is echter zo dik dat deze niet vervormt. Wat er dan wel gebeurt, wordt straks besproken.

De dwarskrimp is van groot belang. In de grondnaad trekt deze de platen naar elkaar toe. In de volgende lagen doet ze dit ook, maar dan is er een grondnaad aanwezig die al grotendeels is afgekoeld en niet verder meer kan krimpen. De plaatdelen gaan dus scharnieren om de grondnaad en hierop berust de vervorming die bij een V-naad optreedt.

De diktekrimp is zo klein dat ze geen rol speelt.

Lassen we een X-naad dan treedt bij iedere laag evengoed dat scharnieren op tengevolge van de dwarskrimp. Door om en om aan beide zijden te lassen, wordt de vervorming iedere keer weer rechtgetrokken, maar wat gebeurt er dan met de dwarskrimping? Is die er nu of is die er niet?

Natuurlijk is de dwarskrimp er; er moet iets gebeuren als het materiaal gaat afkoelen. De beide plathelften van de X worden een beetje in elkaar gedrongen. Maar, net als bij de langskrimp van hierboven, als materiaal volgens menselijke berekening zou moeten krimpen en er gebeurt niets zichtbaars aan het werkstuk, dan vindt er toch inwendig iets plaats in het metaal.



Lasspanningen

Wordt een stuk rond staal een beetje gebogen en laat men het daarna los, dan springt het terug in zijn oorspronkelijke stand. Hetzelfde gebeurt indien het stuk iets wordt uitgetrokken. Het materiaal is dus elastisch.

Trekken we het staafje verder uit, dan veert het bij loslaten nog maar gedeeltelijk terug. Trekken we nóg harder, dan zal het op een gegeven moment breken.

De kracht die we op een staafje moeten uitoefenen om het uit te rekken is niet zo gering. Was het staafje gemaakt van drop, dan zou het wel eerder meegeven. Men zou dus zó kunnen zeggen: het staal trekt harder terug, als we er een kracht op uitoefenen, dan het pijpje drop. Nóg anders gezegd: er worden in het staal spanningen opgewekt die even groot zijn als de krachten die er van buitenaf op worden uitgeoefend.

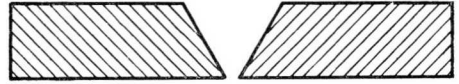
Om die inwendige spanningen is het hier begonnen. Als een werkstuk verhit is en het koelt gelijkmatig af, dan kan de krimp niet vrij uitwerken. Op bepaalde plaatsen wil het materiaal meer krimpen dan het kan (denk aan de V- en X-naden uit de vorige les). Er worden dus **in** het materiaal zelf krachten uitgeoefend die resulteren in spanningen (bij het lassen spreekt men dan van lasspanningen). De grote moeilijkheid is dat die spanningen op geen enkele manier zijn te meten. Men heeft dus sterk metaal, waarvan men zeker is dat er bepaalde spanningen in zitten, maar men weet nooit in welke richting die lopen of hoe groot ze zijn.

Nu komen er twee vragen naar voren:

- a. **Waarom hinderen die spanningen ?**
- b. **Wat kunnen we er aan doen ?**

- a. Stelt u zich een stuk staal voor dat een treksterkte moet hebben van 37 à 41 kg/mm².

Aan een staafje van 10 mm² doorsnede kunnen we dus 370 kg, of misschien nog iets meer hangen. We hangen aan het staafje 300 kg. Er treden dus interne spanningen op ter grootte van een kracht van 300 kg. Daarna hangen we nog eens 150 kg erbij. Het staafje zal nu breken. Nu herhalen we de proef met eenzelfde staafje waarvan we bang zijn dat er waarschijnlijk krimpspanningen in zijn gekomen. We hangen er 300 kg aan en het breekt. Er hebben inderdaad spanningen in gezeten en wel ter grootte van een kracht van minstens 70 kg.



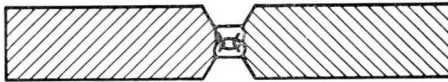
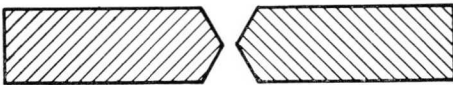
Vóór het lassen



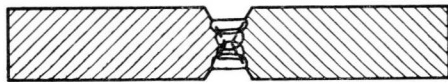
Na de grondlaag is de vooropening grotendeels dichtgetrokken



Door dwarskrimp in de 2e laag vervorming wegens „scharnieren” om grondlaag



Vervorming door dwarskrimp in X-naad



Terugtrekken van de vervorming door om-en-om lassen

Als we de herkomst van het staal niet hadden gekend, hadden we bij 300 kg belasting in een constructie als breuk gekregen, terwijl we dachten dat het materiaal minstens 370 kg zou kunnen houden.

Interne spanningen verlagen dus de grootte van de uitwendige belasting die het staal kan verdragen. Bovendien weten we niet hoe groot deze spanningen zijn en dus ook niet hoe groot de totale belasting mag worden. Spanningen, óók lasspanningen, in het staal zijn dus zéér hinderlijk; ze verzwakken de constructie en maken deze onbetrouwbaar.

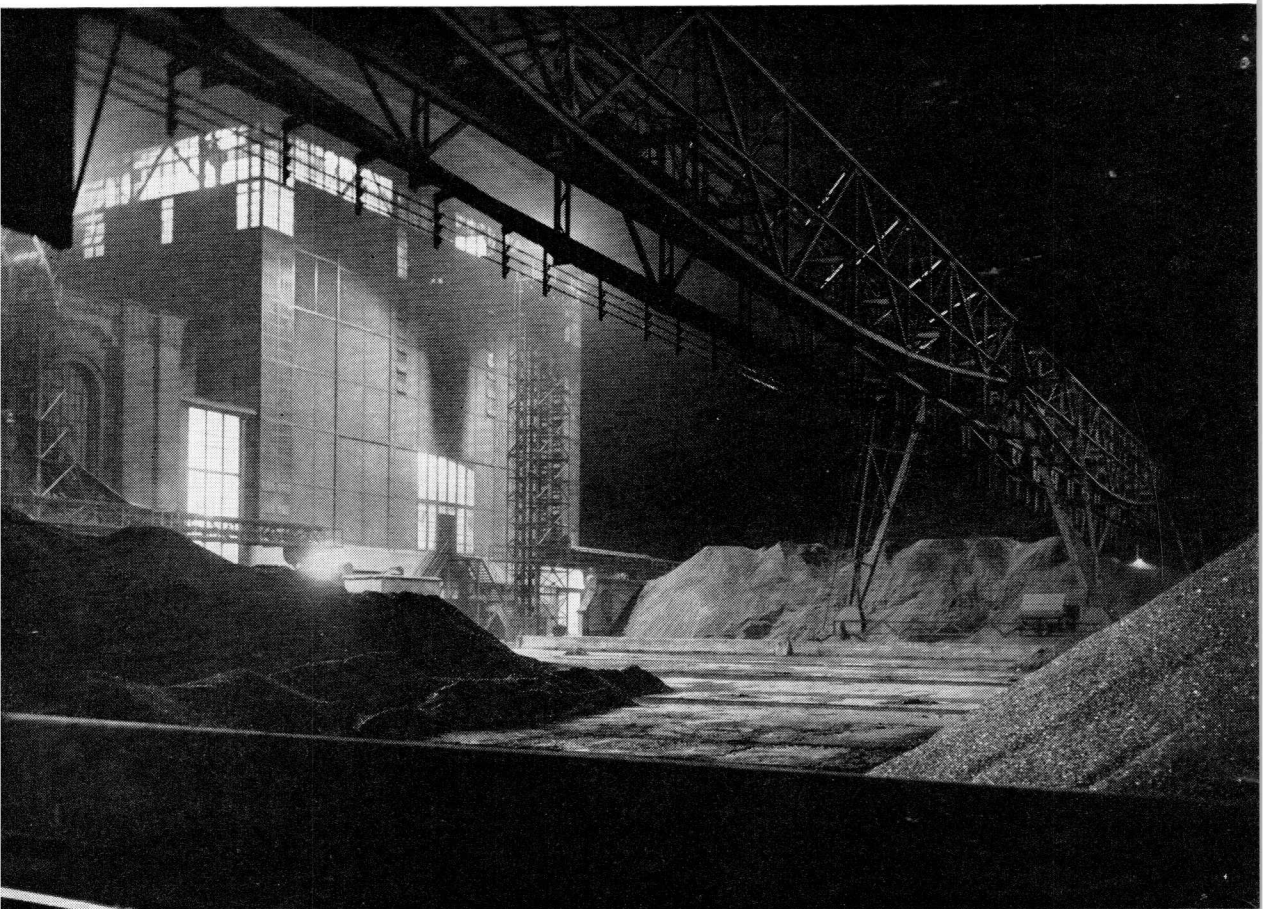
b. Wat kunnen we er aan doen ?

In het begin van de les werd een staafje een beetje ver uitgetrokken, zodat het bij loslaten niet geheel terugveerde. Bij een bepaalde kracht zal het staal dus gaan meegeven. Het voegt zich naar de erop uitgeoefende kracht. Wordt er aan getrokken, dan zal het wat langer en wat dunner worden. Het „vervloeit” van binnen en de grootte van die kracht heet de vloeigrens. De vloeigrens wordt lager naarmate het staal verder wordt verhit. Dit is duidelijk; een dikke spijker die koud slechts met een zware tang te buigen zou zijn, wordt als was als hij even roodheet wordt gestookt. Ook dit buigen is een kwestie van „vloeien”, want de spijker veert immer niet terug in zijn oude stand.

Ligt de vloeigrens van een staafje staal bij normale temperatuur bij 30 kg/mm^2 , dan zal de vloeigrens bij verhitting tot 500° C misschien nog maar 10 kg/mm^2 zijn. Trekt men het dan uit, dan geeft het staafje al mee bij een kracht van 10 kg/mm^2 . Zitten er evenwel interne spanningen in het staafje van b.v. 15 kg/mm^2 , dan vervloeien die ook ! Alleen spanningen van 10 kg of kleiner kunnen blijven bestaan. Als het staafje dan weer rustig afkoelt, weet men zeker dat er geen interne spanningen meer in zitten, groter dan 10 kg/mm^2 . En dat is tenminste iets om mee te kunnen werken.

Lasspanningen kunnen dus verminderd worden door uitgloeien van het werkstuk. In de praktijk is dit echter vaak te duur; men neemt dan zijn toevlucht tot andere methoden of men laat de spanningen zitten. Hoe dat gaat en waarom en wanneer dat mag, kan hier echter niet besproken worden. Dat lasspanningen bestaan en problemen veroorzaken, is voorlopig voldoende wetenschap voor een beginnend lasser.

Een heel andere zaak is, dat een goed lasser er kijk op zal krijgen hoe hij, door een bepaalde lasvolgorde, spanningen zoveel mogelijk kan voorkomen. En daar voorkomen nog steeds beter is dan genezen, loont het de bedrijven om lassers in dienst te nemen die hun werk eerst met verstand bekijken voor zij er op los gaan. Zoals in alle industrieën, is een goed vakman hij, die hoofd èn handen weet te gebruiken.



Elektrische centrale

Elektriciteit

Een elektrische stroom die door een leiding loopt, ondervindt **weerstand**. Is de stroom die door de leiding moet, zwak, dan wordt van de weerstand weinig hinder ondervonden. Is de **stroomsterkte** groot, dan kost het overwinnen van de weerstand veel (in)**spanning**.

We hebben hier drie woorden die het ABC zijn van de elektrotechniek, vet gedrukt.

Deze zijn:

- de **weerstand** die de elektrische stroom ontmoet;
- de **stroomsterkte** die de leiding passeert;
- de **spanning** die achter de stroomsterkte moet zitten om de weerstand te kunnen overwinnen.

Is die spanning laag, dan kan er niet veel stroom door de leiding gebracht worden tegen de weerstand in. Als de spanning groot is en de weerstand heel klein, is de stroom die vloeit, zeer groot.

Er bestaat dus een zeker verband tussen deze drie eenheden. Men kan dit als volgt formuleren:

$$\text{stroomsterkte} = \frac{\text{spanning}}{\text{weerstand}} \quad I = \frac{E}{R}$$

Dit is de **wet van Ohm**.

De spanning wordt uitgedrukt in volt (V), de stroomsterkte in ampère (A) en de weerstand in ohm (Ω). In berekeningen worden ze aangegeven met de

letters E, I en R. Dus $R = \frac{E}{I}$ of, wat eenvoudiger is voor berekeningen:

$$E = I \times R.$$

Het vloeien van een elektrische stroom door een leiding zou geen nut hebben als we er niet iets mee konden doen. De stroom kan lampen voor ons doen oplichten, kan een kacheltje of strijkijzer verhitten of een stofzuiger of wasmachine laten werken.

Kan de stroom dit alleen? Neen, want zonder spanning is er immers geen stroom. Wordt die stroom groter, dan wordt ook het **vermogen** groter. Wordt de spanning kleiner, dan vermindert daardoor het vermogen. Tussen deze drie bestaat dus ook een verband, en wel:

$$\text{vermogen} = \text{spanning} \times \text{stroomsterkte.}$$

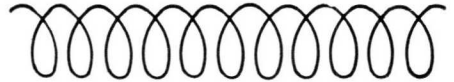
Het vermogen wordt uitgedrukt in watt of kilowatt ($W = E \times I$).

a. Korte dikke leiding: weinig weerstand, weinig spanningsverlies

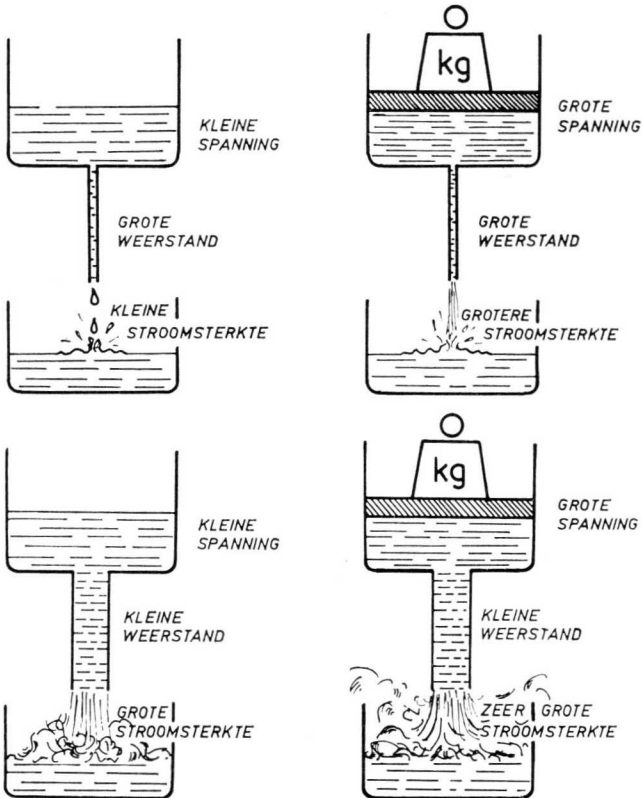


b. Lange dikke leiding: veel weerstand

c. Korte dunne leiding: meer weerstand dus meer spanningsverlies



d. Lange dunne leiding, zeer veel weerstand



De stroomdoorgang wordt wel eens vergeleken met de stroming van water door dunne en wijde leidingen en bij kleine en grote druk (= spanning).

De weerstand is een aparte vermelding waard. Op onze wereld kan niets bewegen zonder in enige mate tegenstand te ondervinden. Dat zit in de natuur opgesloten. Ook de elektrische stroom kan zich niet voortplanten zonder dat weerstand optreedt. Deze weerstand is afhankelijk van de stof waar de stroom doorheen moet. In sommige stoffen is de weerstand gering (metalen), in andere bijzonder groot (glas, kunststoffen). Daarom worden metalen (bij voorkeur zilver en koper) gebruikt om de stroom met de geringste weerstand over te brengen en daarom dienen glas, porselein en kunststoffen als isolatie-materiaal.

Aangezien er, zoals gezegd, altijd weerstand is, is het duidelijk dat een lange kabel meer weerstand biedt dan een korte (fig. a). Lange kabels veroorzaken dus altijd verliezen, want weerstand betekent (spannings)verlies (fig. b). Evenzo zal een dunne kabel meer weerstand bieden aan de stroomdoorgang dan een dikke (fig. c).

Een elektrisch apparaat, zoals een lamp of een elektromotor, is voor ons van nut, juist omdat de stroomdoorgang er een weerstand ondervindt. Een elektrisch apparaat moet dus altijd een meer of minder grote bron van weerstand zijn. Dat is duidelijk te zien als wij een brandende lamp losdraaien en in de fitting een doorverbinding maken; dan springen namelijk de zekeringen. Iedereen kent dit verschijnsel, men noemt het kortsluiting (de leiding wordt „kort gesloten” als de weerstandsbron er uit gelaten wordt).

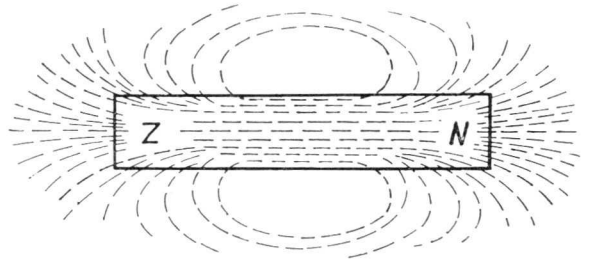
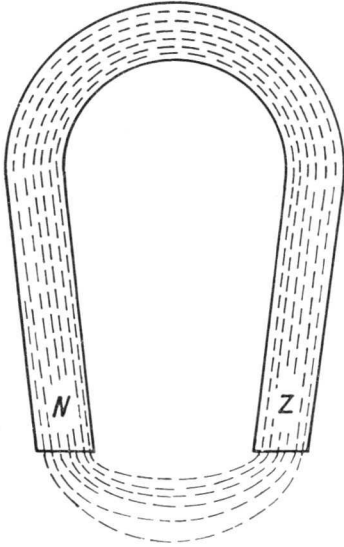
Wat gebeurt er dan eigenlijk? De weerstand in de netleiding is zeer gering, want de leiding is immers van koper. De stroom in de leiding wordt zó sterk dat de spanning bijna helemaal wegvalt (de kortsluitspanning is bijna 0). Het vermogen dat ontwikkeld wordt, moet echter ergens blijven. Dat gebeurt door het ontwikkelen van warmte in de leiding. Dit zou brandgevaar kunnen opleveren en bovendien gaat de stroom op die manier verloren. Daarom is een zekering in de leiding geplaatst, die doorsmelt vóór de leiding heet kan worden.

De zekering dient dus als beveiliging tegen brand in het net en voorkomt bovendien stroomverliezen.

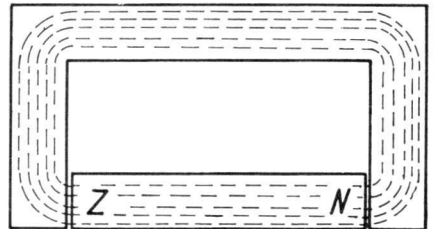
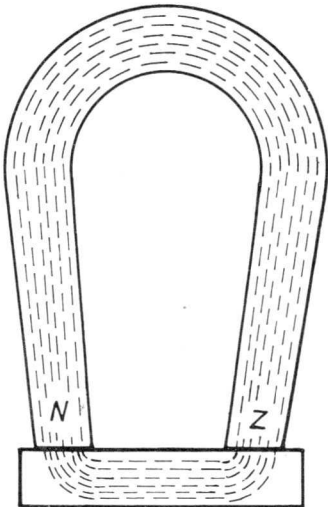
Na deze verklaring van weerstand, stroomsterkte, spanning en vermogen is straks de werking van een lastransformator gemakkelijker te begrijpen.

Stroomsoorten:

Er is wisselstroom; hierbij verandert de stroomrichting (meestal 100 × per seconde), en gelijkstroom; deze gaat steeds in dezelfde richting door de leiding.



Krachtlijnen door lucht



Krachtlijnen door ijzer

Principe van een transformator

Een magneetje is altijd een machtig stukje speelgoed geweest. Voorwerpen van staal aantrekken of afstoten, liefst met het magneetje onzichtbaar onder het tafelblad, pakt iedereen. Er zijn legio grapjes te bedenken die kunnen worden uitgevoerd met magneten, maar daarover handelt deze les niet. Beter is het om te overwegen welke eigenschappen een magneet nu precies bezit.

- a. Een magneet houdt stalen voorwerpen, die zelf niet magnetisch zijn, vast als deze de magneet raken.
- b. De magneet trekt ze echter al aan als de voorwerpen nog op enige afstand zijn. Er bestaat dus een invloedssfeer waarbinnen de magneet aantrekkingskracht bezit. Deze noemt men het magnetisch veld.
- c. De magneet behoudt zijn sterkte wanneer de noord- en zuidpool verbonden worden met een stukje ijzer. Het magnetisch veld verliest aan kracht, wanneer de polen niet door ijzer zijn verbonden. Hieruit volgt dat de krachtlijnen die het magnetisch veld vormen, gemakkelijker door ijzer gaan dan door de lucht. Dat klinkt waarschijnlijk niet begrijpelijk. Het zou evenwel te ver gaan om dit geheel te verklaren. Men kan het echter rustig aannemen.

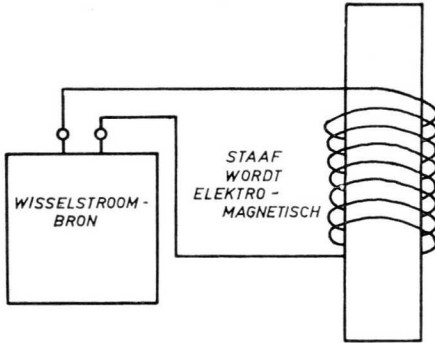
Op deze eigenschappen voortbouwend komt straks het principe van een transformator naar voren.

Vooraf echter nog een ander verschijnsel over magnetisme. Wordt een geïsoleerde koperdraad om een staafje ijzer gewikkeld en daarna aangesloten op een wisselstroom, dan wordt het staafje magnetisch. We spreken dan van een elektromagneet en deze heeft, evenals de zogenaamde permanente magneet van hiervoor, een magnetisch veld en een noord- en zuidpool. Beide polen verwisselen echter van plaats, iedere keer als de wisselstroom van richting verandert. Beide uiteinden van de elektromagneet zijn dus per seconde $50 \times$ noordpool en $50 \times$ zuidpool.

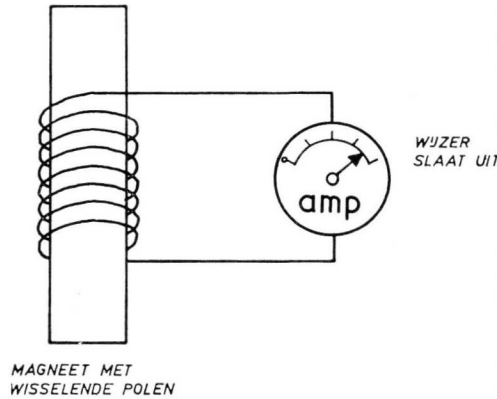
Omgekeerd, als er een wisselend magnetisch veld bestaat waarin een elektrische spoel wordt gebracht, dan zal door die spoel een wisselstroom gaan lopen.

Van deze feiten wordt gebruik gemaakt bij de constructie van een transformator.

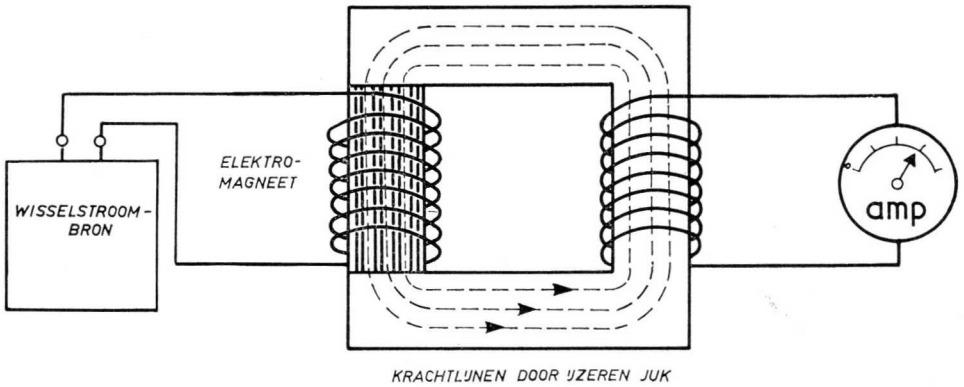
- 1e. Een ijzeren kern wordt in een spoel gebracht en bij aansluiting op het net wordt de kern een elektromagneet.



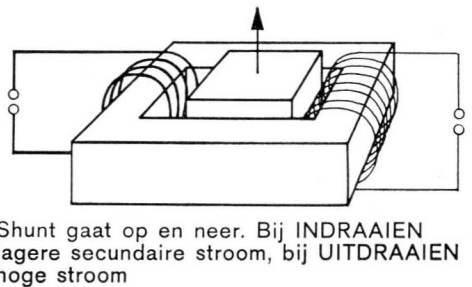
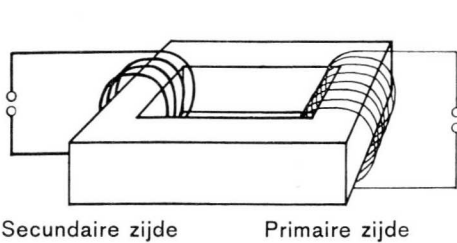
Een wisselstroom door een spoel levert een wisselend magnetisch veld op



Een wisselend magnetisch veld wekt een wisselstroom op in een spoel



Principe van een transformator. Een wisselstroom wekt door inductie een andere wisselstroom op



- 2e. De kern wordt verlengd tot een raam is ontstaan (waarbij dus om één stijl de spoel is gewikkeld). De krachtlijnen lopen immers gemakkelijker door ijzer dan door lucht en ze zullen dan ook gaan rondlopen in dit raam.
- 3e. De stijl tegenover die met de spoel, wordt ook een elektromagneet met een magnetisch veld om zich heen.
- 4e. Wanneer om deze stijl een nieuwe spoel wordt gewikkeld, gaat hierin derhalve een wisselstroom lopen.

Conclusie: We hebben aan de eerste spoel een wisselstroom toegevoerd en we krijgen uit de tweede spoel ook weer een wisselstroom terug. Door nu de spoelen verschillend te maken, kunnen we de wisselstroom die (uit het net) wordt toegevoerd naar believen veranderen (transformeren) in een stroom, zoals wij die wensen te krijgen. De verandering is afhankelijk van het aantal windingen van de spoelen. Bij veel windingen een hoge spanning; bij weinig windingen een lage spanning.

Voor het lassen zijn een lagere spanning en een hogere stroomsterkte nodig dan het net geeft.

Dit bereiken we door:

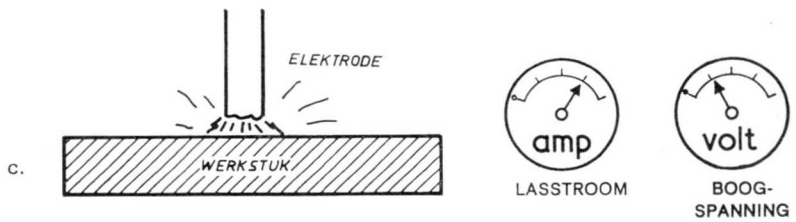
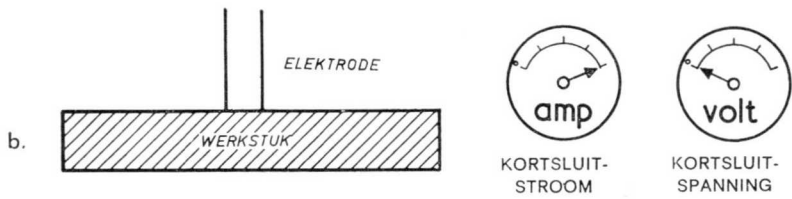
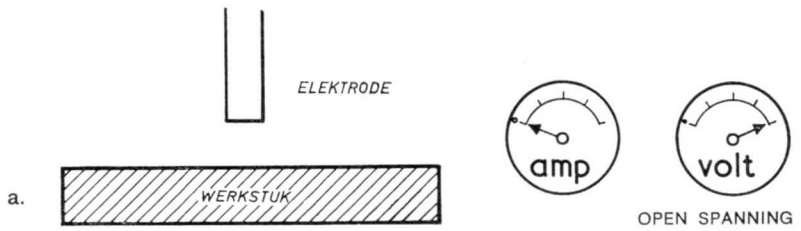
- a. de spoel aan de primaire kant (d.i. de kant van het net) te laten bestaan uit veel wikkelingen van dunne draad en
- b. de spoel aan de secundaire kant (d.i. waar de laskabel en werkstukabel aangesloten zijn) op te bouwen uit weinig windingen van dikke draad.

Tellen we de verliezen in het toestel niet, dan moet het vermogen dat uit het net wordt opgenomen, aan de secundaire kant weer afgestaan worden. Dit vermogen was (zie vorige les): spanning \times stroomsterkte ($W = E \times I$). Hieruit volgt: spanning van het net \times opgenomen stroom uit het net = spanning tijdens het lassen \times stroomsterkte waarmee gelast wordt.

Hoe wordt nu de stroomsterkte geregeld ?

Reeds werd gezegd dat de krachtlijnen van de magneet liever door ijzer gaan dan door de lucht.

Krachtlijnen gaan echter ook liever een korte weg dan een lange weg door ijzer. Als het juk van de transformator waarin de krachtlijnen rondlopen, wordt „kortgesloten” door een stuk ijzer in het midden (dat shunt wordt genoemd), dan gaan de krachtlijnen hierdoor en niet meer door de secundaire wikkeling, zodat deze geen stroom meer levert. Wordt de shunt er uit getrokken, dan levert de „trafo” wèl weer stroom. Wordt de shunt er dan geleidelijk weer ingebracht, dan neemt de geleverde stroomsterkte langzaam af. Door de shunt dus meer of minder ver uit de trafo te draaien, kan men de stroomsterkte regelen.



Lastoestellen

EISEN

Ieder lastoestel moet aan zekere eisen voldoen. Deze zijn:

- een spanning leveren van 60 - 80 volt, hoog genoeg om de boog te **ontsteken** (nullast- of open spanning);
- tijdens het lassen een spanning leveren van 20 à 40 V, voldoende om de boog in **stand te houden** (boogspanning);
- een stroomsterkte leveren, hoog genoeg om er mee te kunnen lassen;
- een voldoende hoge inschakelduur (I.D.) bezitten voor normaal gebruik.

Waarom is er verschil tussen open spanning of boogspanning? De grootte van de open spanning ligt aan de constructie van het toestel; de boogspanning hangt gedeeltelijk van andere factoren af, o.a. van de soort elektroden. Maar de kwaliteit van het toestel bepaalt of de boogspanning gehandhaafd kan blijven.

Als een lastoestel ingeschakeld is, maar er wordt niet mee gelast, dan wijst de voltmeter de open spanning aan. De ampèremeter staat dan natuurlijk op nul, er vloeit immers geen stroom (geval a).

Wordt het werkstuk met de elektrode aangetikt, dan hebben we kortsluiting. Er is bijna geen weerstand in de stroomkring, dus de spanning valt vrijwel geheel weg (kortsluitspanning), terwijl de stroom oploopt tot hoog boven het maximum dat de schaal aangeeft (de schaal geldt alleen tijdens het lassen). Dit is de kortsluitstroom (geval b).

Zodra de boog is ontstoken loopt de spanning op tot de zg. boogspanning, terwijl de stroomsterkte daalt tot de waarde, die vooraf is ingesteld op de stroomschaal. Ook hier geldt dus weer wat op het einde van de vorige les ter sprake kwam: als het vermogen gelijk blijft moet het produkt $E \times I$ óók gelijk blijven. Wordt E (spanning) hoger, dan moet I (stroom) dus tegelijk kleiner worden, en omgekeerd (geval c).



SOORTEN LASTOESTELLEN

Er zijn natuurlijk meer lastoestellen dan alleen maar transformatoren. Een klein schema waar alle soorten in staan, volgt hieronder:

Gelijkstroomtoestellen	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Lasdynamo} \\ \\ \text{Gelijkrichter} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Lasomvormer } ^1) \\ \text{Lasaggregaat } ^2) \end{array} \right.$
		$\left\{ \begin{array}{l} \text{Metaalgelijkrichter } ^3) \\ \text{Gelijkrichter met buizen } ^4) \end{array} \right.$
Wisselstroomtoestellen	Transformator	
Dubbelstroomtoestellen	Combinatie van transformator en buizengelijkrichter	

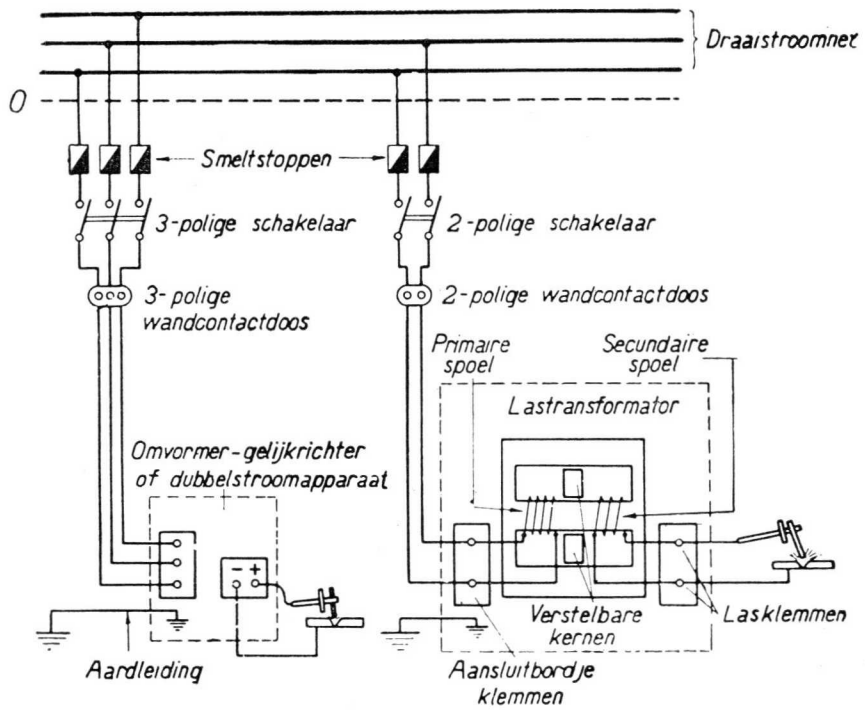
Een **lasdynamo** kan op twee manieren worden aangedreven, nl. met een elektromotor of met een benzine- of dieselmotor. In het eerste geval spreekt men van een **omvormer** ¹⁾ (de elektromotor draait op wisselstroom; de dynamo geeft gelijkstroom af). In het tweede geval kan men ergens in het vrije veld elektrisch lassen, onafhankelijk van een lichtnet. Een toestel dat kan werken zonder dat het uitwendige hulp krijgt (zoals elektrische stroom) noemt men een „**aggregaat**” ²⁾. Een **gelijkrichter** maakt van wisselstroom gelijkstroom, zoals de naam al aanduidt. Dit kan gebeuren met speciale **gelijkrichtbuizen** ⁴⁾ of met plaatjes van bijzondere metalen, zoals **selenium** ³⁾.

INSCHAKELDUUR

Bij het lassen wisselen zuivere lastijden en pauzes elkaar af. De transformator wordt dus niet doorlopend belast. De verhouding tussen „zuivere lastijd” en „zuivere lastijd + pauze” noemt men de inschakelduur (I.D.). Tijdens het lassen wordt het toestel warm; in de pauzes koelt het weer geleidelijk af. De temperatuur mag niet veel oplopen teneinde verbranding van de spoelisolatie te voorkomen. Het hangt van de constructie (en daarmee van de prijs) van de transformator af hoeveel warmte wordt opgewekt.

De inschakelduur $\left(\frac{\text{zuivere lastijd}}{\text{totale werktijd}} \times 100 \% \right)$ moet dan ook zodanig

gekozen worden dat al het normale laswerk zonder bezwaren uitgevoerd kan worden. Bij het lassen met de hand ligt de I.D. meestal tussen de 30 en 50%.



Schema van de aansluiting van lasapparaten.

AANSLUITINGEN

Als we een schakelkast openen, treffen we meestal drie koperen rails aan, die alle drie stroom voeren. De wisselingen van de (wissel)stroom zijn voor alle drie rails verschillend, daarom werden ze vanaf de elektriciteitsbedrijven door verschillende leidingen naar de verbruikers gevoerd. Ze heten de drie fazen. Daarnaast loopt er nog een nulleider, terwijl de kast zelf natuurlijk is geaard.

Nu is het zo dat transformatoren meestal worden aangesloten op 2 fazen, terwijl gelijkrichters een aansluiting krijgen op 3 fazen. Het spreekt vanzelf dat de toestellen bovendien geaard moeten worden.

Voor de rest is het systeem van de aansluiting voor beide hetzelfde. Hierbij geldt dat allereerst de zekeringen worden gemonteerd; één in iedere fase, daarna de schakelaars, dan eventuele contactdozen en pas hierna het lastoestel. Het gegeven schema moet zorgvuldig bestudeerd worden.

Vragen

1. Lasmethoden

1. Is solderen ook lassen? Vertel waarom wel of waarom niet.
2. Waarom hoort weerstandlassen onder de groep druklassen?
3. Kan men uitsluitend staal lassen of zijn er nog andere metalen die gelast kunnen worden?
4. Wat heeft de bekleding van een elektrode te maken met de slak die op de las wordt gevormd?
5. Hoe hoog is de temperatuur in de elektrische boog?

2. Wat is booglassen?

1. Op welke manieren kan de boog worden benut om te lassen?
2. Welke manier lijkt een beetje op autogeën lassen en waarom?
3. Wat zijn de verschillen tussen beide manieren?
4. Hoe ontstaat een elektrische boog?
5. Wat is een halfautomaat?

3. Veiligheidsmaatregelen

1. Wat voor soorten stralen worden door de boog uitgezonden? Hoe moet men zich daartegen beschermen?
2. Waartoe dient de smeedtang die bij de uitrusting van de lasser behoort?
3. Welke gevaren bedreigen een lasser die in een ketel opgesloten zit?
4. Waartoe dient de veiligheidsbril?
5. Waarom mag een lasser geen hete werkstukken neerleggen tussen koude stukken waar iedereen eraan kan komen?

4. Elektroden I

1. De bekleding brandt altijd kelkvormig af tijdens het lassen: Is dit kelkje een voordeel of een nadeel?
2. Waarom is de slak zo belangrijk?
3. Kunnen elektroden zonder bekleding (blanke elektroden) op gelijkstroom gelast worden? Ook op wisselstroom?
4. Heeft de bekleding invloed op de laseigenschappen?
5. Wat zijn contactelektroden?

5. Elektroden II

1. In wat voor soorten staal kunnen verbindingslassen worden gemaakt?
2. Waarom is een dik vloeibare slak gemakkelijker bij het lassen boven het hoofd dan een dun vloeibare?
3. Waarom worden heel dunne elektroden kort van lengte gehouden?
4. Waar wordt de kopkleur aangebracht? Waartoe dient de kopkleur?
5. Kunnen elektroden tegen vocht? Indien niet, waarom niet en hoe kunnen we ze droog houden?

6. Lasbewegingen I

1. Welke lasstanden zijn er? Welke lasstand is het gemakkelijkste voor de lasser?
2. Voor welke lasstanden zouden zure elektroden te gebruiken zijn?
3. Waarom krijgt men zo gemakkelijk fouten bij het zwaaien? Kan met alle elektroden gezwaaid worden?
4. Hoe staat het met de inbranding wanneer men dik materiaal last met een dikke elektrode en hoe is de inbranding wanneer hetzelfde materiaal gelast wordt met een dunne elektrode?

7. Lasbewegingen II

1. Als u een zure elektrode (EA) last met de juiste stroomsterkte, ziet de las er dan gaaf uit?
2. Als u daarna een snelstollende rutielelektrode (ERa) van dezelfde diameter last met dezelfde stroom, hoe ziet dan de las er uit?
3. Zou het voortlooptempo van een dunne elektrode erg veel verschillen van dat van een dikke elektrode van hetzelfde type?
4. Als u langzaam zwaait, hoe staat het dan met de inbranding?
5. Als bij het lassen van een I-naad het gevaar dreigt dat plaat doorsmelt, gaat u dan langzamer of vlugger doorlopen?
6. Stel u voor dat u een rups last, met de goede stroomsterkte, juiste voortloopsnelheid enz., u merkt dat de las om één of andere reden te smal is naar uw zin en u gaat over op zwaaiend lassen. Hoe is het dan met de inbranding gesteld; wordt die onder het gezwaaide gedeelte minder dan onder de rups, of meer, of blijft ze gelijk?

8. Voorbewerkingsmethoden

1. Welke soorten stompe lasverbindingen kent u?
2. Welke elektrodesoort kunt u gebruiken voor de grondlaag in een V-naad?
3. Is een buitenhoeklas een stompe verbinding of een hoekverbinding? Verklaar uw antwoord.
4. Welke voorbewerkingsmethoden zou u kunnen kiezen voor het gereedmaken van een hoeknaad?
5. En welke methodes voor een X-naad?
6. Kunt u uit uw eigen praktijk een voorbeeld bedenken waarin een proplasma toegepast zou kunnen worden?

9. Lasnaadvormen I

1. Welke elektrodetypen kunt u gebruiken voor een I-naad?
2. Welke typen zijn geschikt voor het vullen van een V-naad?
3. In hoeveel lagen ongeveer kan men een V-naad vullen in een plaat van 12 mm dikte? Teken een doorsnee van deze las.
4. Welke fouten zou u kunnen krijgen door de sluitlaag van een X-naad te lassen met te hoge stroom?
5. Zouden er fouten ontstaan als de tegenlaag van een I-naad wordt gelast met te kleine voortloopsnelheid?
Zo ja, welke fouten?

10. Lasnaadvormen II

1. Wat is het probleem bij het voorbereiden van een X-naad?
2. In welke lasstanden kan een hoeklas worden uitgevoerd?
3. Welke elektroden zou u voor een hoeklas beslist **niet** gebruiken?
4. Welke fouten kunt u maken in een staande hoeklas?
5. U weet dat de slak dicht op de boog moet volgen. Soms wil ze ook voor de boog uitgaan. Wanneer is de kans daarop het grootst; bij een stompe las in horizontale positie of bij een staande hoeklas?
6. Wat zou er gebeuren als u een staande hoeklas zou maken met een 6 mm elektrode?

11. Uitzetting en krimp

1. Hoe zit het met de krimp in een hoeklas?
Tekenen — overdreven — hoe een hoeknaad eruit komt te zien die aan één kant gelast is.
2. Waartoe dient de bekleding van een elektrode?
3. Waarop moet u letten bij het bewaren van elektroden?
4. Welke diameter elektrode kiest u voor de grondlaag van een V-naad in 12 mm plaat en welke in 25 mm plaat? Verklaar uw antwoord.
5. Door welke oorzaken kan bij het lassen te geringe inbranding optreden?
6. Een gesloten V-naad wordt aan de open zijde voor ca. 1/3 gevuld; daarna wordt de tegenlaag aangebracht aan de andere kant. Waarom wordt de open kant niet eerst geheel afgelast?

12. Lasspanningen

1. Zouden lasspanningen ontstaan tijdens de uitzetting van het materiaal (de verhitting) of bij de krimp (de afkoeling)?
2. Hoe kan men bij een X-naad de krimpvervorming tegengaan?
3. Als u een las vergelijkt, gemaakt in twee lagen met een die gemaakt werd in vier lagen, in welke van beide zouden dan de meeste lasspanningen zijn gekomen? Of zou het niets uitmaken? Kunt u een verklaring geven van uw antwoord?
4. Welke voorzorgen neemt men om een V-naad **niet** door krimp te laten vervormen?
5. Welke stompe lasverbindingen kent u?
6. Noem één manier om ontstane lasspanningen weer te verminderen?

13. Elektriciteit

1. Wat is het verschil tussen stroom en spanning?
2. Met welke formule rekent men het elektrische vermogen uit?
3. Noem de wet van Ohm.
4. Waarvoor dient de zekering in een elektrische leiding?
5. Noem vijf materialen die voor elektrische isolatie worden gebruikt. U komt er in de praktijk genoeg tegen.
6. Wat is kortsluiting eigenlijk?

14. Principe van een transformator

1. Wat is een magnetisch veld?
2. Wat is het verschil tussen een permanente magneet en een elektromagneet?
3. Welke van beide kan het opwekken van een elektrische stroom veroorzaken?
4. Wordt de magnetische kracht gemakkelijker via de lucht overgebracht of door ijzer?
5. Hoe wordt in een transformator de stroomsterkte geregeld?
6. Wat weet u te vertellen van de primaire en secundaire spoelen in een lastransformator?

15. Lastoestellen

1. Wat is de open spanning van een lastransformator?
2. Wat is de inschakelduur van een lastransformator?
3. Wat is het verschil tussen een lasaggregaat en een lasomvormer?
4. Beschrijf in woorden hoe de aansluiting van een lastoestel wordt uitgevoerd.
5. Als u op een transformator met een maximum stroom van 250 A last met een zure elektrode van 5 mm diameter, is dan de shunt **in** het juk gedraaid of juist er **uit**? Vertel tevens waarom.
6. Als na het lassen van enkele elektroden uw lastang warm wordt, waar kan dat aan liggen? Noem minstens drie verschillende mogelijkheden.

Inhoud

	Bij het verschijnen	1
	Inleiding	3
Les	1. Lasmethoden	5
	2. Wat is booglassen?	9
	3. Veiligheidsmaatregelen, lastoebehoren	13
	4. Elektroden I	17
	5. Elektroden II	21
	6. Lasbewegingen I	25
	7. Lasbewegingen II	29
	8. Voorbewerkingsmethoden	33
	9. Lasnaadvormen I	37
	10. Lasnaadvormen II	41
	11. Uitzetting en krimp	45
	12. Lasspanningen	49
	13. Elektriciteit	53
	14. Principe transformator	57
	15. Lastoestellen	61
	Vragen	67

PHILIPS BEDRIJFSAPPARATUUR NEDERLAND n.v.
Groep Lastechniek - Eindhoven


LAS 378