

# Laskwaliteit in de koudetechniek

## Laskwaliteit

### Algemeen

In de koudetechniek wordt naast het solderen de lastechniek toegepast voor het vervaardigen van leidingen in koelinstallaties, afscheiders en constructies, vooral in ammoniak-koelinstallaties.

Aan de laskwaliteit worden steeds hogere eisen gesteld omdat de kwaliteit van de las mede de betrouwbaarheid van de installatie bepaalt.

### Laskwaliteit

De laskwaliteit heeft betrekking op de lasverbinding.

De lasverbindingen worden goedgekeurd als aan de volgende gestelde eisen worden voldaan:

- de lassen moeten voldoende sterk zijn;
- de lassen moeten voldoende taaiheid bezitten;
- de lassen moeten zonder defecten zijn;
- de lassen moeten lekdicht zijn.

Om de gewenste laskwaliteit te bereiken moet de fabrikant of installateur aantonen dat hij in de productie het lasproces beheerst, zodat het risico van niet ontdekte fouten aanvaardbaar laag is.

De fabrikant kan de laskwaliteit in de productie beheersen door te produceren:

- volgens een kwaliteitssysteem;
- met goed opgeleide lassers;
- met de juiste keuze van lastechniek/lasproces;
- onder juiste werkomstandigheden;
- met goede werkinstructies/lasdocumenten;
- met gekalibreerde meet/testapparatuur;
- met gebruik van de geschikte normen.

De installateur kan de laskwaliteit aantonen door:

- vooraf kwalificatielasproeven uit te voeren;
- het aantonen van de reproduceerbaarheid;
- zoveel mogelijk in de fabriek voor te monteren.

Het aspect betreffende toe te passen normen wordt steeds belangrijker. Vooral het gebruik van de EN normen wordt steeds actueler.

**Tabel I**

<b>Overzicht van een aantal EN-normen die betrekking hebben op de las-techniek</b>		
<b>ISO</b>	<b>9001/2</b>	Kwaliteitsborging
<b>NEN EN</b>	<b>729</b> <b>729-1</b> <b>729-2</b> <b>729-3</b> <b>729-4</b>	Kwaliteitsborgingseisen Richtlijnen voor keuze en toepassingen Uitgebreide kwaliteitseisen Standaard kwaliteitseisen Elementaire kwaliteitseisen
<b>NEN EN</b>	<b>719</b>	Lascoördinatie (lastoezicht) Taken en verantwoordelijkheden
<b>NEN EN</b>	<b>287-1</b>	Het kwalificeren van lassers Smeltlassen- Deel1: Staal
<b>NEN EN</b>	<b>288</b> <b>288-1</b> <b>288-2</b> <b>288-3</b> <b>288-4</b>  <b>288-5</b> <b>288-6</b> <b>288-7</b> <b>288-8</b>	Het beschrijven en kwalificeren van lasprocedures Algemene regels voor smeltlassen Lasmethode beschrijving voor het booglassen Lasmethode beproeving voor booglassen van staal Lasmethode beproeving voor booglassen van aluminium  <i>Goedkeuring:</i> door gebruik goedgekeurd lastoevoegmateriaal op grond van opgedane ervaring toepassen van standaard lasprocessen proeflas vóór productie

In tabel I is een overzicht gegeven van een aantal EN-normen die betrekking hebben op de lastechniek.

Als basis kan de EN 729 dienen waarbij de laskwaliteit in een aantal kwaliteitseisen wordt gedefinieerd, afhankelijk van het gewenste kwaliteitsniveau.

In tabel II (volgende pagina) is een overzicht gegeven van een aantal kwaliteitseisen zoals weergegeven in de EN 729-1.

Zoals uit tabel II blijkt wordt het gebruik van lasdocumenten zoals LMB's/WPS, lasprocedures en werkinstructies voorgeschreven voor laswerkzaamheden die met uitgebreide of standaard kwaliteitseisen vervaardigd worden.

In tabel III wordt een uitleg gegeven over een lasmethode beschrijving (LMB), lasmethode kwalificatie (LMK), lasserskwalificatie (LK) en werkinstructie zoals in de normen EN 287 en EN 288 worden beschreven.

**Tabel III****Uitleg lasdokumenten zoals in de normen EN 287 en EN 288 worden beschreven.****Lasmethodebeschrijving (LMB) volgens EN 288-2**

\* De schriftelijke vastlegging van de details van de lasprocedure

Bij het invullen van de LMB komen 2 zaken aan de orde:

1. Praktische zaken, zoals

- lasuitvoering etc.

Bij het invullen van lasparameters is het belangrijk om de ervaring en kennis van de (machine)lasser mee te nemen.

2. Lastechnische zaken, zoals

- lasbaarheid
- voorkomen van lasfouten etc.

**Lasmethodekwalificatie (LMK) lasmethodeaanvaarding volgens EN 288-3**

- De praktische beoordeling van de LMB aan de hand van een onderzoek aan een lasproef. (plaatmonster of pijpmonster)
- Vaststellen of de lasverbinding voldoende sterk en taai is.
- Volgens NEN EN 288-3 Lasmethode kwalificatie: Staal
- Of goedkeuring vanwege: EN 288-5 t/m 8

Uitvoering rekening houden met de essentiële variabelen:

- lasproces
- lasnaadvorm
- eenzijdig / tweezijdig (met of zonder tegenbewerken)
- materiaalgroep
- plaatdikte
- plaat of pijp
- lastoevoegmaterialen
- afmetingen proefstuk
- heatinput of laswarmte-inbreng
- voorwarmtemperatuur
- tussenlaagtemperatuur
- warmtebehandeling
- stroomsoort, polariteit
- laspositie
- beproeving NDO/ uitname proefstukken
- beoordelingscriteria
- geldigheid van de LMK

**Lasserskwalificatie (LK) bewijs van lasvaardigheid**

- Een beoordeling van de bekwaamheid van de lasser.  
Volgens EN 287

**Lasinstructie of LMB Volgens 288-2**

- Een vereenvoudigde versie van een LMB als instructie voor de werkplaats met gegevens afkomstig van een goedgekeurde LMK + LMB

<b>Delen van EN 729</b>	<b>EN 729-2</b> <b>- Uitgebreid -</b>	<b>EN 729-3</b> <b>- Standaard -</b>	<b>EN 729-4</b> <b>- Elementair</b>
<b>Onderwerpen</b>			
<b>Beoordeling van het contract</b>	Beoordeling volledig gedocumenteerd	Minder uitgebreide beoordeling	Stel vast dat de mogelijkheid en informatie aanwezig is
<b>Ontwerpbeoordeling</b>	Lastechnisch onderwerp moet worden bevestigd	Behandelen als hoofdleverancier	Moet aan norm voldoen
<b>Onderaannemer</b>			
<b>Lassers, lasoperateurs</b>	Goedgekeurd volgens het van toepassing zijnde deel van EN 287 of volgens EN 1418		
<b>Lastoezicht</b>	Lascoördinatie-personeel met voldoende technische kennis volgens EN 179, of personen met vergelijkbare kennis		Niet vereist maar persoonlijke verantwoordelijkheid van de fabrikant
<b>Keuringspersoneel</b>	Voldoende en vakkundig personeel aanwezig		Voldoende en vakkundig, toegang voor derde partij, indien nodig
<b>Productiemiddelen en uitrusting</b>	Noodzakelijk voor voorbereiding, snijden, lassen, transporteren, heffen, samen met veiligheidsmiddelen en beschermende kleding		Geen bijzondere eisen
<b>Onderhoud productie-middelen en uitrusting</b>	Moet worden uitgevoerd, onderhoudsplan noodzakelijk	Geen bijzondere eisen, moet voldoende zijn	Geen bijzondere eisen
<b>Productieplan</b>	Noodzakelijk	Beperkt plan noodzakelijk	Geen eisen
<b>Lasmethodebeschrijving (WPS)</b>	Instructies moeten de lasser ter beschikking staan, zie het van toepassing zijnde deel van EN 288		Geen eisen
<b>Lasmethodekwalificatie</b>	Volgens het van toepassing zijnde deel van EN 288, goedgekeurd als van toepassing zijnde norm of contracteisen		Geen speciale eisen

<b>Werkinstructies</b>	Lasmethodebeschrijving (WPS) of toegespitste werkinstructies moeten beschikbaar zijn		Geen eisen
<b>Documentatie</b>	Noodzakelijk	Niet voorgeschreven	Geen eisen
<b>Partijbeproeving van toevoegmateriaal</b>	Alleen indien in contract voorgeschreven	Niet voorgeschreven	Geen eisen
<b>Opslag en behandeling van lastoevoegmateriaal</b>	Minimaal op de wijze zoals door de leverancier voorgeschreven		
<b>Opslag van moeder materiaal</b>	Bescherming tegen omgevingsinvloeden vereist; de herkenbaarheid moet worden gewaarborgd		
<b>Eind-gloeibehandeling</b>	Voorschriften en volledige vastlegging noodzakelijk	Bevestiging van overeenstemming met voorschriften noodzakelijk	Geen eisen
<b>Keuring voor, tijdens en na het lassen</b>	Zoals voor de voorgeschreven methoden vereist		
<b>Tekortkomingen</b>	Procedure moet beschikbaar zijn		
<b>Kalibratie</b>	Procedure moet beschikbaar zijn		
<b>Identificatie</b>	Niet voorgeschreven		
<b>Terugzoekbaarheid</b>	Vereist indien van toepassing	Vereist indien van toepassing	Niet voorgeschreven Niet voorgeschreven
<b>Kwaliteitsgegevens</b>	Moeten beschikbaar zijn om aan de regels van productaansprakelijkheid te voldoen		
	Bewaartijd minimaal 5 jaar		

Tabel II

### Keuringseisen

De keuringseisen t.a.v. de laskwaliteit van een installatie worden door de opdrachtgever beschreven in een contract, specificatie of bestek.

In het geval dat het project uitgevoerd wordt onder toezicht van een keuringsinstantie,

**Tabel IV**

<b>Overzicht aantal keuringseisen volgens de Regels voor Toestellen onder Druk (RTOD) die te maken hebben met de laskwaliteit</b>	
<i>Overzicht volgens de regels :</i>	
• Controle lasmethodeaanvaarding	(T 0210) LMK
• Controle lasvaardigheid	(T 0215) LK
• Controle kenmerk lasser	
• Toezicht tijdens vervaardiging	
• Controle in gehechte toestand langs-/rondnaden/tubelures	
• Inwendig visueel onderzoek	
• Uitwendig visueel onderzoek	
• Productielasproefplaat (T0120/T0220) waarmerken	
- Beproevingstemperatuur kerfslagstaven	
- KV loodrecht 27 j bij - 35 °C	
• Niet destructief onderzoek	
• Rö-onderzoek	(T 0110)
• Beoordeling	(T 0111)
• Beproeving	

**Tabel V Specifieke verschillen tussen de lasprocessen**

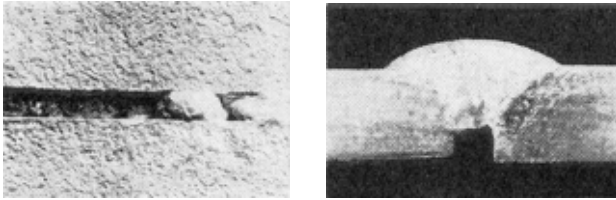
<b>Kwaliteit van de las</b>	<b>Lasproces</b>		
	<b>TIG</b>	<b>Autogeen</b>	<b>Elektrode</b>
<b>Kwalitatief hoogwaardig</b>	<b>ja</b>	voldoende	nee
Alle metalen te lassen	ja	nee	nee
<b>Slakvorming</b>	<b>nee</b>	<b>nee</b>	ja
Zicht op bad	goed	goed	minder
Beheersen smeltbad	goed	goed	goed
<b>Mechaniseren</b>	<b>ja</b>	nee	nee
Lassen dun materiaal	goed	goed	minder
Lassnelheid	laag	laag	laag
<b>Neersmeltsnelheid</b>	laag	laag	<b>hoog</b>
<b>Buiten lassen</b>	beperkt	ja	<b>nee</b>
Elektrische energie nodig	ja	<b>nee</b>	ja
Laskanten voorbereiden	grondig	grondig	grondig
Gecompliseerd apparaat	ja	nee	nee
Lassen in beperkte ruimte	mogelijk	mogelijk	beperkt
Materiaaldiktebereik	< 10 mm	< 10 mm	2 - >
Nabewerken las	nee	ja	slak/spat.
Grootte van de WBZ	groot	zeer groot	beperkt

gelden de voorschriften/regels zoals door de keuringsinstantie wordt opgegeven.

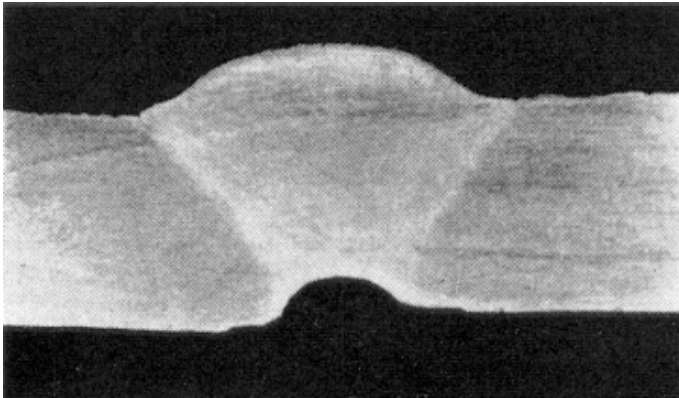
In tabel IV is een overzicht gegeven van een aantal keuringseisen voor toestellen onder druk, gemaakt volgens de Regels van Stoomwezen die te maken hebben met de laskwali-

**Tabel VI Indeling lasfouten zoals deze voorkomen bij de verschillende lasprocessen**

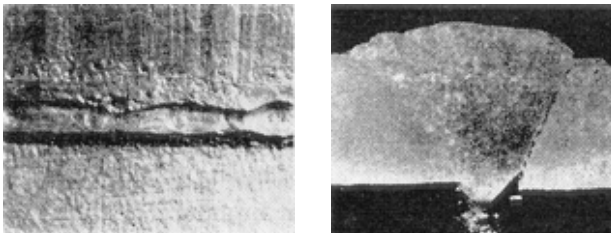
Soort fout	Lasproces			
	Autogeen	TIG	Elektrode	MIG/MAG
Gasinsluitels - gasnesten - gaskanalen - gasholtes	+	+	+	+
Niet gasinsluitels - slak - oxiden - poeder - zwaarmetaal	+	+ (Wo)	+	+ (gevulde draad)
Doorlasfout	+	+	+	+
Bindingsfout	+ <sup>1)</sup>		+	
Scheuren - langs - dwars - krater		+		
Ongunstige gemometrie - randinkarteling - overblousing - bolle las - holle las		+	+	
Andere fouten - arc strike - lasspatten - beschadigingen		+	+	+
<sup>1)</sup> laswijze uitogeenlassen: tot 3 mm (naar) Linklassen > 3 mm kans op bindingsfouten * vanaf 3 mm *naar) Rechtslassen				



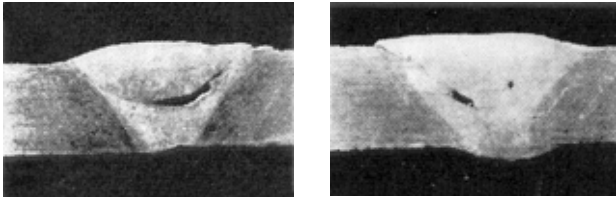
***Figuur 1: Volstrekt onvoldoende doorlassing***



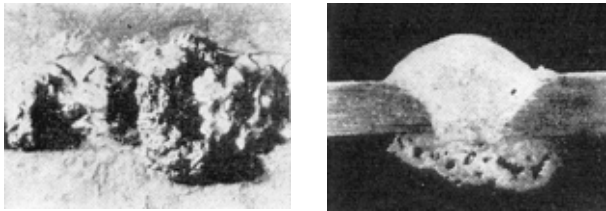
***Figuur 2: Onvoldoende doorlassing***



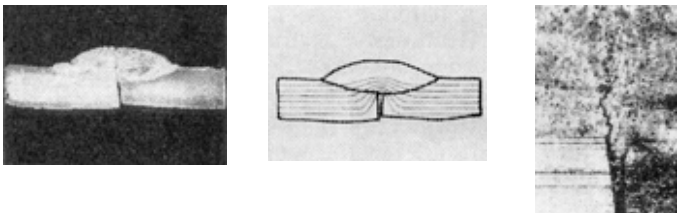
***Figuur 3: Bindingsfouten***



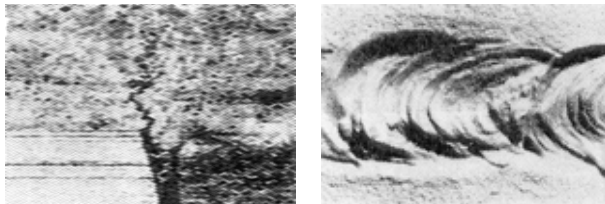
**Figuur 4:** Bindingsfouten, poreusheid, slakinsluiting



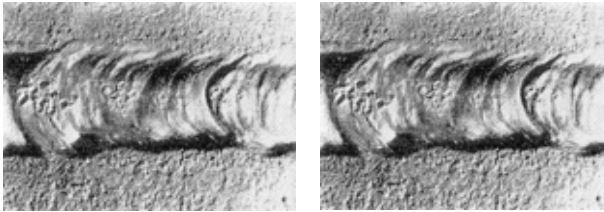
**Figuur 5:** Te zware doorlassing met grove slakinsluiting



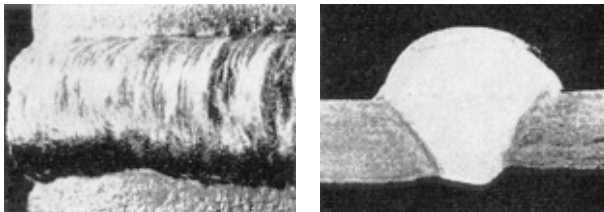
**Figuur 6:** Volstrekt onvoldoende doorlassing; gevolg scheurvorming in de las ingeleid door kerfwerking van niet verlaste lasspleet. De ingetekende spanningslijnen (schets midden) doen bijzonder duidelijk uitkomen, dat bij deze kerf spanningsconcentratie optreedt die tot scheurvorming leidt.



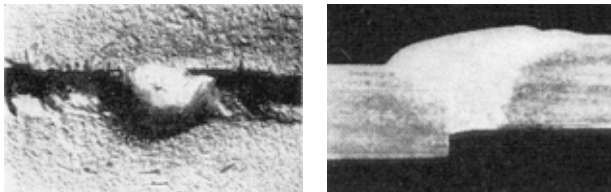
**Figuur 7:** Doorgezakte las; aan bovenrups randinkarteling



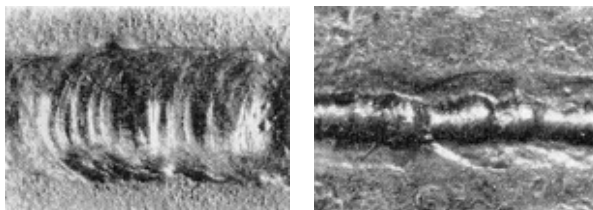
***Figuur 8: Randinkarteling***



***Figuur 9: Veel te hoge lasrups***



***Figuur 10: Slecht gecentreerde (niet uitgelijnde pijpverbinding; ondeugdelijke lasvoorbereiding***



***Figuur 11: Goed uitgevoerde las***

Wordt een produkt vervaardigd waarbij de installateur zijn eigen kwaliteitsniveau bepaalt onder invloed van CE merk/produkt- aansprakelijkheid dan kunnen minimale kwaliteits-eisen opgenomen worden in de specificatie van het ontwerp, bijvoorbeeld:

- materialen toepassen met 3.1.B certificaat volgens EN 10204;
- lassers kwalificeren;
- goedgekeurde lasmethode toepassen;
- keuring van de lassen door:
  - visuele inspectie, goedkeurcriteria na overleg;
  - röntgenen, goedkeurcriteria, bij voorkeur blad T0111 van de Regels voor toestellen onder Druk (RTOD) of de in de praktijk nog vaak gehanteerde IIW systematiek.

## Lastechniek

### Overzicht lasprocessen

In de koudetechniek worden verschillende smeltlasprocessen toegepast zoals:

- het handlassen met beklede elektrode;
- het Mig/Mag lasproces, uitvoering:
  - gelast met de hand;
  - gemechaniseerd;
- het TIG-lasproces, uitvoering:
  - gelast met de hand;
  - gemechaniseerd pijplassen (TIG Orbitaal-lassen [2]) (zie figuur 14);
- het autogeen lasproces met de hand.

### Keuze lasprocessen

Keuze lasprocessen in de koudetechniek voor lassen van leidingen:

Elektrode lassen	: vullagen;
MIG/MAG-lasproces	: vullagen (meer toegepast in constructies);
TIG-lasproces	: grondlaag + vullagen;
Autogeen	: grondlaag + vullagen.

### Specifieke verschillen

In tabel V zijn van de lasprocessen de specifieke verschillen weergegeven.

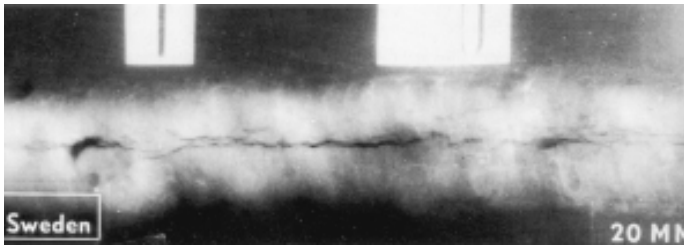
De kwaliteit van de lassen worden onderzocht door het uitvoeren van een niet-destructief onderzoek (NDO).

Dit onderzoek bestaat uit een visueel onderzoek, veelal gevolgd door radiografisch, ultrasoon of oppervlakte onderzoek (penetrant of magnetisch onderzoek).

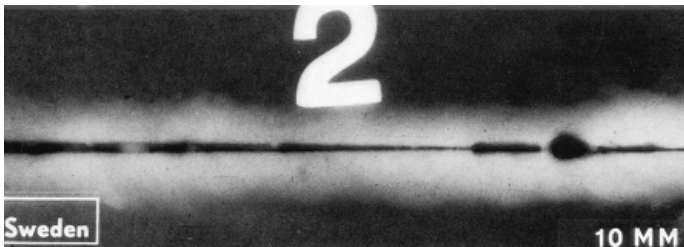
## Lasfouten

### Algemeen

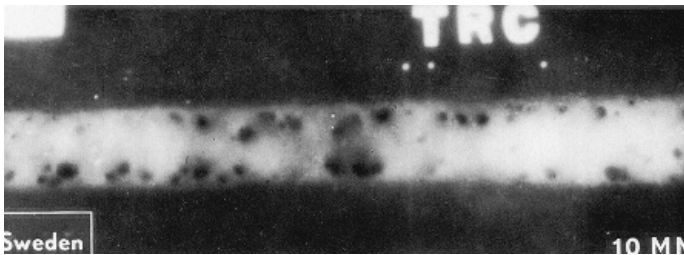
Lasverbindingen met onacceptabele lasfouten, worden niet goedgekeurd. In het contract of bestel specificatie worden de goedkeur/afkeur criteria omschreven.



*Lasscheuren*

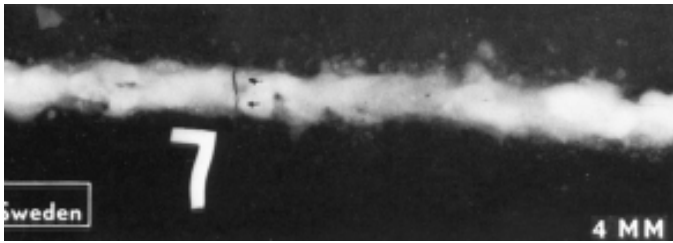


*Onvoldoende doorlassing*

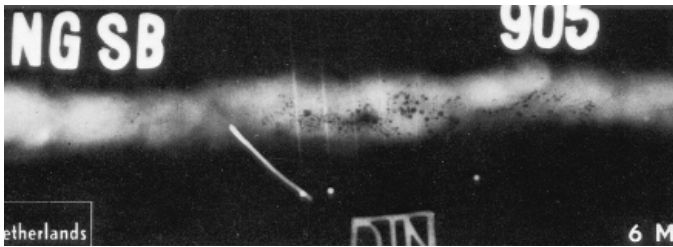


*Gasporositeit*

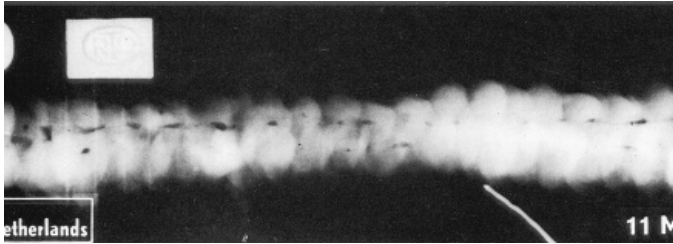
***Figuur 12: Lasfouten - afbeeldingen van röntgenopnamen. De afbeeldingen van röntgenfoto's van lasfouten zijn overgenomen uit de uitgebreide verzameling 'Collection of Reference Radiographs of Welds', van het 'International Institute of Welding'.***



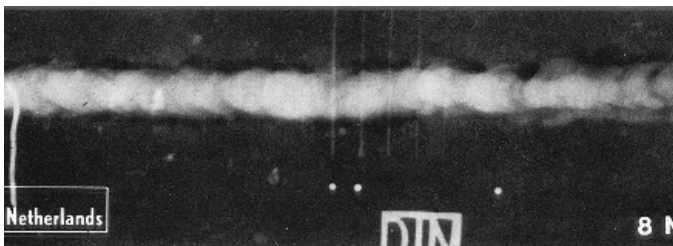
*Dwarsscheuren*



*Porositeit (gasnest)*



*Slakkenbaan*



*Inkarteling*

**Figuur 13: Afbeeldingen van röntgenopnamen**

### Indeling lasfouten

De volgende indeling volgens IIW wordt gebruikt om lasfouten te definiëren:

- Serie 100: Scheuren
- Serie 200: Gasinlsuitsels (poreusheid)
- Serie 300: Niet-gasinsluit-sels (slak e.d.)
- Serie 400: Onvoldoende doorlassing, Bindingsfouten
- Serie 500: Vormfouten (inkarteling e.d.)
- Serie 600: Overige fouten (spatten e.d.)

In tabel VI wordt een indeling van lasfouten weergegeven die voorkomen bij de verschillende lasprocessen.

### Voorbeelden van onacceptabele lasfouten

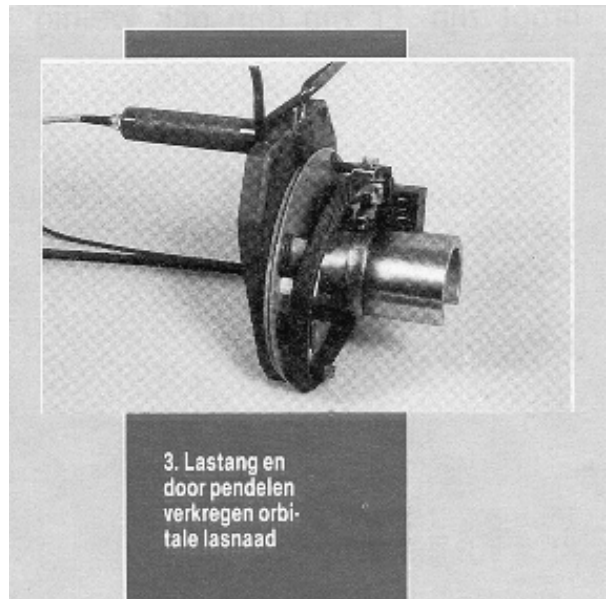
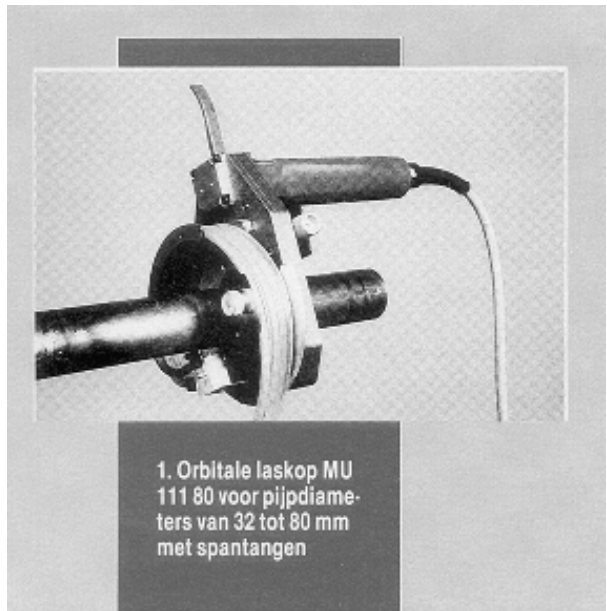
In de figuren 1 t/m 11 zijn van diverse onacceptabele lasfouten, autogeen gelast, foto-opnamen weergegeven [1].

In de figuren 12 en 13 zijn afbeeldingen van lasfouten weergegeven, overgenomen uit de verzameling 'Collection of Reference Radiographs of welds' van het IIW, zoals een langsscheur, onvoldoende doorlassing, gasporeusiteit, dwarsscheuren, een slakkenbaan en inkarteling.

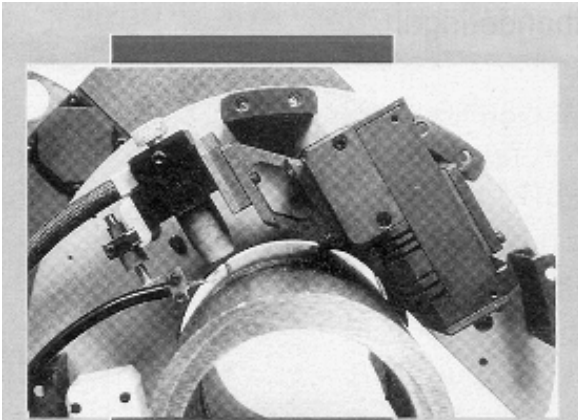
### Oorzaken

Kennis hebben van de oorzaken van het ontstaan van lasfouten is belangrijk voor de foutpreventie en voorkomt verrassingen bij het NDO onderzoek.

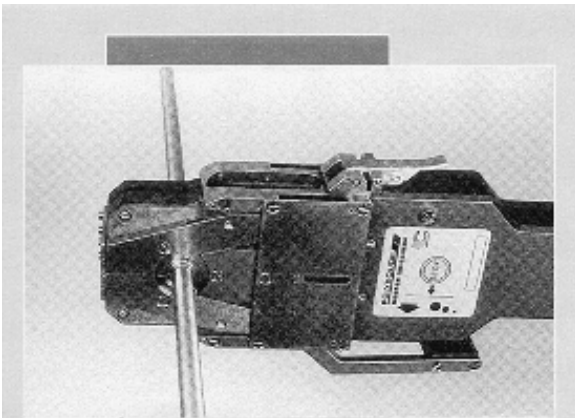
Enkele factoren die lasfouten



**Figuur 14: TIG - Orbitaallassen, vier systemen**



2. Orbitale laskop met hoogteregeling en pendelmogelijkheid



4. Lastang met kamer voor beschermgas, type Polyweid 16

kunnen veroorzaken zijn:

- verkeerde lasprocedure;
- verkeerde materiaalkeuze;
- invloed lastechnisch ontwerp;
- invloed lasnaadvorm;
- invloed laspositie;
- invloed toegankelijkheid;
- invloed beheersing lasproces.

De oorzaken van de lasfouten zijn meestal van praktische aard.

Het volgende overzicht geeft een beeld van de oorzaken.

### 1. Gasinsluitsels (poreusheid)

*Algemeen oorzaken:*

- oppervlaktegesteldheid is belangrijk: > 5 V's  
Geen vuil, vet, verf, verroest of vocht;
- verstoring van de gasbescherming;
- spleet bij/in de lasnaad;
- vochtopname bekleding elektroden.

Deze lasfouten zijn lasproces afhankelijk.

### 2. Niet-gasinsluitsels

Insluitsels: slak, poeder, oxide, metaal.

*Algemene oorzaken slak/poederinsluitsels:*

- te lage lastroom;
- bol lasuiterlijk;
- opdringen van smeltbad;
- verkeerde elektrode stand;
- verkeerde manier van verkanten.

*Voorbeeld:* oxideinsluitsels (AL-oxide).

*Voorbeeld:* metaalinsluitsels (Wolfram).

Deze lasfouten zijn lasproces afhankelijk.

### 3. Onvoldoende doorlassing

*Algemene oorzaken :*

- onvoldoende vooropening;
- staande kant aanwezig/te groot;
- te weinig inbrandingsdiepte.

Deze lasfouten zijn lasproces afhankelijk.

### 4. Bindingsfout

*Algemene oorzaken :*

- niet beheersen van smeltbad;
- onjuiste stand elektrode/laspistool/toorts;
- te lage warmte-inbreng.

Deze lasfouten zijn lasproces afhankelijk.

### 5. Scheuren

*Scheurtypen:*

- langsscheur;
- dwarsscheur;
- lamellaire scheurvorming;
- warmzscheuren;
- koudscheuren;
- H/B scheuren.

*Algemene oorzaken:*

- materiaalkeuze;
- lasuitvoering.

### 6. Ongunstige lasgeometrie

- overdikte;
- ondermaat;
- overblousing;
- randinkarteling;
- doorbrandingen;
- foutieve aanhechting.

Gevolg van onvoldoende handvaardigheid.

Deze lasfouten zijn lasproces afhankelijk.

### 7. Andere fouten, oppervlaktebeschadigingen door:

- arcstriking;
- verwijdering van hechtstrippen;
- beschadiging door hakken;
- beschadiging door slijpen.

## Beoordeling laskwaliteit

Niet Destructief Onderzoek (NDO) speelt een grote rol bij de kwaliteitscontrole van gelaste verbindingen en wel in drie stadia

- aan de laskanten voordat er gelast wordt;

- bij de lasmethode- en lasserskwalificatie voor het onderzoek van de proeflassen;
- tijdens de productie ter bewaking van de laskwaliteit;

De meest gangbare NDO-methoden die voor het onderzoek gebruikt worden kunnen als volgt worden onderverdeeld:

- visuele inspectie; de methode die wordt gebruikt om de gebreken aan het uiterlijk van de las op te sporen;
- magnetisch en penetrant onderzoek om oppervlakte gebreken op te sporen die voor het blote oog niet of minder goed zichtbaar zijn (bijv. scheurvorming);
- radiografie en ultrasoon onderzoek waarbij het volume van de las wordt onderzocht;
- leklichtheidscontrole of ook wel lekdetectie genoemd waarbij eventuele lekkages of ondichtheden kunnen worden opgespoord.

Met het radiografisch onderzoek zijn volumedefecten zoals gas- en slakinsluitingen goed detecteerbaar.

Voor het detecteren van vlakke fouten zoals bindingsfouten en scheuren is het ultrasoon onderzoek beter geschikt.

### **Conclusies**

De kwaliteit van lassen is een complexe materie. Voor het leggen van goede lassen is het nodige vakmanschap vereist.

Ook de beoordeling van deze kwaliteit vereist de nodige specialistische kennis. Het is van groot belang dat in de koeltechniek goed gebruik wordt gemaakt van de in andere vakgebieden aanwezige kennis, met name in de lastechniek en materiaaltechnologie. Alleen langs deze weg komen we tot veilige, efficiënte en kosteneffectieve koelinstallaties

### **Literatuuroverzicht**

- [1] W. Lenk., Het autogene lassen van pijpleidingen, Autogene metaalbewerking 1964 (6), pag. 102-116
- [2] G. Aichele., Orbitaal lassen van buizen een bijzondere lastechniek, Metaal en Kunststof 1990, (15), pag. 34-37

