

Kwaliteitsborgingsaspecten bij de vervaardiging van gelaste constructies

vm 85

VWM

Kwaliteitsborgingsaspecten

bij de vervaardiging van gelaste constructies

vm 85



Vereniging FME-CWM
vereniging van ondernemers in de
technologisch-industriële sector

Boerhaavelaan 40

Postbus 190, 2700 AD Zoetermeer
Telefoon: (079) 353 11 00
Telefax: (079) 353 13 65
E-mail: info@fme.nl
Internet: www.fme.nl

© Vereniging FME-CWM/januari 2010, 2^e herziene druk

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke ander wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Hoewel grote zorg is besteed aan de waarborging van een correcte en, waar nodig, volledige uiteenzetting van relevante informatie, wijzen de bij de totstandkoming van de onderhavige publicatie betrokkenen alle aansprakelijkheid voor schade als gevolg van onjuistheden en/of onvolkomenheden in deze publicatie van de hand.

Vereniging FME-CWM
afdeling Technologie & Innovatie
Postbus 190, 2700 AD Zoetermeer
telefoon: 079 - 353 11 00
telefax: 079 - 353 13 65
e-mail: info@fme.nl
internet: www.fme.nl

Inhoudsopgave

	blz.		blz.
1		5	
1	6	De keuze van het lasproces	49
1.1	Inleiding	5.1	Inleiding
1.2	Historische achtergronden	5.2	Overwegingen bij de juiste keuze van een lasprocédé
1.3	Systematiek voor borgen van kwaliteit	5.2.1	Productiemiddelen
1.4	Het kostenaspect in relatie tot kwaliteit	5.2.2	Materiaaldikte
1.5	In- en externe eisen	5.2.3	Kerftaaiheid van de las
1.6	Waarom een kwaliteitsmanagementsysteem in het bedrijf?	5.2.4	De warmte-beïnvloede zone
1.7	De invoering van het kwaliteitsmanagementsysteem	5.2.5	Lasnaadvorm en positie
1.8	Audits	5.2.6	Lasfouten
1.9	Eisen te stellen aan medewerkers en apparatuur	5.2.7	Conclusies
1.10	Mogelijke activiteiten van de lascoördinator in de verschillende takken van industrie	6	Lasnaadvormen en het aanbouwen ervan
1.11	Overzicht kwaliteitsborgingsnormen	6.1	Lasnaadvormen
1.12	Literatuur	6.1.1	Autogeen snijden
Bijlage 1.1		6.1.1.1	Toepassingsgebied
Bijlage 1.2		6.1.1.2	Snijbaar materiaal
		6.1.1.3	Snij-uitrusting
		6.1.1.4	Hygiëne en voorzorgsmaatregelen
2	Kwaliteitsborging bij het lassen	6.1.2	Plasmasnijden
2.1	Kwaliteitsborging in de lastechniek	6.1.2.1	Toepassingsgebied
2.2	Specificeren en kwalificeren van lasmethoden	6.1.2.2	Snijbaar materiaal
2.3	Lasmethodekwalificatie (WPQR)	6.1.2.3	Snij-uitrusting
2.3.1	Inleiding	6.1.2.4	Hygiëne en voorzorgsmaatregelen
2.3.2	NEN-EN-ISO 15607; algemene regels	6.1.3	Thermische snijmachines
2.3.3	Van pWPS naar WPS; goedkeuring van de lasmethode	6.1.4	Snijden met de laserstraal
2.3.4	De pWPS voor kwalificatie van de lasser	6.1.4.1	Toepassingsgebied
2.4	NEN-EN-ISO 15614 Deel 1 en 2	6.1.4.2	Snij-uitrusting
2.4.1	Lasmethodebeproeving	6.2	Hechten
2.5	Goedkeuring lasmethodebeschrijving	6.3	Gutsen
2.6	Geldigheidsgebieden	6.4	Uitlijning na het lassen
2.7	Persoonskwalificaties	6.5	De belangrijkheid van het aanbouwen en de laspositie
2.8	Stand van zaken internationale normen met betrekking tot lasmethodebeschrijvingen, lasmethodekwalificaties en lasserskwalificaties	Bijlage 6.1	
Bijlage 2.1		7	Eisen te stellen aan lastoevoegmateriaal
Bijlage 2.2		7.1	Europese regelgeving met betrekking tot lastoevoegmateriaal
Bijlage 2.3		7.2	Overzicht Europese Regelgeving inzake lastoevoegmaterialen
Bijlage 2.4		7.3	Lasbaarheidseigenschappen
3	Groepsindeling materialen, hun eigenschappen en de warmtehuishouding	7.4	Het inkopen van lastoevoegmateriaal
3.1	ISO/TR 15608 Groepsindeling basismaterialen en hun eigenschappen	7.5	Het beheer van het lastoevoegmateriaal in de gebruikersfase
3.2	Materiaaleigenschappen	Bijlage 7.1	
3.2.1	Mechanische eigenschappen	8	Niet-Destructief Onderzoek
3.2.2	Fysische eigenschappen	8.1	Doel van het niet-destructief onderzoek (NDO)
3.2.3	Chemische eigenschappen	8.2	Overzicht van de gangbare methoden
3.2.4	Technologische eigenschappen	8.3	Beschrijving van de methoden
3.3	Materiaalsoorten	8.3.1	Visuele inspectie
3.3.1	Ongelegeerd staal	8.3.2	Magnetisch onderzoek
3.3.2	Gelegeerd staal	8.3.3	Penetrantonderzoek
3.4	Lasbaarheidseigenschappen	8.3.4	Radiografisch onderzoek
3.5	De warmte-inbreng bij het lasproces	8.3.5	Ultrasoon onderzoek
3.6	Voorwarm- en interpasstemperatuur	8.3.5.1	Foutgroottebepaling met de fout-tip-reflectietechniek (FTR-techniek)
3.7	Warmtebehandelingen	8.3.5.2	Foutgroottebepaling met de time of flight diffraction-techniek (TOFD-techniek)
3.7.1	Inleiding	8.3.6	Lekdichtheidscontrole
3.7.2	Spanningsarm gloeien (stressrelieving)	8.4	Codes, specificatie en NDO-procedures
3.7.3	Normaliseren (normalizing)	8.5	Acceptatiecriteria
Bijlage 3.1		8.6	Certificatie van NDO-personeel
4	Krimp en vervorming	8.7	Een goede lasverbinding moet niet-destructief onderzocht kunnen worden
4.1	Krimp	8.8	Slotopmerking
4.2	Enkele krimpregels		
4.3	Aanbevelingen die leiden tot minimale vervorming		

	blz.		blz.
9 Lasonvolkomenheden	65	16 Europese norm voor het fabriceren van industrieel leidingwerk van metaal	87
9.1 Inleiding	65	16.1 Introductie	87
9.2 Voorbeelden van voorkomende onvolkomenheden	65	16.2 EN 13480 - 2: Materialen	87
9.2.1 Groep 1: Scheuren (100-serie)	65	16.3 EN 13480 - 3: Ontwerp en berekeningen	87
9.2.2 Groep 2: Holten (200-serie)	65	16.4 EN 13480 - 4: Fabricage	87
9.2.3 Groep 3: Vaste insluitsels (300-serie)	65	16.4.1 Algemene eisen te stellen aan de fabrikant	88
9.2.4 Groep 4: Bindingsfout en onvolkomenheden doorlassing (400-serie)	66	16.4.2 Vereisten voor lasactiviteiten	88
9.2.5 Groep 5: Geometrische afwijkingen	66	16.5 EN 13480 - 5: Keuring en inspectie	88
9.2.6 Overige onvolkomenheden	66	16.6 EN 13480 - 6: Aanvullende eisen voor leidingen onder de grond	88
10 Laswerk visueel beoordelen: NEN-EN-ISO 5817:2004	68	16.7 CR 13445 - 7: Praktijkrichtlijn voor het gebruik van conformiteitprocedures	88
10.1 Inleiding	68	17 Europese normen voor de vervaardiging van staal- en aluminiumconstructies	90
10.2 Acceptatiecriteria voor de las	68	17.1 Introductie	90
10.3 Voorbeeld	68	17.2 EN 1090 - 1: Staal en Aluminium constructie elementen - Algemene leveringsvoorwaarden	90
11 Veiligheid en Milieu	70	17.2.1 Eisen aan het ontwerp van de constructie	90
11.1 Veiligheid	70	17.3 EN 1090 - 2: Technische eisen voor de vervaardiging van staalconstructies	90
11.2 Milieu	72	17.3.1 Speciale eisen te stellen aan het vervaardigen van gelaste constructies	91
12 Naspeurbaarheid van materialen en kwaliteitsregistraties	75	17.3.2 Eisen voor keuring en inspectiecriteria	91
13 Onderhoud en kalibreren van de lasapparatuur	77	17.4 EN 1090 - 3: Technische eisen voor de vervaardiging van aluminium constructies	92
13.1 Inspectie en onderhoud in verband met veiligheid	77		
13.2 Inspectie en onderhoud in verband met de laskwaliteit	77		
13.3 Kalibreren van lasapparatuur	78		
14 Conformiteitsverklaring voor gelaste producten	79		
14.1 Modulen	79		
14.2 Bepaling Overeenstemmingsbeoordeling (OSB) procedure voor drukapparatuur (PED)	80		
14.3 Welke keuringsinstanties zijn er nu betrokken bij de overeenstemmingsbeoordeling (OSB) en welke eisen worden er voor deze instanties gesteld	82		
14.4 PED QA-systeem module H/H1	82		
15 Europese norm voor de fabricage van brandstofgestookte of anderszins ondervuurde en verwarmde drukapparatuur	84		
15.1 Introductie	84		
15.2 EN 13445 - 1: Algemene regels	84		
15.3 EN 13445 - 2: Materialen	84		
15.4 EN 13445 - 3: Ontwerp	84		
15.5 EN 13445 - 4: Fabricage	84		
15.5.1 Specifieke eisen aan de fabrikant	85		
15.5.2 Eisen voor toelevering	85		
15.5.3 Specifieke eisen voor lasactiviteiten	85		
15.5.4 Aanvullende eisen	85		
15.6 EN 13445 - 5: Keuring en inspectie	85		
15.7 EN 13445 - 6: Specifieke eisen voor drukvaten en delen gemaakt van nodulair gietijzer	86		
15.8 CR 13445 - 7: Ondersteuning bij het toepassen van conformiteitprocedures	86		

Hoofdstuk 1

Introductie in kwaliteitsborging

1.1 Inleiding

Kwaliteit. Een begrip waar je veel over hoort en leest. Bij het maken van een product of het verlenen van een dienst speelt de kwaliteit van de vervaardiging of dienstverlening een zeer belangrijke rol. Het begrip kwaliteit heeft te maken met de mate waarin een product of verleende dienst voldoet aan de eisen die de afnemer daaraan stelt. Je kunt bijvoorbeeld denken aan de bruikbaarheid en levensduur van een product of de mogelijkheid tot repareren. Kwaliteit is echter een relatief begrip. Wat de één kwaliteit noemt, kan voor een ander niet goed genoeg zijn. Daarom kan een bedrijf dat kwaliteit wil leveren maar één uitgangspunt hebben. Namelijk dat de producten en diensten minimaal moeten voldoen aan de vastgestelde normen en behoeften van de afnemer. Deze normen en behoeften moeten beide partijen in het contract stadium overeenkomen. Bij een productieproces is het makkelijk om te verwijzen naar allerlei exacte normen: bijvoorbeeld lengte, breedte en hoogte. Bij dienstverlening ligt dat wat moeilijker. Want wat is accuraat, schoon of snel? Daarom is het belangrijk om in het voorbereidende stadium de juiste begrippen vast te leggen. Alleen op deze wijze spreken partijen dezelfde taal. Na het afsluiten van het contract is het dan ook zaak voor het bedrijf in één keer goed te leveren, volgens de gevraagde kwaliteit, volgens de afgesproken levertijd en de overeengekomen prijs. Maar dat geldt niet alleen voor vandaag, maar ook voor morgen enzovoort. Het is een continu proces, waarbij iedere medewerker zich bewust dient te zijn van zijn aandeel in het totale proces. Geconstateerde fouten of tekortkomingen dienen tot verbeteracties te leiden. Het ontwerp- en productieproces zal zodanig worden ingericht dat fouten of tekortkomingen worden voorkomen. Alle schakels in de voortbrengingsketen van "marktonderzoek" tot en met "service" worden in één keer goed doorlopen (zie figuur 1.1).



figuur 1.1 Schakels in de voortbrengingsketen (kwaliteitskringloop)

Dit vraagt om een duidelijke sturing van de bedrijfsleiding. Bovendien vereist dit betrokkenheid van alle medewerkers van hoog tot laag. Wordt kwaliteit vanuit deze zienswijze benaderd, dan spreken we over integrale kwaliteitszorg, een kwaliteitsbeleid als onderdeel van het totale bedrijfsbeleid. Het antwoord op de eis van maximale kwaliteitszorg is een kwaliteitsborgingssysteem. Daarover in de volgende paragrafen hoofdstukken meer.

1.2 Historische achtergronden

Kwaliteitszorg is pas goed op gang gekomen na de Tweede Wereldoorlog in Amerikaanse bedrijven, die gespecialiseerd waren in massaproductie. De kwaliteitszorg was veel meer

intern dan extern gericht; dat wil zeggen dat economische motieven als verlaging van het uitvalpercentage, verbetering van planning, verkleining van de verspilling in materiaal, energie en arbeid, de belangrijkste redenen waren. Het succes van deze op kostprijsverlaging gerichte kwaliteitsbeheersing waaide al snel over naar Europa en Japan, waar de systematieken gebaseerd op statistische verwerking nog verder werden geperfectioneerd.

In een latere fase werden onder druk van opdrachtgevers en gebruikers voornamelijk uit de hoek van defensie, energieopwekking en de chemische procesindustrie de kwaliteitsbeheersingssystemen ook dwingend voorgeschreven voor enkel of kleine seriefabricage. De motieven werden daarbij duidelijk meer extern gericht: gericht op betrouwbare levertijden, grotere bedrijfszekerheid, veiligheid, onderhoudsvriendelijkheid, levensduur, enz.

In de zestiger jaren groeide het inzicht dat incidentele kwaliteitsbeheersing ten behoeve van eenmalige opdrachten gedoemd was om te mislukken. Zeker als deze niet was gestoeld op een brede basis van een kwaliteitszorgsysteem dat continuïteit in zich had en regelmatig getoetst werd (audits) en zo nodig aangepast. Zo ontstonden in de zestiger jaren zelfs normen waarin werd vastgelegd hoe de kwaliteitswaarborging georganiseerd moest worden en waaraan de relatie fabrikant/leverancier en opdrachtgever/fabrikant diende te voldoen.

Zo hebben de zogenaamde Allied Quality Assurance Publications (AQAP's), gebruikt door de NATO-participanten, als typische door de gebruikers geproduceerde standaards ten aanzien van de kwaliteitsborging, model gestaan voor vele soortgelijke door opdrachtgevers geïnitieerde normen.

Ook zijn kwaliteitsborgingsnormen tot stand gekomen door samenwerking van groepen leveranciers uit dezelfde productsector of van groepen fabrikanten en klanten (ASME-code).

Ook derden, zoals verzekeringsinstanties en overheden gingen zich in de zestiger jaren met kwaliteitsborgingsnormen bezighouden vanuit hun belangensfeer, te weten grotere bedrijfszekerheid en veiligheid voor mens en milieu (Lloyds, Veritas, TÜV en Dienst voor het Stoomwezen).

Een belangrijk proces in de kwaliteitsborging is het lassen. Het lassen wordt beschouwd als een bijzonder proces. In een aantal gevallen zijn calamiteiten met lasverbindingen zelfs directe aanleiding geweest tot het opzetten van normen voor kwaliteitsborging c.q. voor het eisen van een kwaliteitsborgingssysteem door opdrachtgever/gebruikers of door overheidsinstanties.

De uitgebreide toepassing van lassen als productietechniek, de aanvankelijke ambachtelijke aanpak daarvan en de snelle ontwikkelingen in de lastechnologie zelf, kort na de Tweede Wereldoorlog, zorgden voor een toename van calamiteiten. Ook de zwaardere bedrijfsomstandigheden, de progressief afnemende veiligheidsfactoren, het gebruik van meer economische ontwerpcriteria en de ontwikkeling in of nieuwe toepassing van materialen, die samengesteld moesten worden, waren daar debet aan.

In eerste instantie trachtte men deze calamiteiten te voorkomen door een geweldige intensivering in inspectie, keuring en toezicht, zelfs tot een 100%-basis. Men kwam echter spoedig tot het inzicht dat dit een inefficiënte methode was. In de meeste gevallen werden fouten gevonden, doch niet voorkomen en werd er tevens een grote verspilling in menskracht en materialen geconstateerd. De roep om een systematische aanpak werd hierdoor verhoogd. (Een reparatie in een 10 mm dikke plaat kost het vijfvoudige van de oorspronkelijke laskosten).

Enige van de belangrijkste calamiteiten in gelaste constructies, die in dit verband kunnen worden gememoreerd, zijn:

- ▶ het instorten van de Kings Bridge in Melbourne in 1962;
- ▶ het falen van diverse drukvaten gedurende de druktest (persproef) in de vijftiger en zestiger jaren;
- ▶ een Amerikaanse analyse uit de begin zestiger jaren betreffende enige honderden conventionele componenten, zoals drukvaten en stoomgeneratoren, waaruit bleek dat

slechts 10% op tijd werd geleverd, 30% werd zelfs 0,5 à 1 jaar te laat opgeleverd, terwijl bij 50% na herinspectie ingrijpende reparaties noodzakelijk bleken;

- ▶ ernstig falen in de zestiger jaren in ketelcomponenten in Engeland, waardoor het toenmalige energieprogramma in gevaar dreigde te komen. De oorzaken lagen voornamelijk in autogeen-lassen, afbrandstuiklassen en aangelaste delen aan pijpen en drukvaten.

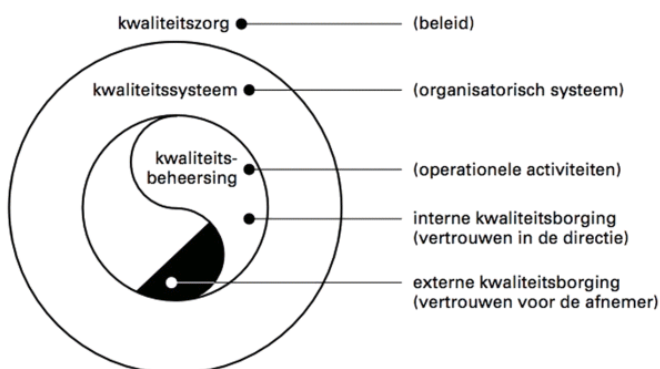
1.3 Systematiek voor borgen van kwaliteit

Termen en begrippen

Een systeem van totale kwaliteitsborging is opgebouwd uit een aantal elementen, te weten:

- ▶ kwaliteitszorg (quality management);
- ▶ kwaliteitssysteem (quality system);
- ▶ kwaliteitsbeheersing (quality control);
- ▶ kwaliteitsborging (quality assurance).

Een en ander is in figuur 1.2 weergegeven.



figuur 1.2 Samenhang tussen kwaliteitszorg, systeembeheersing en -borging

Kwaliteitszorg is een beleidsfunctie, namelijk dat aspect van de totale managementfunctie dat bepalend is voor het kwaliteitsbeleid en de uitvoering.

Het kwaliteitssysteem omvat de organisatorische structuur, dat wil zeggen verantwoordelijkheden, procedures, processen en voorzieningen om de kwaliteitszorg uit te kunnen voeren.

De kwaliteitsbeheersing omvat de operationele technieken en activiteiten die worden toegepast om aan de kwaliteitseisen te voldoen (bijv. controle). Om de productkwaliteit te beheersen is controle nodig. Controleren is het vergelijken van de werkelijke gegevens met de norm. Dit is één van de activiteiten als onderdeel van kwaliteitsbeheersing.

De kwaliteitsborging is het geheel aan geplande acties dat nodig is om voldoende vertrouwen te geven dat een product voldoet aan de gestelde kwaliteitseisen.

Modellen van kwaliteitsborging

Er zijn in 1994 drie normen ontwikkeld als model voor de kwaliteitsborging,

- ▶ (NEN-)EN-ISO 9001: Kwaliteitssystemen. Model voor de kwaliteitsborging bij het ontwerpen/ontwikkelen, vervaardigen, installeren en de nazorg. Deze norm is van toepassing, indien door de leverancier overeenstemming met de voorgeschreven eisen moet worden gewaarborgd tijdens de verschillende eerder genoemde stadia.
- ▶ (NEN-)EN-ISO 9002: Kwaliteitssystemen. Model voor de kwaliteitsborging bij het vervaardigen en het installeren. Deze norm is van toepassing, indien door de leverancier overeenstemming met de voorgeschreven eisen moet worden gewaarborgd tijdens het vervaardigen, uitvoeren en installeren.
- ▶ (NEN-)EN-ISO 9003: Kwaliteitssystemen. Model voor de kwaliteitsborging bij de eindkeuring en de beproeving. Dit model is van toe-

passing, indien door de leverancier overeenstemming met de voorgeschreven eisen alleen moet worden gewaarborgd bij eindkeuring en beproeving.

Deze normen zijn vertalingen van de internationale ISO-normen van de International Organization for Standardization (ISO) en zijn ook als Europese norm aanvaard.

Daarnaast waren er in de 9000-serie nog verkrijgbaar:

- ▶ NEN-EN-ISO 9000: Kwaliteitszorg en normen voor kwaliteitsborging. Richtlijnen voor de keuze en de toepassing.
- ▶ NEN-EN-ISO 9004: Kwaliteitszorg en de elementen van een kwaliteitssysteem. Richtlijnen.

Modellen voor kwaliteitsmanagementsysteem

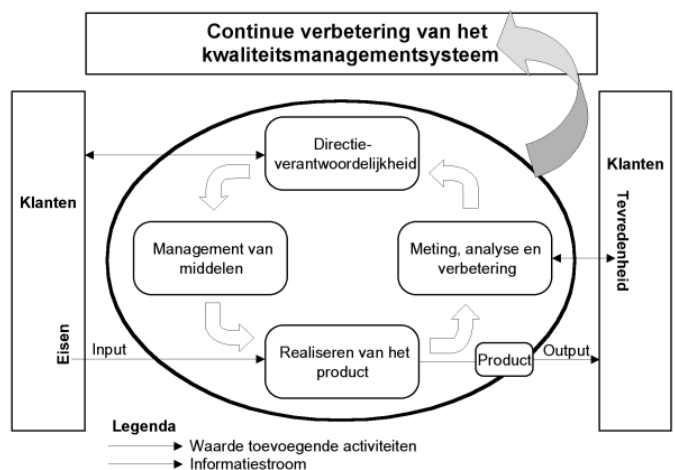
In 2000 zijn de normen op het gebied van kwaliteitszorg gestroomlijnd en teruggebracht tot de volgende serie:

- ▶ NEN-EN-ISO 9000: Kwaliteitsmanagementsystemen - Grondbeginselen en verklarende woordenlijst.
- ▶ NEN-EN-ISO 9001: Kwaliteitsmanagementsystemen - Eisen.
- ▶ NEN-EN-ISO 9004: Kwaliteitsmanagementsystemen - Richtlijnen voor prestatieverbeteringen.
- ▶ NEN-EN-ISO 19011: Richtlijn voor auditing van kwaliteits- en/of milieumanagementsystemen

Het onderscheid tussen NEN-EN-ISO 9001, 9002 en 9003 is komen te vervallen. De scope van het kwaliteitsmanagementsysteem wordt op het certificaat vermeld. Er bestaat de mogelijkheid om aan te geven welke elementen uit de ISO 9001 voor een organisatie niet van toepassing zijn. In het kwaliteitshandboek moet worden vastgelegd voor welke elementen uit hoofdstuk 7 van NEN-EN-ISO 9001 "Realisatie van het product" dit geldt.

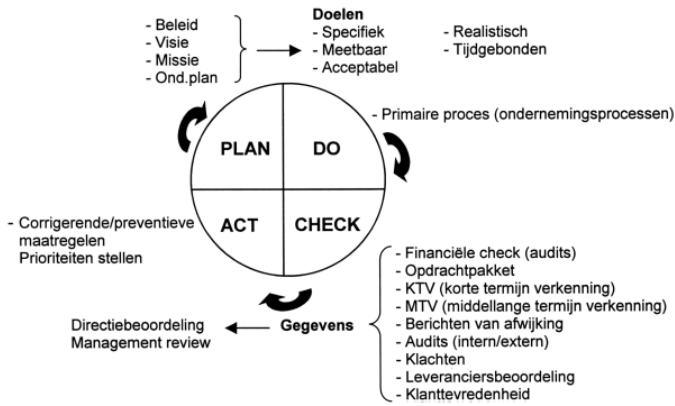
In het procesmodel van de nieuwe NEN-EN-ISO 9001 staat het productie- en dienstverleningsproces centraal. Het klantgerichte karakter komt tot uiting door de situering van de klant aan het begin van dit proces (eisen van de klant) en aan het einde (klanttevredenheid). In het procesmodel worden vier clusters van activiteiten onderscheiden, die met elkaar het kwaliteitsmanagementsysteem vormen. Deze vier clusters zijn opeenvolgend (zie ook figuur 1.3):

- ▶ managementactiviteiten die tot de directe taken van de directie behoren;
- ▶ management van middelen;
- ▶ realisatie van het product;
- ▶ meting, analyse en verbetering.



figuur 1.3 Model van een op processen gebaseerd kwaliteitsmanagementsysteem

Figuur 1.3 kan inhoudelijk worden vertaald naar de praktijk van alledag (zie figuur 1.4).



figuur 1.4 Uitwerking Plan Do Check Act

Het model dat als leidraad dient voor het beleid om tot een continue verbetering te komen van het kwaliteitsmanagementsysteem is gebaseerd op de methode, die bekend staat als PDCA (Plan Do Check Act).

- Plan:** Het vaststellen van de doelstellingen en processen die nodig zijn om resultaten te bereiken die in overeenstemming zijn met de eisen van klanten en het beleid van de organisatie.
- Do:** Het invoeren van de processen.
- Check:** Het bewaken en meten van processen en producten ten opzichte van beleid, doelstellingen en eisen voor het product alsmede het rapporteren van de resultaten.
- Act:** Maatregelen treffen om de procesprestaties continu te verbeteren.

Het begrip kwaliteitsborging uit de NEN-EN-ISO 1994-versie is in de 2000-editie vervangen door het kwaliteitsmanagementsysteem, hetgeen meer de nadruk legt op het managen (en verbeteren) van de kwaliteit door het borgen ervan.

1.4 Het kostenaspect in relatie tot kwaliteit

In feite kost kwaliteit niets. Wat geld kost, is het gebrek aan kwaliteit. Het gevolg is dat er extra arbeid moet worden verricht, die het gevolg is van foutieve handelingen, nalatigheden of het ontbreken van keuringseisen. Dit leidt tot hogere productkosten, die soms onvoorspelbaar hoog kunnen oplopen.

Het voldoen aan de kwaliteit wordt wel eens afgewogen tegen de kosten, die gemaakt moeten worden om op een systematische wijze aan de eisen te voldoen.

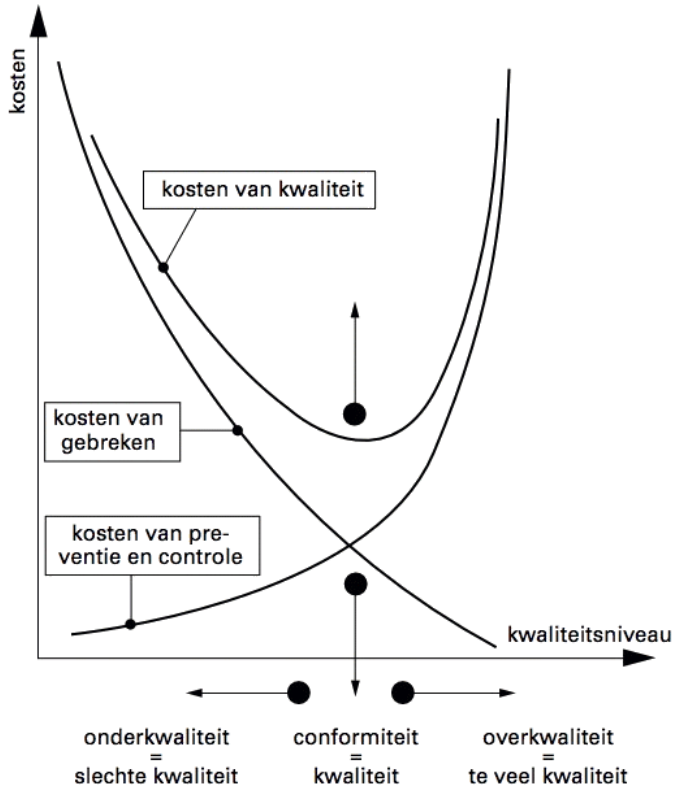
De kosten zijn hierbij te verdelen in drie categorieën:

- ▶ **Preventieve kosten**
Dit zijn de kosten die worden gemaakt om kwaliteitsafwijkingen zoveel mogelijk te voorkomen. Bijvoorbeeld acties om medewerkers kwaliteitsbewust te maken, het opzetten en invoeren van een kwaliteitsbegripstelsel, preventief onderhoud, medewerkers opleiden tot het gewenste niveau.
- ▶ **Controlekosten**
Dit zijn de kosten verbonden aan het keuren van de producten, het onderzoeken naar de klachten van afnemers.
- ▶ **Kosten ten gevolge van kwaliteitsafwijkingen (kosten van gebreken)**
Als bij het keuren blijkt dat er sprake is van een kwaliteitsafwijking (bijvoorbeeld ontwerpfout, materiaal fouten of fouten ten gevolge van slordig werken), ontstaan er extra kosten. Deze kosten kunnen bestaan uit het herstellen van fouten, nabewerking, onherstelbaar afgekeurde producten of prijsverlies door tweede keus. Bovendien is het moeilijk in geld uit te drukken wat het betekent je goede naam te verliezen of ontevreden klanten te hebben (hoe lang kunnen ze nog klant worden genoemd?).

Uit onderzoek is gebleken dat kwaliteitskosten, afhankelijk van de tak van industrie, 7 tot 35% van de omzet kunnen

zijn. Het overgrote deel hiervan, ongeveer 67%, blijkt te worden besteed aan het herstellen van gemaakte fouten. 25% van de kwaliteitskosten gaat naar de controlekosten. Slechts 8% wordt aan preventie uitgegeven. Investeren in preventie zal het aantal fouten verminderen (voorkomen is beter dan genezen).

Door het verbeteren van de kwaliteitsbeheersing (dit gaat gepaard met hogere kwaliteitskosten, zijnde preventieve en controlekosten) kunnen de totale productkosten dalen, doordat minder afkeur ontstaat. Een en ander is weergegeven in figuur 1.5. Het is niet de kwaliteit die duur is, maar wel een tekort aan kwaliteit.



figuur 1.5 Kwaliteitskosten

1.5 In- en externe eisen

Meestal worden met de kwaliteitseisen externe eisen bedoeld. Ofwel de eisen, die door de klant of de keuringsinstantie worden gesteld. Dit betekent echter niet, dat bij het ontbreken van externe eisen geen eigen of interne eisen mogen worden gesteld. Deze moeten evengoed zorgvuldig worden geformuleerd.

Verder worden onder de kwaliteitseisen vaak toleranties op afmetingen of sterkte-eigenschappen verstaan. Onder het begrip kwaliteitseisen valt echter meer. Het uitsluitend werken met goedgekeurde tekeningen (en volgens de juiste wijzigingsletter) is ook een kwaliteitseis. En ook het werken met goedgekeurde materialen, het inzetten van gekwalificeerde lassers en onderzoekers, de juiste opslag van lastoevoegmaterialen en het meten met periodiek geijkte meetapparatuur zijn kwaliteitseisen. Vaak wordt beweerd, dat eisen ten aanzien van deze onderwerpen overdreven zijn en alleen maar geld kosten. Het tegendeel is echter waar. Juist het ontbreken van eisen of het niet naleven ervan kost geld.

De kwaliteitseisen zijn dus te verdelen in:

- ▶ externe eisen, zoals vermeld in de specificatie van de klant of in keuringsvoorschriften;
- ▶ interne eisen, die een bedrijf zelf moet formuleren.

Het niet naleven van eisen leidt tot hogere productkosten. De interne eisen moeten worden vastgelegd in interne pro-

cedures. Deze procedures moeten goed bekend zijn. Anders kan van naleving geen sprake zijn.

Daarnaast is het vastleggen van interne procedures (lees: afgesproken werkwijzen) nuttig voor het instrueren van nieuwe medewerkers of medewerkers die binnen het bedrijf een andere taak krijgen. De externe eisen betreffen meestal alle fasen van het vervaardigingsproces. Zo moeten speciale eisen aan bijvoorbeeld materialen reeds vanaf het begin bekend zijn, omdat anders verkeerde materialen worden besteld. Dit leidt tot afkeur, of er moeten relatief hoge kosten worden gemaakt om ze alsnog te kunnen goedkeuren. Er komt dus duidelijk een planningsaspect aan te pas. Het op de juiste wijze en op het juiste tijdstip inbrengen van de externe eisen kan veel moeilijkheden voorkomen en kosten besparen.

1.6 *Waarom een kwaliteitsmanagementsysteem in het bedrijf?*

- ▶ Afnemers (opdrachtgevers) gaan de hoogste eisen stellen aan de zekerheid die u biedt ten aanzien van kwaliteit en leveringsbetrouwbaarheid. Zij eisen dat u precies levert volgens specificatie en exact op de afgesproken tijd (just in time-principe). Om deze betrouwbaarheid te kunnen waarborgen, zult u een kwaliteitsmanagementsysteem moeten hanteren, zoals bijvoorbeeld NEN-EN-ISO 9001, waarbij de klant centraal staat in uw denken en doen.
- ▶ Als uw concurrent er wel in slaagt om de faalkosten terug te dringen en u niet, prijst u zich snel uit de markt. De markt beperkt zich niet tot Nederland, maar heeft betrekking op de gehele wereld.
- ▶ In navolging van de Verenigde Staten is ook in Europa de bewijslast voor de productaansprakelijkheid bij de producent gelegd. Een sluitend kwaliteitsmanagementsysteem helpt u bewijzen dat uw product van goede kwaliteit is en verlaagt dus uw ondernemersrisico.
- ▶ Geen kwaliteitsmanagementsysteem: geen aanvragen meer en dus geen opdrachten!
- ▶ Omdat de onderneming er zelf in gelooft en de voordelen ervan inziet.
- ▶ Een commercieel voordeel (heeft echter een tijdelijk karakter als iedereen over een kwaliteitsmanagementsysteem beschikt).
- ▶ Daarnaast worden de projecten steeds ingewikkelder, hetgeen om een beheersbaar systeem vraagt.

Consequenties van de nieuwe NEN-EN-ISO-normen, editie 2000

In de nieuwe NEN-EN-ISO 9001 is een aantal eisen explicieter gemaakt, respectievelijk nieuw toegevoegd. De belangrijkste verschillen tussen NEN-EN-ISO 9001:1994 en NEN-EN-ISO 9001:2000 zijn:

- ▶ klanttevredenheid wordt gezien als de maatstaf voor het functioneren van het kwaliteitsmanagementsysteem;
- ▶ een procesbenadering van kwaliteitsmanagement staat centraal;
- ▶ de rol van de directie is groter geworden, zeker ten aanzien van het vergroten van de klanttevredenheid;
- ▶ meer aandacht voor middelen (zowel menselijke als niet-menselijke factoren);
- ▶ nadruk op continue verbetering.

Uiteraard hebben de wijzigingen hun invloed op de invoering, wijziging en beoordeling van kwaliteitsmanagementsystemen. Maar dit betekent niet dat men het roer helemaal moest omgooien. Organisaties, die een procesgeoriënteerde opzet hebben gekozen voor hun kwaliteitsmanagementsysteem, kunnen de huidige opzet gewoon handhaven. Wel moet men er goed op letten welke aanvullende/expliciet gemaakte eisen (voornamelijk klant gerelateerde eisen) in de nieuwe NEN-EN-ISO 9001 gesteld zijn. Deze moeten in het kwaliteitsmanagementsysteem worden ondergebracht.

Voor organisaties die daarentegen hebben gekozen voor een functioneel of normgeoriënteerde opbouw van hun kwaliteitsmanagementsysteem, betekent dit een ingrijpende actie. Zij worden geadviseerd om hun kwaliteitsmanagementsysteem om te bouwen, uitgaande van de kritische processen in de organisatie.

mentsysteem om te bouwen, uitgaande van de kritische processen in de organisatie.

Uit het onderstaande overzicht blijkt dat de NEN-EN-ISO 9001-lat gaandeweg hoger wordt gelegd:

- ▶ NEN-EN-ISO 9001:1987:
Het product moet voldoen aan de gestelde eisen en het systeem is gericht op het voorkomen van tekortkomingen, waarbij het treffen van corrigerende maatregelen een belangrijk element is.
- ▶ NEN-EN-ISO 9001:1994:
Het product moet voldoen aan gestelde eisen en het systeem is gericht op het realiseren van klanttevredenheid, waarbij het treffen van corrigerende en preventieve maatregelen belangrijke elementen zijn.
- ▶ NEN-EN-ISO 9001:2000:
Het product moet voldoen aan gestelde eisen en het systeem is gericht op het vergroten van klanttevredenheid, waarbij het treffen van corrigerende en preventieve maatregelen en het continu verbeteren van de effectiviteit van het systeem belangrijke elementen zijn.

De acht universele principes van kwaliteitsmanagement
Medio 1997 heeft de internationale Normcommissie Kwaliteitsmanagement van ISO een achttal principes voor kwaliteitsmanagement geformuleerd. Deze acht principes zijn opgesteld om organisaties te helpen met kwaliteitsmanagement en om hiermee hun prestaties te verbeteren. Toepassing van de acht universele principes voor kwaliteitsmanagement heeft voordelen voor klanten, eigenaren, medewerkers en leveranciers.

In de acht universele principes van ISO komt de onderliggende filosofie van de nieuwe kwaliteitsmanagementsysteemnormen en -richtlijnen tot uiting. Zij vormen de basisgedachte van de ISO 9000:2000-serie. Een groot deel van de principes is in NEN-EN-ISO 9001:2000 terug te vinden; in NEN-EN-ISO 9004:2000 zijn alle principes gehanteerd.

Het gaat om de volgende principes:

- ▶ klantgerichtheid;
- ▶ win-win relatie met leveranciers;
- ▶ leiderschap;
- ▶ betrokkenheid van medewerkers;
- ▶ procesbenadering;
- ▶ systeembenadering van managen;
- ▶ besluitvorming op basis van feiten;
- ▶ continue verbetering.

ISO beschouwt de principes voor kwaliteitsmanagement als essentiële stappen op weg naar TQM (Total Quality Management).

De NEN-EN-ISO 9000:2000-serie en product-procesgerichte normen vullen elkaar aan (bijvoorbeeld ISO 3834, voorheen NEN-EN 729). De NEN-EN-ISO 9000:2000-serie presenteert zich als een managementsysteem en dient ervoor om de zaken te borgen. Product/procesgerichte normen zijn een technische aan-/invulling van de actuele processen binnen een bedrijf.

1.7 *De invoering van het kwaliteitsmanagementsysteem*

Bij de invoering van het kwaliteitsmanagementsysteem moet de directie allereerst een beleidsnota op stellen, waarin wordt vastgelegd:

- ▶ tijdsplanning en prioriteitenstelling;
- ▶ beschrijving van de beschikbare middelen (financieel en qua mankracht);
- ▶ de te volgen procedure om eventueel noodzakelijke organisatieveranderingen door te voeren, indien er sprake is van een conflict tussen de werkelijkheid en de eisen in de NEN-EN-ISO 9000-serie.

Vervolgens dient een inventarisatie plaats te vinden om de bestaande normen en procedures vast te stellen en moet de organisatie worden vastgelegd met taken en verantwoordelijkheden. De volgende stap is het opstellen van een

concept kwaliteitshandboek in overleg met en in nauwe samenwerking met de betreffende afdeling(en).

Er kan sprake zijn van een ordergebonden aanpak. Terugkoppeling in de vorm van ervaringen en voorlichting is daarbij heel belangrijk. Hetzelfde geldt voor de procedures en werkinstructies.

Uiteindelijk dient het kwaliteitsmanagementsysteem te resulteren in door ieder beoordeelde en geaccepteerde documenten, waarnaar geleefd en gewerkt dient te worden. Alleen gezamenlijk is een organisatie in staat de vastgelegde afspraken na te komen.

Stap voor stap benadering NEN-EN-ISO 9001: 2000

Een overzicht van de hoofdstukken:

Inleiding

- ▶ De eisen zijn een aanvulling op technische eisen.
- ▶ Het invoeren van het kwaliteitsmanagementsysteem moet een strategische beslissing zijn van de organisatie.
- ▶ De norm beveelt een procesmatige benadering aan.
- ▶ Mogelijkheid tot integratie met NEN-EN-ISO 14001 (milieunorm).

Hoofdstuk 1 - Onderwerp en toepassingsgebied

De toepasbaarheid van de conceptnorm is afhankelijk van de bedrijfsactiviteiten. Het toepassingsgebied zal door het desbetreffende bedrijf kenbaar worden gemaakt, zoals bekend van de voormalige versies van de kwaliteitsnormen.

Hoofdstuk 2 - Normatieve verwijzing

De nieuwe conceptversie verwijst naar de nieuwe NEN-EN-ISO 9000:2000, de norm waarin de begrippen worden toegelicht en een woordenlijst is opgenomen.

Hoofdstuk 3 - Termen en definities

- ▶ De term leverancier, de organisatie die het product levert aan de klant, wordt vervangen door de term organisatie.
- ▶ De term toeleverancier, de organisatie die een product levert aan de leverancier (organisatie), wordt gewijzigd in leverancier.
- ▶ De term kwaliteitssysteem wordt vervangen door kwaliteitsmanagementsysteem.
- ▶ De term producten is vervangen door de begrippen goederen en/of diensten.

Hoofdstuk 4 - Inleiding tot de eisen gesteld aan kwaliteitsmanagementsystemen

Relatie opgenomen met andere internationale conceptnormen die specifiek relevant zijn voor NEN-EN-ISO 9001.

Hoofdstuk 5 - Directieverantwoordelijkheid

5.1 Betrokkenheid van de directie

De expliciete verantwoordelijkheid van de directie ten aanzien van klantgericht werken en het bevorderen hiervan in de organisatie wordt in deze paragraaf opgesomd.

5.2 Klantgerichtheid

De directie moet bewerkstelligen dat de eisen van de klanten zijn bepaald en dat eraan is voldaan met het doel klanttevredenheid te verhogen.

5.3 Kwaliteitsbeleid

- ▶ Het kwaliteitsbeleid dient afgestemd te zijn op het doel van de organisatie.
- ▶ De organisatie is verplicht te voldoen aan continue verbetering.
- ▶ De organisatie moet het kwaliteitsbeleid bekend maken op een begrijpelijke wijze voor de relevante lagen van de organisatie.
- ▶ Het kwaliteitsbeleid wordt beoordeeld op blijvende geschiktheid.

5.4 Planning

- ▶ De eisen worden duidelijker in samenhang gebracht met het kwaliteitsbeleid, de kwaliteitsdoelen en procesbeheersing.
- ▶ De expliciete eis is opgenomen dat de kwaliteitsdoelstellingen schriftelijk moeten zijn vastgelegd. De doelstellingen dienen de relatie te zijn tussen de directieverantwoordelijkheid en het management van de processen.

- ▶ Planning van concrete actie (als bekend uit de Demingcirkel en de milieunorm NEN-EN-ISO 14001) dient aanwezig te zijn.

5.5 Verantwoordelijkheid, bevoegdheid en communicatie

- ▶ Vastleggen verantwoordelijkheden en bevoegdheden van de functies binnen de organisatie en het organisatieschema.
- ▶ Benoemen directievertegenwoordiger.
- ▶ Zeker stellen interne communicatie.
- ▶ Samenstellen handboek en onderhouden.
- ▶ Beheer van documenten.
- ▶ Beheer kwaliteitsregistraties.

5.6 Beoordeling door het management

- ▶ input van de beoordeling;
- ▶ resultaten van audits;
- ▶ terugkoppeling van de klant;
- ▶ prestaties van het proces en productconformiteit;
- ▶ status van corrigerende en preventieve maatregelen;
- ▶ vervolmaatregelen van eerdere beoordelingen door het management;
- ▶ veranderingen die het kwaliteitsmanagementsysteem kunnen beïnvloeden.
- ▶ output van de beoordeling;
- ▶ verbetering van het systeem en de daartoe behorende processen;
- ▶ verbetering van het product naar aanleiding van de eisen van de klant;
- ▶ behoefte aan hulpbronnen.

Hoofdstuk 6 - Middelenmanagement

6.1 Beschikbaar stellen van middelen

Naast personeel worden ook informatie, infrastructuur, werkomgeving en financiële middelen aangehaald als middelen waarin de directie moet voorzien, indien noodzakelijk voor de beheersing van organisatie, processen en projecten.

6.2 Personeel

- ▶ Competent personeel op basis van relevante opleiding, training, vaardigheden en ervaring.
- ▶ Effectiviteit training beoordelen.
- ▶ CV's bijhouden.

6.3 Infrastructuur

- ▶ Werkruimte en bijbehorende faciliteiten.
- ▶ Uitrusting, hard- en software.
- ▶ Ondersteunende diensten.

6.4 Werkomgeving

- ▶ Bepalen en beheersen van de menselijke en fysieke aspecten van de werkomgeving, die nodig zijn voor het realiseren van productconformiteit.

Hoofdstuk 7 - Realiseren van het product

7.1 Planning van het realiseren van het product

Het identificeren en beheersen van processen, zodat:

- ▶ geleverde producten en diensten overeenstemmen met klantenwensen en -eisen;
- ▶ output van de processen in overeenstemming is met het kwaliteitsbeleid en de doelen;
- ▶ procescontinuïteit gegarandeerd wordt;
- ▶ middelen zijn geïdentificeerd en moeten beschikbaar zijn om de werking te verzekeren.

7.2 Klant gerelateerde processen

7.2.1 Bepaling van producteisen.

7.2.2 Beoordeling van producteisen = contractbeoordeling.

7.2.3 Communicatie met de klanten.

7.3 Ontwerp en ontwikkeling

7.3.1 Planning van ontwerp en ontwikkeling.

- ▶ De eisen in de norm richten zich meer op ontwerpen en ontwikkelen en minder op registratie van validatie en verificatie.
- ▶ De paragraaf is relevant voor ontwikkeling en ontwerp van alle producten en diensten als hardware, software, geproduceerde materialen en diensten.

- ▶ De paragraaf is relevant voor ontwikkeling en ontwerp van een kritisch proces waarvan de effectiviteit niet op een andere wijze kan worden beheerd.
- 7.3.2 Input voor ontwerp en ontwikkeling.
 - ▶ Inhoud ontwerp- en ontwikkelingsplan duidelijk vastgelegd, als projectdoelen en verwachte output, de diverse stadia, methoden en technieken, beoordelingen.
 - ▶ Identificatie en documentatie van applicatie product of dienst.
 - ▶ Identificatie en documentatie van andere benodigde input.
 - ▶ Beoordelen van inputgegevens.
- 7.3.3 Output voor ontwerp en ontwikkeling.
- 7.3.4 Beoordeling van ontwerp en ontwikkeling.
- 7.3.5 Verificatie van ontwerp en ontwikkeling.
- 7.3.6 Geldigverklaring van ontwerp en ontwikkeling.
 - ▶ Het begrip validatie (geldigheidsverklaring) is op een heldere wijze beschreven met daarin meegenomen hoe en waarom het moet plaatsvinden.
 - ▶ Aanvullende methoden opgenomen voor validatie, als beoordelen betrokkenheid derden, model en simulerende studies en productie, constructie of het leveren van onderzoek van de sleutelaspecten van diensten en producten.
- 7.3.7 Beheersing van wijzigingen in ontwerp en ontwikkeling.
 - ▶ Ontwerpbeheersing duidelijk omschreven in eenvoudig taalgebruik.
 - ▶ Opgenomen wat geïnitieerde technische en administratieve disciplines moeten bevorderen, bijvoorbeeld de beheersing van documentatie, hardware en software, gerelateerd aan een ontwerpproces.

7.4 Inkoop

- 7.4.1 Inkoopproces.
 - Bevat eisen inkoop algemeen en evaluatie van toeleveranciers.
- 7.4.2 Inkoopgegevens.
- 7.4.3 Verificatie van het ingekochte product.

7.5 Productie en dienstverlening

De normparagraaf over procesbeheersing is logisch van opbouw. Er is expliciet opgenomen dat procesverantwoordelijke personen moeten worden aangewezen. Aan de organisatie wordt tevens gevraagd vast te stellen bij welke productie/dienstverleningsprocessen de output niet direct of niet economisch verantwoord bewaakt, gekeurd of getoetst kan worden.

- 7.5.1 Beheersing van producten en het leveren van diensten.
 - Er is in procedures vastgelegd:
 - ▶ het beheersen en bewaken van de kwaliteit gedurende de voorbereiding en uitvoering van producten en diensten middels het keurings- en beproevingsplan (bijlage 1.1);
 - ▶ het gebruik van materieel, gereedschap en persoonlijke beschermingsmiddelen;
 - ▶ het uitvoeren van passend onderhoud aan materieel, gereedschap en beschermingsmiddelen;
 - ▶ de toepassing van standaarden, normen en interne richtlijnen voor het uitvoeren van een product of dienst.
- 7.5.2 Geldigheidsverklaring van processen voor productie en het leveren van diensten.
 - ▶ Eisen ten aanzien van specifieke processen (bijvoorbeeld bij lassen WPO s/WQRs). Dit is van toepassing voor alle processen waar gebreken pas aan het licht komen nadat het product in gebruik is genomen of de dienst is verleend.
- 7.5.3 Identificatie en naspeurbaarheid.
 - Conform versie 1994 is in procedures vastgelegd:
 - ▶ de identificatie van producten en diensten;
 - ▶ de identificatie van gekeurde, (voorlopig) afgekeurde en niet-gekeurde producten en diensten.

De combinatie van identificatie en kwaliteitsregistratie zorgt ervoor dat de naspeurbaarheid, voor wat betreft de status en herkomst gewaarborgd is in alle fasen van het proces van dienstverlening.

7.5.4 Eigendom van de klant.

Eigendom van de klant moet worden geïdentificeerd, geverifieerd, beschermd en bewaard.

7.5.5 Instandhouding van het product.

Conform versie 1994 is in procedures vastgelegd:

- ▶ de behandeling, opslag, verpakking en aflevering van materiaal en materieel;
- ▶ de maatregelen die nodig zijn om beschadiging en achteruitgang van opgeslagen materiaal en materieel te voorkomen.

7.6 Beheersing van bewakings- en meetapparatuur

7.6.1 Algemeen.

De organisatie moet processen vaststellen om te bewerkstelligen dat de bewaking en meting kunnen worden uitgevoerd.

7.6.2 Beoordeling van afwijkingen en de verwerking ervan.

Er is in procedures vastgelegd:

- ▶ het analyseren en registreren van de aard en de oorzaak van tekortkomingen;
- ▶ het doeltreffend en tijdig uitvoeren van corrigerende/preventieve maatregelen.

Hoofdstuk 8 - Metingen, analyse en verbeteringen

Alvorens met dit hoofdstuk verder te gaan, eerst enkele definities:

Afwijking: (Onacceptabel) verschil tussen voorschrift en werkelijkheid betreffende dienstverlening, proces, (handeling), kwaliteitssysteem.

Corrigerende maatregel: Maatregel die wordt genomen om de oorzaken van een opgetreden afwijking weg te nemen en in de toekomst soortgelijke gevallen te voorkomen.

Preventieve maatregel: Maatregel die wordt genomen om de oorzaken van een potentiële afwijking op voorhand weg te nemen (de afwijking is nog niet opgetreden). Deze maatregelen worden in principe genomen tijdens de directiebeoordeling in relatie tot de korte en middellange jaarplannen.

Klantenklacht: Wordt behandeld als zijnde een bericht van afwijking, gevolgd door een corrigerende maatregel conform de werkwijze genoemd in dit hoofdstuk. Communicatie met de opdrachtgever vindt schriftelijk plaats of via de notulen van de bouwvergadering

8.1 Algemeen

- ▶ Het vastleggen en implementeren van een meetanalyse en verbeterprocessen.
- ▶ Voorkomen dat producten en diensten, die niet voldoen aan de specificaties, worden geïnstalleerd of niet beheerd in gebruik worden genomen.
- ▶ Resultaten van analyses en verbeteringen zijn de inbreng voor de directiebeoordeling (management review.)

8.2 Bewaking en meting

8.2.1 Klanttevredenheid.

- ▶ Tevredenheid van de klant is de belangrijkste meting voor de output van het systeem (proces van meting, analyse, verbeteringen en beoordeling).
- ▶ De interne audits worden als belangrijkste meting voor de interne werking van het systeem aangegeven.

8.2.2 Interne audit

Er is in procedures vastgelegd:

- ▶ de uitvoering, de frequentie, de vorm en de rapportage van interne kwaliteitsaudits;
- ▶ de gegevens die in de auditrapportage moeten worden opgenomen;
- ▶ de vereiste kwalificaties voor de auditor;
- ▶ de distributie van de resultaten van interne audits;

- ▶ het opstellen en uitvoeren van corrigerende en preventieve maatregelen naar aanleiding van eventuele tekortkomingen die tijdens interne audits naar voren zijn gekomen.

Naast het nagaan of het kwaliteitsmanagementsysteem doeltreffend is ingevoerd en wordt onderhouden, moet ook het voldoen aan de eisen uit de norm worden bepaald, bijvoorbeeld door gebruik te maken van checklists.

De planning van audits dient mede gebaseerd te zijn op resultaten uit voorgaande audits.

8.2.3 Bewaking en meting van processen.

- ▶ Specificaties opgenomen voor monitoren van de output van processen, gebruik maken van de resultaten voor interne verbeteringen.

8.2.4 Bewaking en meting van producten.

- ▶ Bewaken van de specificaties van producten en diensten gedurende en aan het eind van het proces.

8.3 *Beheersing van afwijkende producten*

De organisatie moet bewerkstelligen dat producten die niet overeenkomen met de producteisen worden vastgesteld en beheerst om niet-beoogd gebruik of aflevering ervan te voorkomen. De beheersing en hiermee samenhangende verantwoordelijkheden en bevoegdheden om met afwijkende producten om te gaan, moet worden gedefinieerd in een gedocumenteerde procedure.

De organisatie moet met afwijkende producten omgaan op één of meer van de volgende manieren:

- ▶ door maatregelen te treffen om de waargenomen afwijking op te heffen;
- ▶ door gebruik, vrijgave of aanvaarding ervan toe te staan met goedkeuring door relevante autoriteit en, waar van toepassing, door de klant;
- ▶ door maatregelen te treffen om oorspronkelijk beoogd gebruik of toepassing uit te sluiten.

Registraties van de aard van afwijkingen en eventueel later getroffen maatregelen, waaronder verkregen goedkeuringen, moeten worden bijgehouden.

Wanneer een afwijkend product wordt gecorrigeerd, moet het opnieuw worden geverifieerd om aan te tonen dat het voldoet aan de eisen.

Wanneer er een afwijkend product wordt ontdekt na aflevering of tijdens het gebruik, moet de organisatie maatregelen treffen die gericht zijn op de gevolgen of mogelijke gevolgen van de afwijking.

8.4 *Analyse van gegevens*

- ▶ Het doel van deze paragraaf is het bepalen waar verbeteringen aan het kwaliteitsmanagementsysteem nodig zijn.
- ▶ De analyse moet informatie bieden over vastgestelde onderwerpen.
- ▶ Toepassing van statistische technieken wordt aanbevolen.
- ▶ De resultaten van data-analyse dienen als input te worden gebruikt van de directiebeoordeling.

De analyse van gegevens moet informatie opleveren met betrekking tot:

- klanttevredenheid;
- het voldoen aan producteisen;
- kenmerken en trends van processen en producten waaronder mogelijkheden van preventieve maatregelen;
- leveranciers.

8.5 *Verbetering*

- ▶ Gestelde eisen omtrent verbeteringen hebben met name betrekking op het meten van klanttevredenheid en het vaststellen van het vertrouwen van de klant.

8.5.1 Continue verbetering.

8.5.2 Corrigerende maatregelen.

De organisatie moet maatregelen treffen om de oorzaak van afwijkingen op te heffen om herhaling te voorkomen. Corrigerende maatregelen moeten afgestemd zijn

op de gevolgen van de afwijkingen die zich voordoen. Er moet een gedocumenteerde procedure worden vastgesteld om de eisen te definiëren voor:

- ▶ het beoordelen van afwijkingen (waaronder klachten van klanten);
- ▶ het bepalen van de oorzaken van afwijkingen;
- ▶ het beoordelen van de noodzaak om maatregelen te treffen om te bewerkstelligen dat afwijkingen zich niet opnieuw voordoen;
- ▶ het vaststellen en doorvoeren van de benodigde maatregelen;
- ▶ het registreren van de resultaten van de getroffen maatregelen;
- ▶ het beoordelen van de getroffen corrigerende maatregelen.

8.5.3 Preventieve maatregelen.

De organisatie moet maatregelen vaststellen om de oorzaken van mogelijke toekomstige afwijkingen op te heffen, om zo het ontstaan ervan te voorkomen.

Preventieve maatregelen moeten afgestemd zijn op de gevolgen van de mogelijke toekomstige problemen.

Er moet een gedocumenteerde procedure worden vastgesteld om de eisen te definiëren voor:

- ▶ het bepalen van mogelijke toekomstige afwijkingen en hun oorzaken;
- ▶ het beoordelen van de noodzaak om maatregelen te voorkomen dat afwijkingen zich voordoen;
- ▶ het vaststellen en doorvoeren van de benodigde maatregelen;
- ▶ het registreren van resultaten van de getroffen maatregelen;
- ▶ het beoordelen van de getroffen preventieve maatregelen.

1.8 *Audits*

Punt 8.2.2 in de NEN-EN-ISO 9001 geeft aan dat er ook interne toetsingen plaats moeten vinden in het bedrijf om antwoord te geven op de volgende vragen:

- ▶ "houden wij ons aan de spelregels"?
- ▶ "is het kwaliteitsmanagementsysteem doeltreffend ingevoerd"?

Bovendien dient er terugkoppeling plaats te vinden van ervaringen die zijn opgedaan bij de uitvoering van opdrachten. Periodiek vindt er dus een doorlichting plaats. Naar aanleiding van geconstateerde tekortkomingen dienen er corrigerende maatregelen te worden genomen.

De manager Kwaliteitszorg is verantwoordelijk voor de planning, uitvoering en rapportage van de audits. Ook afdelingshoofden kunnen audits uitvoeren bij andere afdelingen.

Door degene(n) die audits uitvoert (uitvoeren) zal een auditplan worden opgemaakt dat aangeeft c.q. rekening houdt met:

- ▶ doel en omvang van de audits;
- ▶ de van toepassing zijnde documenten en eisen;
- ▶ de activiteiten die voor de audit in aanmerking komen;
- ▶ de instanties die op de hoogte gesteld moeten worden;
- ▶ geplande data;
- ▶ de resultaten van de voorgaande audits.

Uitvoering

Voorafgaande aan de audit zal de auditor, indien van toepassing, een voorbespreking regelen met de verantwoordelijke personen van de te toetsen afdeling of bedrijf. Het doel van de bespreking is om:

- ▶ de doelstelling van de audit vast te stellen;
- ▶ de audit-datum vast te stellen en eventueel de personen aan te wijzen die aan de audit deel zullen nemen;
- ▶ te bepalen wanneer de nabespreking van de audit plaats zal vinden.

De uitvoering en rapportage vinden plaats aan de hand van een opgestelde standaard checklist met gebruikmaking van de desbetreffende hoofdstukken van het kwaliteitshandboek, alsmede de werkinstructies. Hierbij wordt rekening

gehouden met eerdere auditresultaten en met eerder gerapporteerde gebreken, indien van toepassing.

De auditor houdt een nabespreking met de betrokkenen. De geconstateerde afwijkingen worden besproken en vastgelegd.

Over de voorgestelde corrigerende maatregelen en de datum van invoering dient overeenstemming te zijn bereikt met het betrokken afdelingshoofd.

Rapportage

Zodra de audit is voltooid, geeft de auditor een rapport uit, dat de volgende informatie bevat:

- ▶ de doelstelling van de audit;
- ▶ de tijd waarop de audit plaatsvond;
- ▶ personen, die aan voorbespreking, audit en nabespreking hebben deelgenomen;
- ▶ een korte samenvatting van de bevindingen;
- ▶ een opsomming van de gevonden afwijkingen, voldoende omschreven om de betreffende afdeling in de gelegenheid te stellen corrigerende maatregelen door te voeren;
- ▶ aanbevelingen voor corrigerende maatregelen ten aanzien van de geconstateerde afwijkingen (zie bijlage 1.2);
- ▶ de mate waarin het kwaliteitsmanagementsysteem doeltreffend is ingevoerd;
- ▶ de mate waarin men voldoet aan de norm.

1.9 Eisen te stellen aan medewerkers en apparatuur

Kwaliteit kan alleen worden verkregen indien alle invloedsfactoren worden beheerst. Enkele factoren zullen in deze publicatie worden beschreven:

1. training/opleiding;
2. veiligheid;

Daarnaast spelen het onderhouden en kalibreren ook een belangrijke rol als invloedsfactoren op de te behalen kwaliteit en de kwaliteit van het lastoevoegmateriaal (zie hoofdstuk 16).

Ad 1. Training/Opleiding

Opleiden en trainen zijn van zeer groot belang. Verhoging van de kwaliteit van het laswerk staat voorop. Vandaar dat steeds hogere eisen worden gesteld aan de personen die zich met de lastechniek, en alles wat daar omheen hangt, bezighouden. De kennis van hun vak moet soms erg diepgaand zijn en dit geldt niet alleen voor het lastechnisch kader, maar ook voor de lasser zelf. In feite kunnen drie werkgebieden worden onderscheiden als het gaat om de verantwoordelijkheden voor een juiste uitvoering van het productiewerk.

De drie verantwoordelijkheidsniveaus zijn als volgt onder te verdelen:

- ▶ **Lasser**
Deze dient vooral de vaardigheid te bezitten en dient door middel van het vastleggen van kwalificaties aan te tonen dat hij voldoende kwaliteit bezit om goed te kunnen lassen.
- ▶ **Middelbaar lastechnicus**
Is veelal de lassersbaas. Zijn primaire taak is leiding te geven aan de lassers en ervoor te zorgen, dat de keuringseisen worden nagekomen. Deze technicus kan ook werkzaam zijn op de werkvoorbereiding en zich bezighouden met het opstellen van de lasmethodebeschrijvingen. Vanzelfsprekend is dit bedrijfsgebonden en zijn er, zoals aangegeven in § 4.4.1, nog veel meer mogelijkheden. Bij kleine bedrijven is het mogelijk om tijdelijk een middelbaar lastechnicus in te huren of er gemeenschappelijk één op de loonlijst te zetten.
- ▶ **Laspraktijkingenieur**
Vaak de hoogste instantie in een bedrijf als het gaat om las- en materialenkennis. Kan in een bedrijf verantwoordelijk worden gesteld voor de gehele lastechniek. Treedt vaak naar buiten op als woordvoerder van het bedrijf inzake lasproblemen tegenover de opdrachtgevers.

Maar het beroep van lasser houdt niet alleen in dat de handvaardigheid getoond moet worden. In feite dient hij kennis en eveneens achtergrondinformatie te hebben van alle aspecten, die in een lasmethodebeschrijving (WPS) voorkomen. Het moet hem duidelijk zijn wat de inhoud en de betekenis hiervan is. Daarnaast dient hij zelf de warmtehuishouding te controleren tijdens het lassen. Dit gebeurt nu nog teveel door een baas of inspecteur. Vanuit de opleidingen zal hier veel meer de nadruk op gelegd moeten worden.

Ad 2. Veiligheid

Tijdens de uitvoering van dagelijkse onderhouds- en constructiewerkzaamheden in de (petro)chemische en olie-industrie worden de medewerkers niet alleen geconfronteerd met kwaliteitseisen maar ook met veiligheidsvoorschriften. Vaak worden deze regels en voorschriften als een extra ballast gezien, waardoor een snelle en efficiënte dienstverlening niet mogelijk is. Een veiligheidszorgsysteem kan een bijdrage leveren om te komen tot een veilige werkplek. Sinds 1994 is de VCA (Veiligheids Checklist Aannemers) een geaccepteerd systeem om de zorg om arbeidsomstandigheden binnen het bedrijf of per project te waarborgen. Op 1 februari 2004 is de VCA 2004 versie 4 verschenen. Diverse opdrachtgevers stellen als eis dat een bedrijf, dat diensten op hun terrein verricht, gecertificeerd is om voor het werk in aanmerking te komen.

De opzet van een veiligheidszorgsysteem geeft de volgende voordelen:

- ▶ het bedrijf kan hiermee voldoen aan de eisen of wensen van de opdrachtgevers;
- ▶ het bedrijf kan een aantal zaken regelen met betrekking tot verantwoordelijkheden en aansprakelijkheid;
- ▶ het geeft een concrete invulling van artikelen uit de Arbowet.

In tabel 1.1 wordt een vergelijking aangegeven tussen VCA en de Arbowet.

tabel 1.1 Vergelijking tussen VCA en Arbowet

VCA	Arbowet
Hoofdstuk 1 Beleidsverklaring	Art. 3: Zorg voor veiligheid Art. 4: Beleid voeren Art. 5: Bescherming van derden
Hoofdstuk 3 Toolboxmeetings/Verstrekken van PBM's (persoonlijke beschermingsmiddelen)	Art. 6: Voorlichting en onderricht Art. 4: Beleidsvoering Art. 13: Samenwerken tussen werknemers en werkgevers Art. 24: Bevorderen VGW Art. 30: Samenwerken werkgevers Art. 56: Kosten
Hoofdstuk 10 Keuring en registratie	Veiligheidsbesluiten Besluiten andere wetten o.a.: ▶ Europese richtlijn voor drukapparatuur (PED) ▶ Publicatie (P) bladen en NEN normen
Hoofdstuk 12 Registratie van ongevallen	Art. 9: Melding en registratie Art. 10: Jaarverslag

Wanneer een systeem is ingevoerd kan tot certificeren worden overgegaan door een gecertificeerde instelling. Bij certificering volgens de VCA kunnen twee niveaus worden onderscheiden, namelijk:

- VCA*: beperkte goedkeuring voor kleine bedrijven (minder dan 35 medewerkers);
- VCA**: algemene goedkeuring voor hoofdaannemers en grote bedrijven (meer dan 35 medewerkers).

Om aan de VCA* te voldoen, moeten alle must-vragen met één en twee sterren binnen het veiligheidszorgsysteem (24 stuks) positief zijn ingevuld en moet een veiligheidsstatistiek worden overlegd. Uit deze statistiek dient te blijken dat het aantal verzuimongevallen binnen de organisatie onder een bepaalde waarde blijft. Voor de VCA** moet

aan alle must-vragen (33 in totaal) worden voldaan en tenminste 50 procent van de 13 aanvullende vragen, alsmede aan de veiligheidsstatistiek.

Een aantal must-vragen die ingevuld moeten worden om aan de VCA te voldoen zijn vaak al een integraal onderdeel van de bedrijfsvoering. Dit betekent dat er slechts weinig extra hoeft te gebeuren om op deze punten te voldoen aan de opzet van het veiligheidszorgsysteem. Voorbeelden hiervan zijn registratie van opleidingen, de introductie van nieuwe personeelsleden, het keuren van materialen en het houden van werkoverleg (toolboxmeetings in de VCA). Het enige wat binnen bedrijven dient te gebeuren, is meestal het formaliseren en registreren van de vaak informeel al geregelde zaken.

De hoofdstukindeling van de 2004-04 is als volgt:

- ▶ VGM- beleid en organisatie;
- ▶ VGM-Risicoanalyse/ Actieplan;
- ▶ Opleiding, voorlichting en instructie;
- ▶ VGM-communicatie en - overleg;
- ▶ VGM-projectplan;
- ▶ Milieuzorg;
- ▶ Voorbereiding op noodsituaties;
- ▶ VGM-inspecties;
- ▶ Bedrijfsgezondheidszorg;
- ▶ Aanschaf en keuring van materialen, materieel/middelen;
- ▶ Inkoop van diensten;
- ▶ Melding, registratie en onderzoek van incidenten.

Naast de beoordeling van het veiligheidsbeheerssysteem moet rekening worden gehouden met de veiligheidsstatistieken. Hierbij wordt gebruikt gemaakt van het aantal verzuimongevallen (is met meer dan één dag verzuim) per 1 miljoen gewerkte manuren uitgedrukt als ongevallenindex volgens NEN 3047 (IF is injury frequency).

Indien de ongevallenindex (IF) gemiddeld over de laatste drie jaar groter is dan 40, kan geen certificaat worden uitgereikt. Na het behalen van het certificaat moet de IF liggen tussen de 20 en 40 en moet er sprake zijn van 20 procent verbetering over een periode van drie jaar. Dan alleen kan er sprake zijn van een her-certificering voor de komende drie jaar. De veiligheidsstatistieken moeten tijdens de audit worden geverifieerd.

Verlenging van het certificaat

Het VCA certificaat is geldig voor een periode van drie jaar en is onderhevig aan verlengingsaudits door de certificerende instantie die op periodieke basis (minimaal één maal per jaar) worden uitgevoerd. Deze evaluaties zijn gebaseerd op een periodiek auditplan, dat door de auditor bij de initiële evaluatie gemaakt is, hetgeen verzekert dat alle belangrijke aspecten van het aannemersveiligheidsbeheerssysteem tenminste één keer periodiek geëvalueerd zijn gedurende drie jaar. Bij de periodieke audits dient zeker te worden gesteld, dat de veiligheidsstatistiek jaarlijks geactualiseerd wordt.

1.10 Mogelijke activiteiten van de lascoördinator in de verschillende takken van industrie

In de NEN-EN-ISO 14731 (voorheen NEN-EN 719) zijn de taken en verantwoordelijkheden van de lascoördinator vastgelegd. Omdat het lassen een bijzonder proces is, vereist dit extra voorbereiding om een betrouwbaar product te krijgen. De mensen die zich met de lasactiviteiten bezighouden, zoals plannen, uitvoeren, toezicht en inspectie, kunnen dit coördineren. In deze norm is een overzicht opgesteld waarin de verschillende taken tot uiting komen.

- ▶ Contractbeoordeling:
 - vaststellen of het bedrijf in staat is aan de eisen, genoemd in de specificatie, te voldoen.
- ▶ Beoordelen van de technische eisen :
 - plaats van de lasnaadvorm in relatie tot het ontwerp;
 - toegankelijkheid voor het lassen en niet-destructief onderzoek;
 - lasdetails;
 - aanvaardbaarheidscriteria.

- ▶ Onderaanneming:
 - bepalen of de onderaannemer geschikt is.
- ▶ Laspersoneel:
 - de kwalificaties van de lassers, operators en soldeerders.
- ▶ Apparatuur:
 - onderhoud;
 - geschiktheid van de bestaande apparatuur;
 - veiligheid (PBM).
- ▶ Productieplanning:
 - lasvolgorde;
 - apparatuur voor het voorwarmen en gloeien inclusief temperatuurcontrole;
 - klemrichtingen en mallen.
- ▶ Lasmethodekwalificaties.
- ▶ Lasmethodebeschrijvingen.
- ▶ Werkinstructies.
- ▶ Lastoevoegmaterialen.
- ▶ Leveringscondities
- ▶ Opslag en handling
- ▶ Materialen.
 - Basismateriaal:
 - lasbaarheidseigenschappen;
 - eventuele aanvullende eisen bij aankoop en het vaststellen van het type certificaat;
 - naspeurbaarheid, transport en opslag van het moeder-materiaal;
 - inspectie en beproeving voordat met lassen wordt begonnen;
 - geschiktheid vaststellen van de lasmethodebeschrijvingen;
 - voorbereiden van de productie van lasproefplaten;
 - geschiktheid vaststellen van de werkplek en de directe omgeving;
 - hechtprocedure vast stellen.
- ▶ Inspectie en beproeving tijdens het lassen.
- ▶ Controle van lasparameters, voorwarmtemperatuur.
- ▶ Lasvolgorde.
- ▶ Vervorming.
- ▶ Gutsen.
- ▶ Juiste gebruik van het lastoevoegmateriaal.
- ▶ inspectie en beproeving na het lassen.
 - Visuele inspectie:
 - volledige las;
 - lasafmetingen;
 - vorm, afmetingen en toleranties van de gelaste onderdelen;
 - uiterlijk van de las.
- ▶ Destructief en niet-destructief onderzoek:
 - het toepassen ervan;
 - bijzondere beproevingen.
- ▶ Lasaanvaarding:
 - het vaststellen van de inspectie- en beproevingsresultaten;
 - gerepareerde lassen opnieuw onderzoeken.
- ▶ Warmtebehandeling.
- ▶ Controle op de juiste uitvoering.
- ▶ Berichten van afwijking en corrigerende maatregelen.
- ▶ Reparatielassen.
- ▶ Kalibratie en validatie.
- ▶ Identificatie en naspeurbaarheid.
- ▶ Kwaliteitsdocumenten.

Het bedrijf dient een geautoriseerd lascoördinator te benoemen die de betreffende documenten mag ondertekenen. De normen onderscheiden drie niveaus van lascoördinatie, die afhankelijk zijn van de wijze en complexiteit van de uit te voeren werkzaamheden. Veelal ook wordt het niveau dwingend voorgeschreven in andere normen of in contracten.

1.11 Overzicht kwaliteitsborgingsnormen

NEN-EN-ISO 3834 (is gedeeltelijk een branchegerichte vertaling van NEN-EN-ISO 9001).

Het voordeel van de NEN-EN-ISO 9001 is dat het systeem voor alle industrietakken kan worden ingezet. Of je nu theekakjes produceert of een offshore platform bouwt, de filo-

sofie is dezelfde: "Geef de klant waar hij voor betaalt en doe het in één keer goed". Het nadeel is de vaktechnische vertaling voor de branche. Hoe ver ga je in detail? Vandaar dat er behoefte bestaat aan een praktische vertaalslag voor de branche. ISO-TC 44 heeft een poging gedaan door NEN-EN-ISO 3834 op te stellen. Men heeft zich beperkt tot puur het lassen, ofschoon u zich voor kunt stellen dat er meer "negatieve invloeden" aanwezig kunnen zijn op het totale product.

De materiaaleigenschappen van lasmetaal en warmte-beïnvloede zones kunnen niet worden bepaald door middel van niet-destructieve methoden. Dit betekent dat lassen behoort tot de categorie der "speciale processen" in de terminologie van NEN-EN-ISO 9001. Bepaling van de materiaaleigenschappen kan alleen indirect worden uitgevoerd door een goede beheersing van de productie, waardoor het noodzakelijk wordt enige vorm van kwaliteitssysteem bij de fabricage toe te passen. Het kwaliteitssysteem kan vrij eenvoudig zijn voor gelaste producten waarbij de materiaaleigenschappen niet kritisch zijn. Aan de andere kant is een nauwgezet kwaliteitssysteem noodzakelijk voor kritische toepassingen. ISO TC 44 heeft drie niveaus voor kwaliteitseisen gedefinieerd die worden toegelicht in NEN-EN-ISO 3834 delen 2, 3 en 4.

- ▶ NEN-EN-ISO 3834, deel 2 moet worden geraadpleegd (als een op zichzelf staande toepassing) wanneer een uitgebreide kwaliteitsbeheersing van het lassen noodzakelijk is. Dit kan bijvoorbeeld, wanneer als gevolg van de toepassing kritische of complexe lasmethoden nodig zijn, of wanneer een strikte beheersing van het lassen noodzakelijk is vanwege de eisen gesteld aan de eigenschappen van de las of de warmte-beïnvloede zone.
- ▶ NEN-EN-ISO 3834, deel 3 kan worden toegepast voor het meeste "code-werk". Het garandeert een efficiënte beheersing van het lasproces, met inbegrip van de mechanische eigenschappen en de overige eigenschappen van de las en de warmte-beïnvloede zone.
- ▶ NEN-EN-ISO 3834, deel 4 zou moeten worden toegepast wanneer materialen moeten worden gelast die niet kritisch zijn, in een gemiddeld diktegebied en wanneer een bewijs van taaiheid en andere eigenschappen in de warmte-beïnvloede zone niet vereist worden en waar tevens voorzorgen als bijvoorbeeld voorwarmen niet noodzakelijk zijn.
- ▶ NEN-EN-ISO 3834, deel 5 bevat 10 tabellen met de volgende trefwoorden:
 - lassers en operators;
 - lascoördinatoren;
 - medewerkers voor niet-destructief onderzoek;
 - WPS-en;
 - lasprocedures;
 - warmtebehandeling na het lassen;
 - inspectie en beproevingen tijdens het lassen;
 - inspectie en beproevingen na het lassen;
 - kalibratie van meet-, inspectie- en meetapparatuur;
 - overige lasprocessen.

In deze tabellen wordt per hoofdgroep van lasprocessen en per niveau van de ISO 3834 (2,3 of 4) aangegeven welke normen van toepassing zijn om te voldoen aan de certificeringseisen.

Tabel 1.2 toont de praktische uitwerking van de details, waarbij het onderscheid tussen de delen 2 en 3 niet zo groot is.

De NEN-EN-ISO 3834 vereist geen controle op of certificatie van het systeem van de producent voor het beheersen van het lassen als een speciaal proces. De normen veronderstellen echter onvoorwaardelijk dat het systeem een vast deel van het productiesysteem van de producent is, zodat het systeem elk moment (indien nodig) kan worden beoordeeld, getoetst. Elke beoordeling moet, voorafgaand aan een contract, worden uitgevoerd tijdens een prekwificatie fase. Een tijdelijk systeem kan echter in bepaalde gevallen nodig zijn, bijvoorbeeld voor tijdelijk werk 'on site'.

Nationale schema's die nauw aansluiten op de certificatie van het lassen volgens NEN-EN-ISO 3834 deel 2, 3 of deel 4 worden al verscheidene jaren veel gebruikt in enkele Europese landen, met name door producenten die staalconstructies, boilers, drukvaten en dergelijke constructies en producten produceren. Goedkeuring van fabrikanten volgens de DIN 18800 deel 7 ("Hersteller Qualifikation") is een erg bekend voorbeeld. Het ASME systeem voor goedkeuring van bedrijven - wat verscheidene Europese producenten van drухoudende componenten uit ervaring weten - lijkt ook iets op een certificatie volgens NEN-EN-ISO 3834 2/3.

Andere landen hebben geen traditie voor certificatie van lasbedrijven en een groot aantal hebben al een efficiënt lasbeheerssysteem dat echter niet als zodanig is gecertificeerd.

De wens voor certificatie is nauw verbonden met het algemene principe van de Europese lasnormen. De verantwoordelijkheid voor specificatie van de methode toegepast om de kwaliteit van de gelaste producten te kunnen beheersen, berust bij de producent, de gebruikers en de autoriteiten. Lasnormen moeten onafhankelijk van de gespecificeerde methode voor conformiteitsbeoordeling van de constructie of het product kunnen worden toegepast. Een toestemming aan de producent om de conformiteit van zijn product ten opzichte van de Europese regels onder zijn eigen verantwoordelijkheid te bepalen, zou bijvoorbeeld niet handig zijn voor wanneer de gedetailleerde normen een derde partij vereisen voor de kwalificatie van lassers en lasprocedures en van grondstoffen. Ook niet wanneer een derde partij niet-destructief onderzoek van het eindproduct of constructie moet bewaken.

CEN/TC 121 heeft dit probleem nader bekeken en heeft de lasnormen zo gestructureerd dat ze voor algemene toepassingen kunnen worden gebruikt. Alle normen zijn neutraal ten aanzien van de documentatie: de NEN-EN 287 (lasserskwalificaties) en de NEN-EN-ISO 15614-1 (lasmethodekwalificaties) staan bijvoorbeeld toe dat de fabrikant of een partij van buitenaf, een derde partij, de rapporten en certificaten tekent. Tijdens het opstellen van de NEN-EN-ISO 3834 serie werd hevig gediscussieerd over de behoefte aan voorzieningen ten aanzien van de lasinspectie en met name de kwalificatie van lasinspecteurs. Zulke voorzieningen kunnen echter niet in de NEN-EN-ISO 3834 serie worden opgenomen. Dit zou het gebruik van de normen bij toepassingen die vragen om een derde partij beperken.

NEN-EN-ISO 3834 normen kunnen ook worden gebruikt voor fabricage van alledaagse producten die niet aan richtlijnen of toepassingsnormen zijn onderworpen. De normen kunnen ook worden gebruikt voor serie- of massaproductie van producten die worden opgeslagen (voorraad) en verkocht via winkels waar de klanten niet direct bekend zijn met de producent.

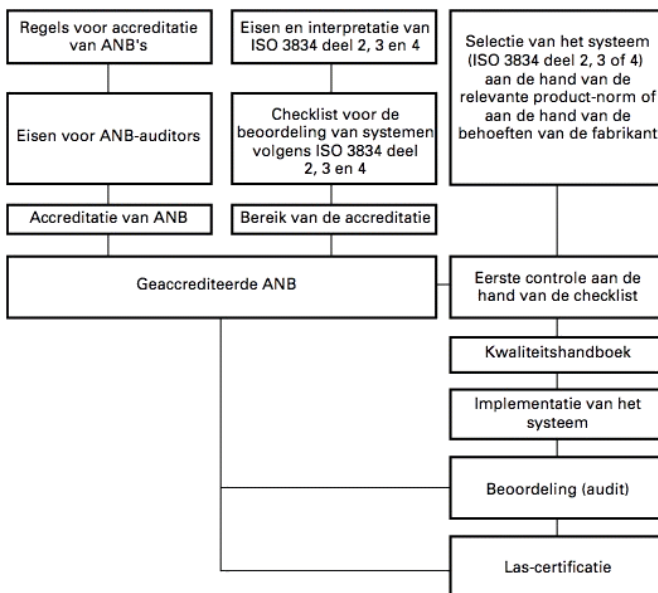
De European Federation for Welding, Joining and Cutting (EWF) heeft een geharmoniseerd systeem in Europa ontwikkeld dat de certificatie van lasbedrijven mogelijk maakt. Deze certificatie is gefundeerd op de NEN-EN 45012, de norm die de certificatie van bedrijven en instellingen beschrijft. Het EWF-schema (figuur 1.6) voorziet in harmonisatie van de beoordeling en certificatie van bedrijven volgens de eisen van de NEN-EN-ISO 3834. Voorts worden de eisen ten aanzien van auditors vastgesteld, geheel in overeenstemming met de geldende Europese regels op dit gebied.

Het EWF heeft daartoe een structuur ontworpen. Een commissie houdt zich bezig met de regels voor accreditatie, een andere commissie met die voor interpretatie van de NEN-EN-ISO 3834 en het maken van een uitgebreide (las-technische) checklist.

Het door de EWF ontworpen systeem voorziet in een uniforme erkenning van alle bedrijven die onder toezicht van de EWF een NEN-EN-ISO 3834 certificaat hebben gehaald. Het EWF systeem is sinds medio 1996 operationeel en is inmiddels door IIW overgenomen.

tabel 1.2 Vergelijking delen NEN-EN-ISO 3834

nr.	onderwerpen	ISO 3834 - 2	ISO 3834 - 3	ISO 3834 - 4
1	Beoordeling van eisen	Beoordeling is vereist		
		Vastlegging is vereist	Vastlegging kan worden vereist	Vastlegging is niet vereist
2	Technische beoordeling	Beoordeling is vereist		
		Vastlegging is vereist	Vastlegging kan worden vereist	Vastlegging is niet vereist
3	Uitbesteding	Te behandelen als fabrikant voor uitbestede product, dient of activiteit, echter de fabrikant blijft eindverantwoordelijk voor de kwaliteit		
4	Lassers en bedieners	Kwalificatie is vereist		
5	Lastoezichtpersoneel	Vereist		Geen bijzondere eis
6	Inspectie- en beproevingspersoneel	Kwalificatie is vereist		
7	Productie- en beproevingsuitrusting	Geschikt en beschikbaar zoals vereist voor voorbereiding, uitvoering van het proces, beproeving, transport, heffen/hijzen, in combinatie met veiligheidsvoorzieningen en beschermende kleding		
8	Onderhoud van uitrusting	Is vereist om productieconformiteit te verschaffen, handhaven en bereiken		Geen bijzondere eis
		Gedocumenteerde voorschriften en vastlegging zijn vereist	Vastlegging is aanbevolen	
9	Beschrijving van uitrusting	Overzicht is vereist		Geen bijzondere eis
10	Productieplan	Vereist		Geen bijzondere eis
		Gedocumenteerde voorschriften en vastlegging zijn vereist	Gedocumenteerde voorschriften en vastlegging zijn aanbevolen	
11	Lasmethodebeschrijving	Vereist		Geen bijzondere eis
12	Goedkeuring van lasmethoden	Vereist		Geen bijzondere eis
13	Partijkeuring van toevoegmateriaal	Indien vereist	Geen bijzondere eis	
14	Opslag en behandeling van lastoevoegmaterialen	Een procedure volgens de aanbevelingen van de leverancier		Volgens de aanbeveling van de leverancier
15	Opslag van moedermateriaal	Beschermen tegen omgevingsinvloeden is vereist; identificatie moet gedurende opslag worden gehandhaafd		Geen bijzondere eis
16	Warmtebehandeling na het lassen	Bewijs dat aan de eisen van de productnorm of specificatie is voldaan		Geen bijzondere eis
		Methode, vastlegging en naspeurbaarheid van vastlegging naar product zijn vereist	Methode en vastlegging zijn vereist	
17	Inspectie en beproeving voor, tijdens en na het lassen	Vereist		Indien vereist
18	Niet-overeenstemming en corrigerende maatregelen	Controlemaatregelen moeten zijn ingevoerd methoden voor reparatie en/of correctie zijn vereist		Geen bijzondere eis
19	Kalibratie of geldigverklaring van meet-, inspectie- en beproevingsapparatuur	Vereist	Indien vereist	Geen bijzondere eis
20	Identificatie tijdens het proces	Indien vereist		Geen bijzondere eis
21	Naspeurbaarheid	Indien vereist		Geen bijzondere eis
22	Kwaliteitsgegevens	Indien vereist		



figuur 1.6 Globale opzet van het systeem van de EWF(-IIV)-accreditiatie

Voor het invoeren van het systeem kan gebruik worden gemaakt van de NPR-CR 13576 , een handleiding voor het implementeren van de NEN-EN-ISO 3834 (aan te vragen bij het NEN in Delft).

Kwaliteitseisen voor certificeringsinstellingen

NEN-EN 45000-normen

CEN/CENELEC TC1 heeft een uitgebreide reeks normen ontwikkeld als basis voor de regelgeving en harmonisering op het gebied van certificering en erkenning van beproevingsactiviteiten.

De volgende normen zijn de ruggengraat geworden voor een systeem voor wederzijdse erkenning binnen de EU en EVA:

- ▶ NEN-EN 45002 Beoordeling van beproevingslaboratoria.
- ▶ NEN-EN 45003 Algemene criteria voor keuringsinstanties voor het certificeren van laboratoria.
- ▶ NEN-EN 45011 Algemene criteria voor certificeringsinstanties voor productcertificering.
- ▶ NEN-EN 45012 Algemene criteria voor certificeringsinstanties voor de certificering van kwaliteitssystemen.
- ▶ NEN-EN-ISO 17024 Algemene criteria voor certificeringsinstanties voor de certificering van personeel.
- ▶ NEN-EN-ISO 17050 Algemene criteria voor de fabrikan-tenverklaring van conformiteit.

De certificerende instellingen moeten voldoen aan de eisen gesteld in de NEN-EN 45011, respectievelijk NEN-EN 45012 en NEN-EN-ISO 17024.

De belangrijkste daarin gestelde voorwaarden zijn:

- ▶ onafhankelijkheid en onpartijdigheid;
- ▶ deskundigheid;
- ▶ betrouwbaarheid, de certificerende instelling moet werken volgens de voorschriften die versturende invloeden moeten uitsluiten;
- ▶ inspraak van vertegenwoordigers van een College van Deskundigen van de certificerende instelling;
- ▶ beschikbaarheid van een functionerend kwaliteitssysteem binnen de certificerende instelling zelf;
- ▶ open toegang tot certificatieverlening;
- ▶ beroepsmogelijkheid;
- ▶ geheimhouding.

De vermenging van certificaten en adviseren moet organisatorisch worden uitgesloten (moet strikt gescheiden blijven). Deskundigheid van de certificerende instelling is een zeer zware eis. Vandaar dat er niet valt te ontkomen dat auditors van certificerende instellingen ook gecertificeerd of erkend dienen te worden.

1.12 *Literatuur*

- [1] Kwaliteitszorg in de onderneming: absolute noodzaak; Ing. J.C. Vermeulen. Metaal en Kunststof 8 (21.4.'92) blz. 38 t/m 41.
- [2] NIL voorlichtingsdag 17.03.1992. Europese normalisatie in de lastechniek; Consequenties voor het bedrijfsleven.
- [3] Kwaliteitsborging; Ing. R.W.A. van den Berg, BME Ingenieurs B.V. Blz. 26 t/m 43.
- [4] NEN-EN-ISO 9001-serie en overige normen, uitgave Nederlands Normalisatie Instituut, Delft.
- [5] Stichting Opleidingen Metaal, Woerden; Cursus bedrijfsvoering voor de metaalsector.
- [6] Dictaat TNO, Apeldoorn; Kwaliteitsborging; C. Nederveen.
- [7] VM 85 eerste druk, Kwaliteitsborgingsaspecten bij de vervaardiging van gelaste constructies, FME Zoetermeer.
- [8] Veiligheidschecklist Aannemers (Versie 1995/01), Centraal College van Deskundigen.
- [9] V.I.B. Magazine, Veilig werken dankzij veiligheidszorg, drs. R. de Schrijver, Ing. H.A.C. Munsters, SGS Spijkenisse.
- [10] NIL-brochure V 951108, NEN EN 729 deel 1 t/m 4: "De sleutel tot laskwaliteit".
- [11] VCA checklist aannemers , uitgave 2004-04.

BIJLAGE 1.1**Keurings- en beproevingsplan (voorbeeld)**

Keurings- en beproevingsplan	
Project	:
Opdrachtgever	:
Ordernummer opdrachtgever	:
Ordernummer leverancier	:
Locatie	:
Keuringsinstantie(s)	:
Van toepassing zijnde normen	:
Inspectie leverancier	:
Keuringsniveau	: $X_1 = 100\%$ $X_2 = 10\%$ $X_3 = \text{document beoordeling}$ H = haltepunt
Opgesteld door:	Datum:
Opmerkingen	

BIJLAGE 1.1 (vervolg)**Keurings- en beproevingsplan (voorbeeld)**

Keurings- en beproevingsplan		Project :				Datum :			
		Order nr :				Blad :			
		Locatie :				Rev. :			
Act.	Omschrijving van de activiteit	Specificatie	Fabrikant	Opdrachtgever		Onafh. Insp.		Document	Opmerking
1	Materiaal en certificaten gecontroleerd								
2	Materiaal herwaarmerken								
3	Controle op herwaarmerken								
4	Controle op de behandeling van lastoevoegmateriaal								
5	Opstellen lasprocedures								
6	Goedkeuren van lasprocedures								
7	Controle lasserskwalificaties								
8	Controle of de laatste rev. van de goed-gekeurde tekeningen aanwezig zijn								
9	Nummeren van lassen op tekening								
10	Inspectie gedurende de prefab-fase								
11	Visuele inspectie (prefab-gedeelte)								
12	Uitvoering en documentatie van NDO (prefab-gedeelte)								
13	Inspectie gedurende de montage								
14	Visuele inspectie								
15	Uitvoering en documentatie van NDO (montage lassen)								
16	Druktest								
17	Conservering								
18	Isolatie								
19	Opstellen fabricage rapport								
20	Eindinspectie								
21	Overdracht documenten								
H = Haltepunt		X ₁ = bijwonen (100 %)		X ₂ = steekproeven (10 %)		X ₃ = beoordeling documenten			

BIJLAGE 1.2**Corrigerende maatregel**

Opdrachtgever :	Projectnummer:		
Projectbenaming:	Volgnummer :		
Datum :	Opgemaakt :		
Heeft betrekking op afwijkingsrapport			
Ondernomen actie			
Naam			
Afdeling			
Handtekening			
Datum			
Indien de corrigerende maatregel aanvaard wordt, stuur dan het getekende origineel naar de Afdeling Kwaliteitsinspectie			
Goedkeuring corrigerende actie/afhandeling NCR			
	Afd Kwaliteits- inspectie	Gemachtigde inspecteur	Klant
Naam			
Datum			
Handtekening			
Distributie			
QA Afdeling			
Betreffende afdeling			
Orderbegeleider			
Origineel archief Kwaliteitsinspectie			

Hoofdstuk 2

Kwaliteitsborging bij het lassen

2.1 Kwaliteitsborging in de lastechniek

Begrippen als lasmethodebeschrijving, lasmethode- en lasserskwalificaties passen geheel in de filosofie van de kwaliteitsbeheersing. In tabel 2.1 worden schematisch de fasen aangegeven, die zijn te onderkennen rondom het kwalificeren, waarbij opgemerkt dient te worden dat onder de kolom terminologie de juiste benaming is omschreven; dit daar aangezien er nogal wat spraakverwarring bestaat.

tabel 2.1 Fasen bij het kwalificeren

Fasen	Officiële terminologie
Opmaken "recept" aan de hand van: ▶ bestekcode ▶ interne bedrijfseisen ▶ overheidsseisen	Voorlopige lasmethode beschrijving (pWPS, voorlopige LMB)
Bewijsvoering (met eventuele terugkoppeling naar de WPS)	Lasmethodekwalificatie (WPQR, LMK)
Goedgekeurd fabricagevoorschrift	Lasprocedure (WPS, LMB en WPQR, LMK)
(Afgeleide lasinstructie)	Lasinstructie (WPS, LMB)

2.2 Specificeren en kwalificeren van lasmethoden

Lasmethodebeschrijving (WPS, LMB)

De lasmethodebeschrijving is de schriftelijke vastlegging van de details van de lasprocedure, welke als basis dient voor de productie van het laswerk, getoetst aan de eisen vastgelegd in de specificatie. Lasmethodebeschrijvingen zijn van belang om een goed gedefinieerde basis te vinden voor de planning van de lasuitvoering en voor controle tijdens het lassen. Bovendien doet het dienst in het kader van kwaliteitsbeheersing als lasinstructie voor de uitvoering.

De specifieke factoren die van belang zijn bij een goede las staan vermeld in de lasmethodebeschrijving (WPS). Daarin staan de belangrijkste instructies om tot een goede lasverbinding te komen:

- ▶ Keuze lasproces in relatie tot de constructie, de laspositie en plaatdikte;
- ▶ Juiste keuze lastoevoegmateriaal in relatie tot de eisen en de juiste opslag ervan (beproevingstemperatuur, kerftaaiheidseisen, corrosie-eisen);
- ▶ Lasdetail (vooropening, lasnaadvorm en soms zelfs de ligging van de afzonderlijke snoeren);
- ▶ Hechtprocedure;
- ▶ De te gebruiken lasapparatuur;
- ▶ Alle relevante lasparameters zoals in de norm wordt vermeld;
- ▶ De warmte-inbreng.

Het voorbereiden van een lasmethodebeschrijving levert de noodzakelijke basis, maar het impliceert niet automatisch een garantie te zijn dat de las aan de specificatie-eisen voldoet. Enkele afwijkingen, vooral onvolkomenheden en vervorming, kunnen worden beoordeeld door middel van niet-destructief onderzoek aan het gereede product.

Metallurgische afwijkingen vormen een speciaal probleem, omdat een niet-destructieve beoordeling van de mechanische eigenschappen heden ten dage nog onmogelijk is. Daarom zijn er regels opgesteld om te komen tot het kwalificeren van lasmethodebeschrijvingen, voordat met de actuele productie kan worden begonnen. Hiertoe zijn in europaes verband EN-regels opgesteld, inmiddels vrijwel compleet vervangen door mondiale EN-ISO regels.

De lasmethodekwalificatie is de praktische beoordeling van de lasmethodebeschrijving aan de hand van een onderzoek van een lasproef, terwijl de lasserskwalificatie de beoordeling van de bekwaamheid van de lasser is, of deze overeenkomstig de voorgestelde aanvaarde lasmethodebeschrijving het werk zo kan maken, dat aan de eisen van de specificatie wordt voldaan. De activiteiten rondom de lasmethode- en lasserskwalificaties (resp. WPQR's (LMK's) en LK's) zijn niet iets van de laatste jaren, maar dateren van voor de jaren 70. De lasmethodebeschrijving (WPS) is van recentere datum en wordt steeds meer toegepast als onderdeel bij het goedkeuren van de tekeningen, voordat met de productie wordt begonnen. Hierbij dient een onverbreekelijke samenhang te bestaan tussen de betreffende lasnaad op tekening en de bijbehorende WPS. Het geheel wordt het lasplan genoemd. De WPS is van tevoren ingevuld door de werkvoorbereider in overleg met de productiemensen en goedgekeurd door de verantwoordelijk lascoördinator. Andere werkwijzen zijn vanzelfsprekend ook mogelijk.

Zijn de WPS-en met daaraan gehecht de bijbehorende WPQR's goedgekeurd, dan kan met het werk worden begonnen. Worden bestaande WPQR's niet geaccepteerd of zijn ze niet voorhanden, dan wordt eerst met het proeflassen begonnen. De namen van de gekwalificeerde lassers die ingezet worden voor een order of project worden genoemd in een zogenaamde lasserslijst.

Het blijkt dat regelmatig de lasparameters bij het lassen van de WPQR alsnog worden aangepast. Hierna dient dus de oorspronkelijke WPS te worden gewijzigd (= afgeleide lasinstructie). Ook is het nodig van bijvoorbeeld hoeklassen WPS-en te maken als afgeleide van de lasprocedure van stompe lassen. In Nederland worden ook veelvuldig opdrachten verstrekt waarbij het product volgens bijvoorbeeld ASME VIII wordt ontworpen. De WPS-en dienen dan te voldoen aan ASME IX. ASME IX bevat specifieke essentiële en niet-essentiële variabelen voor ieder lasproces dat wordt gebruikt. Deze variabelen staan in de tabellen onder de paragrafen QW 250 t/m QW 280 van ASME IX..

2.3 Lasmethodekwalificatie (WPQR)

NEN EN ISO 15607 serie.

2.3.1 Inleiding

De vele delen waaruit de serie voor het kwalificeren van lasmethoden bestaat, worden weergegeven in tabel 2.2 (overgenomen uit de NEN-EN-ISO 15607).

De toepassing van de NEN-EN-ISO 15607-serie kan tussen de contractpartijen (besteller en fabrikant) worden overeengekomen. Die toepassing kan in voorkomende gevallen onder toezicht van een "aangemelde instantie" ("notified body" of NoBo) moeten worden uitgevoerd, bijvoorbeeld wanneer de wet hierom vraagt. De Richtlijn Drukapparatuur (PED) is hiervan een actueel voorbeeld.

Deze tabel geeft ook goed het grote belang van een lasmethodebeschrijving (WPS) aan. Een duidelijke zin geeft ten overvloede nog aan hoe de procedure voor kwalificatie in elkaar zit: 'een WPS moet als pWPS worden geclassificeerd zolang deze nog niet conform een van de in de normen genoemde methodes is gekwalificeerd'.

2.3.2 NEN-EN-ISO 15607; algemene regels

In NEN EN ISO 15607 worden de algemene regels, begrippen en definities voor het kwalificeren van lasprocedures gegeven. De lasprocessen worden met cijfers aangeduid overeenkomstig NEN-EN-ISO 4063. De aanduiding van de te kwalificeren lasprocessen is als volgt:

- 111 Booglassen met beklede elektrode;
- 114 Booglassen met gevulde draad, zonder gasbescherming ("gasloze gevulde draad");
- 12 Onder poeder lassen;
- 131 MIG-lassen (onder bescherming van een inert gas, bijv. argon of helium);

tabel 2.2 De delen waaruit de serie voor het kwalificeren van lasmethoden bestaat

proces	booglassen	autogeen lassen	elektronenbundelassen	laserlassen	weerstandlassen	bout/stiftlassen	wrijvingslassen
algemene regels	EN ISO 15607						
richtlijnen voor materiaal groepsindeling	CR ISO/TR 15608			niet toegepast		CR ISO/TR 15608	
WPS	EN ISO 15609-1	EN ISO 15609-2	EN ISO 15609-3	EN ISO 15609-4	EN ISO 15609-5	EN ISO 14555	EN ISO 15620
geteste lastoevoegmaterialen	EN ISO 15610		niet toegepast				
eerder opgedane ervaring	EN ISO 15611					EN ISO 15611	EN ISO 15611 EN ISO 15620
standaard lapprocedure	EN ISO 15612				niet toegepast		
productie voorproeven	EN ISO 15613					EN ISO 15613 EN ISO 14555	EN ISO 15613 EN ISO 15620
lasmethode beproeving	EN ISO 15614 Part 1: Staal/Nikkel Part 2: Aluminium Part 3: Gietijzer Part 4: Gietaluminium Part 5: Titanium/zirkonium Part 6: Koper Part 7: Oplassen Part 8: Nat hyperbaar lassen Part 10: Droog hyperbaar lassen	EN ISO 15614 Part 1: Staal/Nikkel Part 3: Gietijzer Part 6: Koper Part 7: Oplassen	EN ISO 15614 Part 7: Oplassen Part 11: Elektronenbundel en laserlassen		EN ISO 15614 Part 12: Punt-, rolnaaden projectielassen Part 13: Afbrandstuijken	EN ISO 14555	EN ISO 15620

- 135 MAG-lassen met massieve draad (onder bescherming van een actief gas, bijv. CO₂, of een argonrijk menggas);
- 136 MAG-lassen met gevulde draad (onder bescherming van een actief gas, bijv. CO₂, of een argonrijk menggas);
- 137 MIG-lassen met gevulde draad (onder bescherming van een inert gas, bijv. argon of helium);
- 141 TIG-lassen;
- 15 Plasmalassen;
- 311 Autogeen lassen.

Een volledige lijst treft u aan op de website van het NIL (www.nil.nl).

2.3.3 Van pWPS naar WPS; goedkeuring van de lasmethode

Een pWPS is een voorlopige (preliminary) WPS, dat wil zeggen een experimentele lasmethodebeschrijving, die nog niet is gekwalificeerd. Deze kwalificatie kan geschieden op verschillende wijzen. De te kiezen weg kan, indien geen andere (al dan niet wettelijke) voorschriften gelden, worden vastgelegd in het contract bij de opdracht.

NEN-EN-ISO 15607 geeft de volgende wegen aan:

1. door middel van lasmethodebeproeving;
2. gebaseerd op eerder opgedane ervaring;
3. door het gebruik van goedgekeurd lastoevoegmateriaal;
4. door middel van een standaard lasmethode;
5. door middel van een lasproef direct voor het begin van de productie.

Welke vorm van goedkeuring wordt gehanteerd wordt bepaald door het contract tussen fabrikant en opdrachtgever, c.q. keuringsinstantie.

Het goedkeuringsrapport van de lasmethode, genoemd: WPQR (Welding Procedure Qualification Record) is het document met de werkelijke lasgegevens en de positief beoordeelde resultaten van het onderzoek van de lasmethode kwalificatieproef.

Ad 1. Goedkeuring door middel van lasmethode beproevingen

Deze wijze van goedkeuring van de lasprocedure is tot op heden de meest gebruikelijke. Hierbij worden lasproeven vervaardigd conform de pWPS en onderzocht en beoordeeld volgens de relevante norm. Zie bij voorbeeld NEN-EN-ISO 15614-1 voor staal en NEN-EN-ISO 15614-2 voor aluminium.

Ad 2. Goedkeuring door middel van eerder opgedane ervaring (NEN-EN-ISO 15611)

Een fabrikant kan goedkeuring van de lasmethode verkrijgen door te verwijzen naar eerder opgedane ervaring, op voorwaarde dat hij kan bewijzen door middel van passende originele documentatie van onafhankelijke aard, dat hij met goed gevolg met de betreffende lasuitvoering het materiaal heeft gelast. Het toegestane geldigheidsgebied van een WPS, goedgekeurd op basis van eerder opgedane ervaring, zal beperkt blijven tot de genormaliseerde materialen, lasprocessen, lastoevoegmaterialen en de geldigheidsgebieden van de essentiële variabelen, waarmee de benodigde en eerder opgedane ervaring kan worden aangetoond door middel van documenten. Verdere gegevens en technologische bijzonderheden met de eisen voor het goedkeuren van lasmethoden door middel van eerder opgedane ervaring zijn vastgelegd in NEN-EN-ISO 15611.

Ad 3. Goedkeuring door middel van het gebruik van goedgekeurde lastoevoegmaterialen (NEN-EN-ISO 15610)

Bij sommige materialen wordt de warmte-beïnvloede zone niet aanzienlijk verslechterd, mits de warmte-inbreng binnen voorgeschreven grenzen wordt gehouden. Bij zulke materialen wordt de lasmethode goedgekeurd op voorwaarde dat de lastoevoegmaterialen goedgekeurd zijn en dat alle essentiële variabelen binnen het geldigheidsgebied vallen.

De goedkeuring door middel van het gebruik van goedgekeurde lastoevoegmaterialen blijft beperkt tot booglasprocessen waarbij lastoevoegmateriaal wordt gebruikt. Alle activiteiten die samenhangen met het lassen, beproeven en inspecteren van proefstukken vallen onder de verantwoordelijkheid van een onafhankelijke beoordelaar of keuringsinstantie. De beoordelaar of keuringsinstantie dient de geldigheidsgebieden vast te leggen met betrekking tot de essentiële variabelen voor de goedgekeurde lastoevoegmaterialen.

Ad 4. Goedkeuring door middel van een standaard lasmethode (NEN-EN-ISO 15612)

Een WPS, opgesteld door een fabrikant, wordt goedgekeurd indien de gebieden van alle variabelen binnen het vastgestelde gebied vallen van de standaard lasmethode. Deze standaard lasmethode die wordt toegepast, dient te zijn goedgekeurd door een onafhankelijke beoordelaar of keuringsinstantie. De onafhankelijke beoordelaar of keuringsinstantie hanteert hierbij de eisen zoals die voor een lasmethodebeproeving (NEN-EN-ISO 15614-serie) gelden. Een voorgestelde pWPS, die in overeenstemming is met de als "standaard kwalificatie" uitgevoerde lasproef, kan worden geaccepteerd en gepromoveerd tot definitieve WPS. Er dient echter bij de kwalificatie van een

standaard lasmethode speciale aandacht te worden geschonken aan de eigenlijke beschrijving van de essentiële lasvariabelen, teneinde de goedgekeurde WPS onafhankelijk te maken van een bepaald lasmachinemark of van elke bepaalde voorwaarde gedurende het lassen van de proefstukken. Indien de definitieve WPS is goedgekeurd door de beoordelaar of keuringsinstantie, dan wordt dit een standaard lasmethode die daarmee beschikbaar is voor iedere fabrikant. De door het NIL op de markt gebrachte database WPSelect® is opgebouwd rond beproefde lasprocedures en derhalve een voorbeeld van de toepassing van deze wijze van kwalificeren.

Ad 5. Goedkeuring door middel van een lasproef direct voor het begin van de productie (NEN-EN-ISO 15613)

Goedkeuring door middel van een proef die direct voor het begin van de productie is gelast, kan worden verkregen, indien de vorm en de afmetingen van de vereiste proefstukken geen juiste afspiegeling is van de naad die gelast moet worden, bijvoorbeeld een lasverbinding van plaat aan een dunne pijp.

In dergelijke gevallen dienen één of meer speciale proefstukken te worden gemaakt om de productie-las na te bootsen op alle essentiële kenmerken, bijvoorbeeld afmetingen, lasspanningen en onregelmatige warmteafvoer. De proef dient te worden uitgevoerd voorafgaand aan de productie en onder de voorwaarden die tijdens de productie van toepassing zijn.

Keuring en beproeving van het proefstuk dient (voor zover mogelijk) te worden uitgevoerd volgens de eisen van de relevante norm. Deze beproeving mag zo nodig worden aangevuld of worden vervangen door specifieke beproevingen overeenkomstig de aard van de las in kwestie en dient te worden goedgekeurd door de beoordelaar of keuringsinstantie.

Een aanvaardbare lasproef direct voor het begin van de productie houdt goedkeuring in van iedere WPS die gelijksoortig is aan die welke werd gebruikt bij de beproeving. Welke methode nu moet worden gevolgd voor bijvoorbeeld een drukvat (onder hoge druk), wordt aangegeven in de daarop betrekking hebbende module, de Europese richtlijn PED, geldend voor drukvaten en eventueel daarvan afgeleide normen. De NEN-EN-ISO 15613-regels zijn dus zeer algemeen en het toepassingsgebied, c.q. de constructievorm of uitsluitend het contract bepaalt dus welke vorm van goedkeuring van een lasprocedure kan/mag worden toegepast.

2.3.4 De pWPS voor kwalificatie van de lasser

Indien de lasser bij het lassen van de kwalificatieproef niet in staat blijkt te zijn goede resultaten te behalen volgens de in de (p)WPS vermelde gegevens kan dit in principe twee oorzaken hebben:

- ▶ de lasser heeft onvoldoende vaardigheid;
- ▶ de (p)WPS is niet correct.

Bij een niet eerder aan de praktijk getoetste pWPS (bijv. voorproeven) kan het mogelijk zijn, dat de opgegeven gegevens moeten worden gecorrigeerd. Dit laatste kan alleen plaatsvinden door of in overleg met de verantwoordelijke personen. Na bijstelling van de pWPS kan de procedure (en de lasser) volgens de verbeterde versie alsnog worden gekwalificeerd.

2.4 NEN-EN-ISO 15614 Deel 1 en 2

Deze delen beschrijven de beproevingsmethodiek van een lasprocedure voor het booglassen van de diverse staalsoorten en nikkel en nikkellegeringen (deel 1) en aluminium en zijn legeringen (deel 2). Hierin is vastgelegd hoe een lasmethodebeschrijving wordt goedgekeurd door middel van lasmethodebeproevingen. De voorwaarden voor de uitvoering van de lasmethodebeproevingen worden beschreven en de geldigheidsgebieden van een goedgekeurde lasmethode worden in dit deel weergegeven.

Bijzondere omstandigheden kunnen meer uitgebreide beproevingen verlangen, dan in de norm is vastgelegd. Om te

voorkomen dat lasmethodebeproevingen op een later tijdstip onnodig moeten worden herhaald, dient tijdig te worden vastgesteld of uitgebreidere beproevingen vereist zijn, zoals bijvoorbeeld:

- ▶ dwarstrekproef in de las;
- ▶ buigproeven op het lasmetaal;
- ▶ Charpy-V kerfslag proeven;
- ▶ vloeigrens of 0,2% rekgrens bepaling;
- ▶ rekmeting;
- ▶ onderzoek op chemische samenstelling;
- ▶ micro-onderzoek;
- ▶ bepaling delta-ferriet bij austenitisch roestvast staal;
- ▶ enz.

Allereerst moet een voorlopige lasmethodebeschrijving (pWPS) worden opgesteld. Deze pWPS dient als werkinstructie voor het uitvoeren van de proeflas. Voor alle van toepassing zijnde parameters moet het bereik worden vastgelegd.

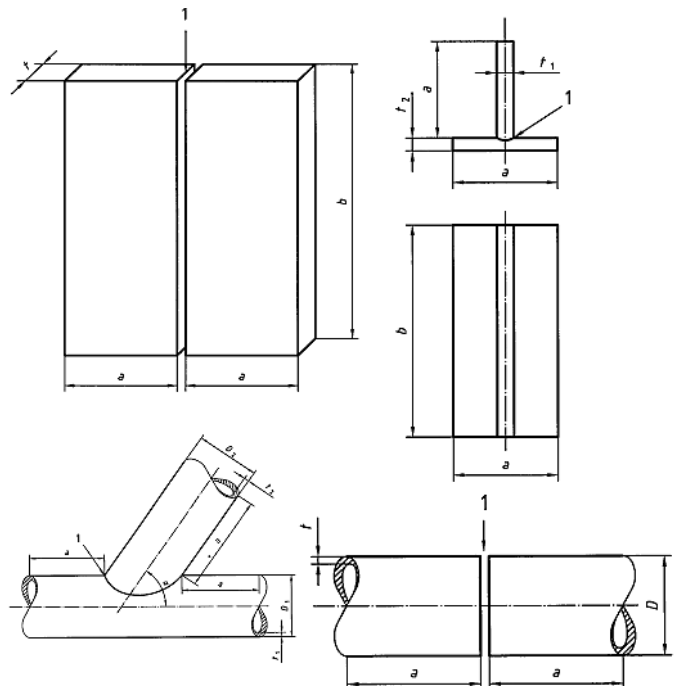
2.4.1 Lasmethodebeproeving

Het maken en beproeven van proefstukken die maatgevend zijn voor de lasmethode in de productie moet in overeenstemming zijn met de hierna volgende bepalingen. De lasser die de lasmethodebeproeving volgens deze norm met succes heeft uitgevoerd, is voor het desbetreffende gebied, zoals vermeld in het van toepassing zijnde deel van NEN-EN 287 of NEN-EN-ISO 9606, gekwalificeerd.

Proefstukken

Voor het kwalificeren moeten één of meerdere proefstukken worden gelast, die representatief zijn voor de in de productie toe te passen lasmethode. Ze moeten voldoende afmetingen hebben om een redelijke warmteverdeling te garanderen. De proefstukken moeten worden gelast volgens de pWPS, onder de algemene voorwaarden die tijdens de productie zullen gelden.

De verschillende vormen voor lasproefplaten zijn gestandaardiseerd en worden in de normen gegeven (zie figuur 2.1). Het lassen en beproeven van de proefstukken moet worden bijgewoond door de beoordelaar.



figuur 2.1 Proefstukken voor lasmethodekwalificatie

Onderzoek en beproeving

De beproeving moet worden uitgevoerd overeenkomstig tabel 2.3.

Voor de uitvoering van het niet-destructief en destructief onderzoek wordt verwezen naar de norm NEN-EN-ISO 15614-1 en 2 par. 7 e.v.

tabel 2.3 Onderzoek en beproevingen van proefstukken (Staal, voor aluminium geldt een vergelijkbare tabel). (Raadpleeg voor de laatste stand van zaken altijd de courante norm!)

Proefstuk	Beproeving	Omvang	Voetnoot
Stompe las	Visueel	100%	-
	Radiografie of US	100%	a
	Oppervlakte scheuronderzoek	100%	b
	Dwars trekproeven	2 proefstaven	-
	Dwars buigproeven	4 proefstaven	c
	Kerfslag proeven	2 sets	d
	Hardheid	vereist	e
Stompe T-verbinding Hoekverbinding in pijp	Macro	1 proefstaaf	-
	Visueel	100%	f
	Oppervlakte scheuronderzoek	100%	b en f
	US	100%	a, f en g
Hoeklas in plaat Hoeklas in pijp	Hardheid	vereist	e en f
	Macro	2 proefstaven	f
	Visueel	100%	f
	Oppervlakte scheuronderzoek	100%	b en f
Hoeklas in plaat Hoeklas in pijp	Macro	2 proefstaven	e en f
	Hardheid	vereist	f
	Hardheid	vereist	f

Verklaring van de tekens:
a. Ultrasoon onderzoek mag niet worden uitgevoerd bij $t < 8$ mm en niet bij de materiaalgroepen 8, 10, 41 t/m 48.
b. Penetrant onderzoek of magnetisch onderzoek.
c. Attentie voor de buigproef: in een aparte paragraaf wordt uitleg gegeven omtrent de vereiste buigradii.
d. Belangrijke opmerking over de toepassing en de eisen die aan deze proeven worden gesteld. Raadpleeg de norm!
e. Niet vereist voor materialen uit de subgroep 1.1 en de groepen 8, 41 t/m 48.
f. Deze beproevingen verschaffen geen informatie over de mechanische eigenschappen van de verbinding. Aanvullende proeven zijn wellicht noodzakelijk.
g. Voor $D = 50$ mm wordt geen u.s.-onderzoek verlangd. Voor $D > 50$ mm moet, indien mogelijk en indien u.s.-onderzoek niet uitvoerbaar, een radiografisch onderzoek plaatsvinden voor hoekverbindingen in pijp.

2.5 Goedkeuring lasmethodebeschrijving

Een pWPS wordt goedgekeurd (opgewaarderd tot "WPS") indien de kwalificatie voldoet aan de eisen van de specificatie. Indien het te lassen productiewerk een warmtebehandeling dient te ondergaan, volgens code of specificatie, dan moet na het lassen het proefstuk eveneens een warmtebehandeling ondergaan. De proeflas wordt vervolgens niet-destructief onderzocht door middel van een radiografisch of ultrasoon onderzoek. Tenslotte wordt het proefstuk mechanisch onderzocht. De beproeving dient te geschieden in een door de instantie aanvaard laboratorium met geijkte apparatuur, eventueel onder toezicht van een keuringsinstantie.

De verbinding moet natuurlijk voldoen aan de eisen die aan de te verbinden materialen mogen worden gesteld; dit geldt tenminste voor de sterkte-eisen. Wanneer er aan de verbinding extra eisen worden gesteld, zoals beperkte hardheid en/of gespecificeerde minimale taaiheid, dan moeten de uitkomsten van de proeven aan deze eisen voldoen. Het is derhalve uiterst belangrijk de contracteisen goed te bestuderen!

In geval twee verschillende materialen met elkaar worden verbonden, gelden de waarden behorende bij het zwakste materiaal als uitgangspunt voor de goedkeuring van de verbinding.

De mechanische beproevingen geschieden op basis van gedetailleerde voorschriften en normen. Voldoen de resultaten aan de eisen, dan is de lasmethodekwalificatie aanvaard en kunnen de gehanteerde lasparameters (met een zekere tolerantie) tijdens de productie worden gebruikt. Dit heet de "goedgekeurde lasprocedure".

2.6 Geldigheidsgebieden

Aan alle voorwaarden voor geldigheid moet onafhankelijk van elkaar worden voldaan. Wijzigingen buiten de vastgelegde gebieden vereisen een nieuwe beproeving. Een voor een fabrikant goedgekeurde WPS is slechts geldig voor het lassen in werkplaatsen of bouwplaatsen die onder dezelfde technische bewaking of kwaliteitsbeheersing van deze fabrikant staan.

Geldigheidsgebied lasmethodekwalificatie, dikte en afmetingen

Goedkeuring van een lasmethode voor stompe lasverbindingen in nominale dikte t geldt als aangegeven in tabel 2.4 zoals in de NEN-EN-ISO 15614-1 beschreven.

tabel 2.4 Geldigheidsgebied voor stompe verbindingen, T-verbindingen en pijpafsluitingen¹⁾

dikte proefstuk t [mm]	geldigheidsgebied NEN-EN-ISO 15614-1	
	één laag	meer lagen
$t \leq 3$	0,7 - 1,3 t	0,7 - 2 t
$3 < t \leq 12$	0,5 - 1,3 t (3 min.)	3 - 2 t
$12 < t \leq 100$	0,5 - 1,1 t	0,5 - 2 t
$t > 100$	n.v.t.	50 - 2 t

1) Raadpleeg voor de laatste stand van zaken altijd de courante norm!

Geldigheidsgebied lasprocedure voor hoeklassen

In de NEN-EN-ISO 15614-1 wordt de hoeklas als volgt gespecificeerd (zie tabel 2.5).

tabel 2.5 Geldigheidsgebied lasprocedure voor hoeklassen (NEN EN ISO 15614-1)¹⁾

dikte proefstuk t [mm]	geldigheidsgebied		
	materiaaldikte	keelhoogte	
		één laag	meer lagen
$t \leq 3$	0,7 - 2 t	0,75 - 1,5 t	onbeperkt
$12 < t \leq 100$	0,5 - 1,2 t (3 min.)	0,75 - 1,5 t	onbeperkt
$t > 100$	≥ 5	²⁾	onbeperkt

1) Raadpleeg voor de laatste stand van zaken altijd de courante norm!
2) Alleen voor speciale toepassingen.

De goedkeuring van een lasmethode voor pijp met middellijn D houdt goedkeuring in voor de middellijnen in de gebieden zoals weergegeven in tabel 2.6.

tabel 2.6 Geldigheidsgebied lasprocedure voor diameter pijp (NEN EN ISO 15614-1)¹⁾

Diameter D van het proefstuk (buitendiameter) [mm]	Geldigheidsgebied
$D \leq 25$	0,5 - 2 D
$D > 25$	$\geq 0,5 D$ (min. 25 mm)

1) Voor de laatste stand van zaken, raadpleeg altijd de courante norm!
N.B.: Goedkeuring van de lasmethode voor plaat geldt ook voor pijp met een $D > 500$ mm. De NEN-EN-ISO 15614-1 geeft aanvullend de opmerking dat in de posities PA en PC roterend de regel is dat een lasmethodekwalificatie gelast in plaat tevens geldt voor pijp met een diameter > 150 mm!

Voor aluminium gelden afzonderlijke tabellen; raadpleeg hiervoor de norm NEN-EN-ISO 15614-2.

Lasposities

De NEN-EN-ISO 15614-1 en -2 wijken voor wat de geldigheidsgebieden van lasposities betreft, af van de andere normen. De regels luiden:

- Als er geen kerftaaiheidseisen en geen hardheidseisen worden gesteld, geldt een goedkeuring in een willekeurige positie (in pijp of plaat) ook voor alle andere posities (in pijp of plaat).

- ▶ Als er wel kerftaaiheidseisen en/of hardheidseisen worden gesteld, moeten de kerfslagwaarden worden bepaald uit de positie met de hoogste warmte-inbreng en de hardheidmetingen moeten worden verricht in de positie met de laagste warmte-inbreng om goedkeuring voor alle posities te kunnen verkrijgen.

De verklaring hiervoor is dat bij de lasmethodebeproeving bij staalsoorten niet de laspositie bepalend is voor de verkregen structuur of hiermee samenhangende mechanische eigenschappen, maar de warmte-inbreng. De warmte-inbreng is overigens veelal weer sterk afhankelijk van de laspositie en de hierbij van toepassing zijnde lasparameters. Bij aluminium is de situatie echter anders. In NEN-EN-ISO 15614-2 wordt bepaald dat een proeflas gelegd in één positie geldt voor alle posities, behalve voor neergaand lassen (posities PG en JL-045).

Soorten verbindingen

De NEN-EN-ISO 15614-1 geeft een sterk vereenvoudigde voorstelling van zaken aan de hand van enkele algemene regels:

- ▶ Stompe verbindingen, volledig doorgelast, kwalificeren gedeeltelijk doorgelaste verbindingen en ook hoeklassen. Afzonderlijke hoeklasproeven kunnen noodzakelijk zijn wanneer de overgrote meerderheid van het werk uit hoeklassen bestaat.
- ▶ Stompe verbindingen in pijp kwalificeren aftakkingen ('branches') met een ingesloten hoek $\geq 60^\circ$.
- ▶ Stomp gelaste T-verbindingen kwalificeren ook hoeklassen (let op de uitzondering voor overwegend hoeklassen geldt ook hier!).
- ▶ Eénzijdig gelegde lassen zonder backing kwalificeren lassen gelegd van beide zijden en lassen met backing.
- ▶ Lassen gelegd met backing kwalificeren voor tweezijdige lassen.
- ▶ Lassen gelegd van twee zijden, zonder gutsen, kwalificeren voor lassen gemaakt van beide zijden mét gutsen.
- ▶ Hoeklassen kwalificeren uitsluitend hoeklassen.
- ▶ Het is niet toegestaan een meermalen las te veranderen in een éénlaagslas of vice-versa.

Basismateriaal

In principe geldt, dat een beproeving die is uitgevoerd met een materiaal uit een bepaalde groep, lager gelegeerde materialen alsmede materialen met een lagere gespecificeerde sterkte afdekken. Dit is vaak niet eenduidig, reden waarom er in de huidige normen een tabel is ingevoegd, waarin zeer specifiek een en ander wordt geregeld (zie tabel 2.7).

Voor aluminium is de situatie vergelijkbaar (tabel 2.8).

Lastoevoegmateriaal

Staal en nikkel(-legeringen)

Classificatie

Voor staal en nikkel(-legeringen) stelt men de eis dat, mits equivalente mechanische eigenschappen, hetzelfde type bekleding of poeder, dezelfde nominale samenstelling en dezelfde of betere waterstofgarantie volgens het bestaande kenmerk daarvoor in de Europese norm voor lastoevoegmateriaal, de classificatie van de lasprocedure geldig is. In geval van taaiheidseisen wordt voor de processen 111, 114, 12, 136 en 137, het lastoevoegmateriaal gebonden aan het type en de fabrikant van het lastoevoegmateriaal dat in de proefplaat is gebruikt. De overgang naar een ander merk is alleen dan mogelijk, wanneer hetzelfde essentiële deel van het kenmerk van toepassing is en bovendien wanneer een extra proefstuk wordt gelast, dat uitsluitend op kerftaaiheid wordt beproefd. Natuurlijk moet dit proefstuk op dezelfde wijze worden gelast als de oorspronkelijke kwalificatieproef.

Fabriekaat

Indien kerfslagproeven vereist zijn, geldt de goedkeuring alleen voor het beproefde fabriekaat. Om het specifieke fabriekaat te vervangen door een ander, met hetzelfde verplichte deel van de codering, moet een aanvullend proefstuk worden gelast met dezelfde lasparameters als bij de oorspronkelijke proef, waarbij alleen de kerftaaiheid wordt

tabel 2.7 Geldigheidsgebied basismaterialen staal volgens de nieuwe norm NEN-EN-ISO 15614-1

materiaal (sub-)groep van proefstuk	geldigheidsgebied ¹⁾
1 - 1	1 ^a - 1
2 - 2	2 ^a - 2, 1 - 1, 2 ^a - 1
3 - 3	3 ^a - 3, 1 - 1, 2 - 2, 3 ^a - 1, 3 ^a - 2
4 - 4	4 ^b - 4, 4 ^b - 1, 4 ^b - 1
5 - 5	5 ^b - 5, 5 ^b - 1, 5 ^b - 2
6 - 6	6 ^b - 6, 6 ^b - 1, 6 ^b - 2
7 - 7	7 ^c - 7
7 - 3	7 ^c - 3, 7 ^c - 1, 7 ^c - 2
7 - 2	7 ^c - 2 ^a , 7 ^c - 1
8 - 8	8 ^c - 8
8 - 6	8 ^c - 6 ^b , 8 ^c - 1, 8 ^c - 2, 8 ^c - 4
8 - 5	8 ^c - 5 ^b , 8 ^c - 1, 8 ^c - 2, 8 ^c - 4, 8 ^c - 6.1, 8 ^c - 6.2
8 - 3	8 ^c - 3 ^a , 8 ^c - 1, 8 ^c - 2
8 - 2	8 ^c - 2 ^a , 8 ^c - 1
9 - 9	9 ^b - 9
10 - 10	10 ^b - 10
10 - 8	10 ^b - 8 ^c
10 - 6	10 ^b - 6 ^b , 10 ^b - 1, 10 ^b - 2, 10 ^b - 4
10 - 5	10 ^b - 6 ^b , 10 ^b - 1, 10 ^b - 2, 10 ^b - 4, 10 ^b - 6.1, 10 ^b - 6.2
10 - 3	10 ^b - 3 ^a , 10 ^b - 1, 10 ^b - 2
10 - 2	10 ^b - 2 ^a , 10 ^b - 1
11 - 11	11 ^b - 11, 11 ^b - 1

1) Raadpleeg voor de laatste stand der zaken altijd de courante norm.
a Dezelfde of lagere rekgrens binnen die groep.
b Zelfde subgroep en elke lagere subgroep binnen dezelfde groep.
c Dekt staal in dezelfde subgroep

tabel 2.8 Geldigheidsgebied voor aluminium volgens de nieuwe norm NEN-EN-ISO 15614-2

materiaal (sub-)groep van proefstuk	verbindingen in gelijksoortige materialen	verbindingen in ongelijksoortige materialen
21 - 21	21 - 21	n.v.t.
22.1 - 22.1	22.1 - 22.1 22.2 - 22.2	22.1 - 22.2
22.2 - 22.2	22.2 - 22.2 22.1 - 22.1	22.1 - 22.2
22.3 - 22.3	22.3 - 22.3 22.1 - 22.1 22.2 - 22.2 22.4 - 22.4	Combinaties tussen 22.1, 22.2, 22.3 en 22.4
22.4 - 22.4	22.4 - 22.4 22.1 - 22.1 22.2 - 22.2 22.3 - 22.3	Combinaties tussen 22.1, 22.2, 22.3 en 22.4
23.1 - 23.1	23.1 - 23.1 22.1 - 22.1 22.2 - 22.2 22.3 - 22.3 22.4 - 22.4	Combinaties tussen 22.1, 22.2 ^a , 22.3 ^a en 22.4 ^a
23.2 - 23.2	23.2 - 23.2 23.1 - 23.1 22.1 - 22.1 22.2 - 22.2 ^a 22.3 - 22.3 ^a 22.4 - 22.4 ^a	23.2 - 23.1 Combinaties tussen 22.1, 22.2 ^a , 22.3 ^a en 22.4 ^a
24.1 - 24.1	24.1 - 24.1	n.v.t.
22 - 22	22 - 22 24.1 - 24.1 23.1 - 23.1 ^b	22 - 24.1 en 22 - 23.1
25 - 25	25 - 25 24.1 - 24.1 22 - 22	25 - 24.1 25 - 22
26 - 26	26 - 26 24.1 - 24.1 22 - 22 25 - 25	26 aan ieder 24.1 ^c , 22 ^c of 25 ^c

Noot: De kwalificatie is geldig vooropgesteld dat hetzelfde lastoevoegmateriaal wordt toegepast.

a Wanneer Al-Mg toevoegmateriaal wordt gebruikt
b Wanneer Al-Si toevoegmateriaal wordt gebruikt
c Uitsluitend voor gietwerk

beproefd. Dit is niet vereist voor draadelektroden met dezelfde classificatie en nominale chemische samenstelling.

Aluminium

Aluminium refereert aan NEN-EN 1011-4, waarin ze zijn gegroepeerd. Binnen deze groepen is de geldigheid van de kwalificatie een feit.

Stroomsoort

De goedkeuring geldt voor de stroomsoort zoals gebruikt bij de lasmethodebeproeving: wisselstroom, gelijkstroom en polariteit, pulsstroom. Voor proces 111 geldt dat wisselstroom ook voor gelijkstroom geldt, wanneer er geen kerf-taaiheidseigenschappen worden vereist.

Warmte-inbreng

Deze eisen zijn alleen uitvoerbaar wanneer de warmtehuishouding zorgvuldig wordt vastgelegd:

- ▶ indien kerfslageisen: warmte-inbreng max. 25% meer dan bij beproeving;
- ▶ indien hardheidseisen: warmte-inbreng max. 25% lager dan bij beproeving.

De warmte-inbreng (Q) wordt berekend naar NEN-EN-1011-1:

$$\varphi = k \times \frac{U \times I}{v} \times 10^{-3} \text{ [kJ/mm]}$$

waarin:

k = thermisch rendement (zie NEN-EN 1011-1)

U = boogspanning (in Volts)

I = stroomsterkte (in Ampères)

v = voortloopsnelheid (in mm/sec)

Voorwarmtemperatuur

Voorwarmen (staal en nikkel)

Waar voorwarmeisen gelden, is de procedure gekwalificeerd vanaf de nominale voorwarmtemperatuur tijdens de kwalificatieproef.

De hoogst toegelaten tussenlagentemperatuur is de hoogste temperatuur die is bereikt tijdens het proeflassen.

Waterstofarmgloeien mag niet worden weggelaten of verlaagd in temperatuur.

De uitgangstoestand is van belang voor precipitatiehardende materialen en mag ten opzichte van de kwalificatieproef niet veranderen.

Voorwarmen (aluminium)

Waar voorwarmeisen gelden, is de procedure gekwalificeerd vanaf de nominale voorwarmtemperatuur tijdens de kwalificatieproef.

De hoogste tussenlagentemperatuur is de hoogste temperatuur die is bereikt tijdens het proeflassen.

Veroudering/veredeling moet in de WPS worden gespecificeerd. Toevoegen of weglaten van deze warmtebehandeling is niet toegestaan.

Tussenlagentemperatuur

De bovengrens voor de goedkeuring is gelijk aan de nominale tussenlagentemperatuur bij de beproeving.

Warmtebehandeling na het lassen (veroudering)

Het toevoegen of laten vervallen is niet toegestaan. Het goedgekeurde temperatuurgebied is als gebruikt bij de beproeving. Indien vereist, moeten opwarm- en afkoeltijden en de behandelingsduur worden gerelateerd aan het betrokken werkstuk.

Voor aluminium geldt bovendien dat veroudering in de WPS moet worden gespecificeerd en wordt verwezen naar NEN-EN 515.

Oorspronkelijke warmtebehandeling

Een wijziging van de omstandigheden bij de oorspronkelijke warmtebehandeling voorafgaand aan het lassen van precipitatiegeharte materialen is niet toegestaan.

Specifiek voor bepaalde lasprocessen

Voor bepaalde lasprocessen gelden specifieke beperkingen voor de geldigheidsgebieden.

▶ Proces 12

Elke variant van het OP-lassen moet afzonderlijk worden gekwalificeerd (121 tot 125). Het gebruikte laspoeder is

bepoort in geldigheid tot het merk en het kenmerk van het poeder.

- ▶ *Processen 131 (MIG-lassen), 135 (MAG-lassen), 136 (gevulde draad onder actief gas) en 137 (gevulde draad met inert gas)*

Kwalificatie uitgevoerd met een bepaald beschermgas, geldt voor alle beschermgassen met dezelfde aanduiding volgens NEN-EN 439. Een aanvulling daarop bestaat uit de opmerking dat het CO₂-gehalte niet meer dan 10% mag afwijken van het gehalte dat is gebruikt bij het lassen van de procedureproef.

- De toepassing van beschermgassen die niet in de NEN-EN 439 worden afgedekt, is beperkt tot die specifieke gassen zelf!
- De geldigheid van de kwalificatie is beperkt tot het type van draadaanvoer dat in de kwalificatieproef is toegepast (enkelvoudige of meervoudige draden).
- Belangrijk is de vaststelling dat voor massieve en metaalpoeder gevulde draad een in kortsluitboog gelaste kwalificatieproef uitsluitend geldig is voor lassen in het kortsluitboog gebied. Een kwalificatieproef uitgevoerd in een sproei-boog of met globulair metaaltransport, is geldig voor beide.

▶ Proces 141 (TIG-lassen)

Goedkeuring voor het beschermgas en het tegengas ("backinggas") is beperkt tot het symbool van het gas volgens NEN-EN 439. Beschermgassen die niet in de NEN-EN 439 zijn opgenomen zijn niet uitwisselbaar met andere gassen.

▶ Proces 15 (staal en aluminium)

De geldigheid van de kwalificatieproef is beperkt tot de samenstelling van het toegepaste plasmagas, zoals gebruikt bij de kwalificatieproef.

Kwalificatie uitgevoerd met een bepaald bescherm- en tegengas, geldt voor alle bescherm- en backinggassen met dezelfde aanduiding volgens NEN-EN 439. Beschermgassen die niet in de NEN-EN439 zijn opgenomen zijn niet uitwisselbaar met andere gassen. Lassen met toevoegmateriaal geeft geen goedkeuring voor lassen zonder toevoegmateriaal.

▶ Proces 311 (autogeen lassen)

Lassen met toevoegmateriaal geeft geen goedkeuring voor lassen zonder toevoegmateriaal.

De praktijk van het kwalificeren van lasprocedures

Ten aanzien van het kwalificeren van de uitvoering van laswerk onderscheiden we:

- ▶ de voorlopige lasmethodebeschrijving, pWPS;
- ▶ de lasmethodebeproeving ten einde deze te kwalificeren;
- ▶ de goedgekeurde WPS;
- ▶ het document met de beproevingsresultaten: WPQR;
- ▶ de lasserskwalificatie.

De afzonderlijke onderdelen voor de kwalificatie van zowel lasprocedure als de lasser zijn hiervoor besproken.

Zoals eerder gemeld wordt de (p)WPS gevalideerd door middel van één van de vijf methoden die in dit hoofdstuk worden behandeld.

Met name de methode waarbij een proefplaat (-stuk) wordt gelast, vereist de nadrukkelijke tussenkomst van een beoordelaar. In deze paragraaf wordt uiteengezet welke taken een beoordelaar bij het afnemen van de lasmethode moet vervullen.

Beoordeling van de (p)WPS

De volledigheid van een pWPS wordt getoetst aan de hand van de technisch benodigde gegevens, zoals die voor de uitvoering van de proef relevant zijn.

De beoordelaar woont het proeflassen bij, waarbij nauwkeurig dient te worden beoordeeld of de (p)WPS wordt gevolgd.

Hiertoe dient de beoordelaar:

▶ voorafgaand aan het lassen:

- te beoordelen of de materialen en lastoevoegmaterialen overeenstemmen met de op de (p)WPS genoemde zaken en de identificatie en dito certificatie in overeenstemming is met de van toepassing zijnde normen;
- de identificatie van de lasser te beoordelen en te registreren;

- te controleren of het samenstel van te lassen delen voldoet aan de op tekening of op de (p)WPS aangegeven details;
 - indien voorwarmen volgens de (p)WPS van toepassing is, de voorwarmtemperatuur voor aanvang van het lassen te meten en te registreren.
- *tijdens het lassen:*
- de stroomsterkte, boogspanning, voortloopsnelheid, voorwarm- en tussenlagen temperaturen, enz. periodiek te meten met daartoe geschikte en gekalibreerde meetapparatuur. Deze waarden dienen te worden geprotocolleerd op een daartoe geschikte wijze;
 - elke optredende onregelmatigheid (zowel voorzien als niet voorzien) zorgvuldig te registreren, waarbij de positie in de las zorgvuldig wordt vastgelegd;
 - eveneens iedere afwijking van de (p)WPS zorgvuldig vast te leggen teneinde latere bijstelling van de WPS mogelijk te maken;
 - visueel te beoordelen of de proeflas gereed is en daarmee aan de eisen gesteld in de norm voldoet. De resultaten van deze activiteit dienen schriftelijk te worden gerapporteerd.
- *Na het lassen:*
- Alle tot dusver bestaande documenten bundelen en naar de certificerende instantie sturen.
- Het monster zal vervolgens - afhankelijk van de aard van de lasmethode - moeten worden onderworpen aan niet-destructief onderzoek en destructieve beproevingen die conform de norm en eventuele contracteisen worden verlangd. De resultaten hiervan dienen uiteindelijk met de hiervoor genoemde documenten te worden gebundeld en ter beoordeling worden voorgelegd aan de certificerende instantie.

Eventuele latere aanpassingen in de WPS dienen door middel van een revisie te worden vastgelegd. De lasgegevens voor andere lasposities kunnen desgewenst hiervan worden afgeleid en kunnen dienst doen als lasinstructies voor ieder specifiek detail. Iedere kwalificatie heeft een geldigheidsgebied. Per code of regel is dit vastgelegd. Vallen de werkzaamheden tijdens de fabricage buiten het geldigheidsgebied, dan dient een nieuwe LMK te worden gelast. Het is daarom zaak in het werkvoorbereidingsstadium eerst vast te leggen hoe de uitvoering zal zijn en welke WPQR's er dienen te worden gelast. De geldigheid van een LMK kan variëren per code of voorschrift van 3 jaar tot oneindig lang.

2.7 Persoonswalificaties

Lasserskwalificaties

Het laswerk mag alleen worden uitgevoerd door lassers die voor de van toepassing zijnde WPS-en zijn gekwalificeerd. Voor aanvang der werkzaamheden dient de fabrikant vaak een lijst met gekwalificeerde lassers te overleggen aan opdrachtgever of keuringsinstanties. Aan de hand van een WPS dienen de lassers hun kwalificaties te maken. Een lasser die met goed gevolg een LMK heeft gelast, behoeft niet opnieuw voor deze las te worden gekwalificeerd.

De internationale normen voor lasserskwalificaties zijn inmiddels onoverzichtelijk geworden. Er bestaat een NEN-EN 287-1, die recentelijk is vernieuwd, maar helaas niet de status van "NEN-EN-ISO" heeft kunnen halen. Daarnaast is er een NEN-EN-ISO 9606-2 die lasserskwalificatie voor aluminium mogelijk maakt. Ook deze norm is actueel en aangepast aan de laatste stand der techniek en heeft wél de EN-ISO status.

NEN-EN-ISO 9606 deel 3, 4 en 5 (lasserskwalificaties voor koper en koperlegeringen, nikkel en nikkellegeringen en titaan en titaanlegeringen) zijn eerder uitgebrachte normen, die zijn gebaseerd op de systematiek van de "oude" 287-1 en zijn daarmee slechts met aanpassingen bruikbaar, totdat er een nieuwe uitgave van verschijnt.

In alle gevallen zijn de te maken proeven onder te verdelen in stompe lassen en hoeklassen in plaat of pijp. De basismaterialen van de "nieuwe" normen zijn gerelateerd aan de NPR-CR-ISO 15608 en worden in een tabel

zodanig gegroepeerd dat een zinvolle structuur ontstaat, zonder dat het voor ieder materiaal opnieuw behoeft te worden gekwalificeerd (zie hiervoor hoofdstuk 3). Voor de oude normen geldt een afzonderlijke indeling die in de desbetreffende documenten wordt gespecificeerd. De doelstelling is echter dezelfde.

In het algemeen geschiedt het kwalificeren van lassers op dezelfde wijze als bij het uitvoeren van een lasmethodekwalificatie, zij het met een ander geldigheidsgebied en variabelen. In het algemeen is een lasserskwalificatie twee jaar geldig, mits deze elke zes maanden wordt bevestigd (zie NEN-EN 287-1).

Bevestiging van de kwalificatie kan geschieden door aan te tonen dat in het betreffende tijdvak soortgelijk werk niet-destructief is onderzocht en aan de eisen heeft voldaan. Zijn werkzaamheden worden vastgelegd in een verlengingskaart. Deze kaart wordt bijgehouden door het bedrijf en kan aan het einde van het halve jaar aan een keuringsinstantie worden overlegd.

Wanneer de periode van twee jaar is verstreken, gelden soms aanvullende eisen voordat een lasserskwalificatie kan worden verlengd. Dit kan van code tot code verschillen. De huidige NEN-EN 287-1 vraagt met name volumetrisch onderzoek van tenminste twee lassen over de laatste zes maanden voor de verlenging. Een lasser gekwalificeerd volgens de ene code is niet automatisch gekwalificeerd volgens de andere code. Een theorietoets is facultatief.

Operateurs (NEN-EN 1418)

Er zijn veel codes en/of normen (geweest) die betrekking hebben op de kwalificatie van de handvaardigheid van de lasser. In het algemeen zouden deze normen ook moeten gelden voor de kwalificatie van 'handvaardigheid' van personeel aan lasmachines, echter zonder dat daar specifieke mogelijkheden voor worden geboden. De betrekkelijkheid hiervan is duidelijk: in veel situaties is de handvaardigheid van de lasser geen essentieel onderdeel van de beheersing en toepassing van een gemechaniseerd of geautomatiseerd lasproces!

Er zijn vier wegen waarlangs de kwalificatie kan worden uitgevoerd. In alle gevallen moet de uitgevoerde kwalificatiegroep worden aangevuld met een test op de kennis van de werking van de desbetreffende machine. Daarnaast stelt de norm terecht dat het zinvol kan zijn om ieder van de kwalificatiemethoden aan te vullen met een test op de (las-)theoretische kennis van de persoon in kwestie.

- Acceptatie via een lasmethode kwalificatieproef (WPQR);
- acceptatie via proeven aan een testrun of via productieproeven;
- acceptatie gebaseerd op productiemonsters;
- acceptatie op basis van een functietoets.

Aanvullende eisen automatisch en robotlassen

Voor automatisch en robotlassen schrijft deze norm een aantal beperkingen voor in de lijst van essentiële variabelen:

- lassen met of zonder een boog- en/of naadsensor;
- veranderen van het lassen van enkelvoudige snoeren naar meervoudige snoeren;
- verandering in type en systeem van robot, dit met inbegrip van de besturing;
- de overige, eventueel procesafhankelijke, variabelen.

Theorie lassen en apparatuur

Helaas is de theoretische test ook in deze norm - net als bij de NEN-EN 287 - een facultatieve zaak!

Ten aanzien van de apparatuur liggen de eisen scherper. De test op de kennis van de functionaliteit van de lasinstallatie wordt nauwkeurig voorgeschreven. Deze eisen ten aanzien van de functionaliteit zijn een verplicht onderdeel bij een kwalificatie.

Geldigheid

De eisen ten aanzien van de geldigheid van de kwalificatiecertificaten wijken af van die welke gelden voor de 'gewone' lasserskwalificatie: twee jaar, zonder verplichting de tussenliggende stappen van zes maanden door werkgever/lascoördinator te laten bevestigen. Een en ander onder voor-

behoud dat aan de voorwaarden op het terrein van de continuïteit wordt voldaan.

2.8 **Stand van zaken internationale normen met betrekking tot lasmethodebeschrijvingen, lasmethodekwalificaties en lasserskwalificaties**

NEN-EN-ISO 15607 Het beschrijven en goedkeuren van lasmethoden voor metalen - Algemene regels

Deze norm houdt zich bezig met de algemene regels en begint met definities. Een voorlopige WPS lasmethodebeschrijving (letterlijk: welding procedure specification) is een experimentele methodebeschrijving, waarvan wordt aangenomen dat ze toereikend is voor de fabrikant, maar die nog niet is goedgekeurd. Proefstukken dienen te worden gelast ter goedkeuring van de lasmethodebeschrijving op basis van de voorlopige lasmethodebeschrijving (pWPS). De norm beschrijft een aantal methoden voor het goedkeuren van lasprocedures.

Goedkeuring wordt verkregen bij één van de volgende manieren van bewijsvoering:

- ▶ gebaseerd op eerder opgedane ervaring;
- ▶ door het gebruik van goedgekeurd lastoevoegmateriaal;
- ▶ door middel van lasprocedures;
- ▶ door middel van standaard lasprocedures;
- ▶ door middel van een lasproef die voor aanvang van de productie is gelast.

De volgende deelnormen gaan hier verder op in:

▶ *NEN-EN-ISO 15609-1 Het beschrijven en goedkeuren van lasmethoden voor metalen - Lasmethodebeschrijving - deel 1: Booglassen (deel 2: Autogeen lassen, deel 3: EB-lassen, deel 4: Laserlassen en deel 5: weerstandlassen)*

De lasmethodebeschrijving (WPS) dient aan te geven hoe een lashandeling moet worden uitgevoerd en dient alle van belang zijnde informatie voor het laswerk te bevatten. Lasmethodebeschrijvingen kunnen een bepaald diktegebied afdekken met betrekking tot de te lassen delen en kunnen ook materiaalgebieden en zelfs lastoevoegmaterialen afdekken. Sommige fabrikanten kunnen er de voorkeur aan geven om werkinstructies uit te geven voor ieder specifiek karwei als onderdeel van een gedetailleerde productieplanning.

Gebieden en toleranties dienen daar waar nodig te worden beschreven al naar gelang de ervaring van de fabrikant.

▶ *NEN-EN-ISO 15614-1 Het beschrijven en goedkeuren van lasmethoden voor metalen - Lasmethodebeproeving - Deel 1: Boog- en autogeenlassen van staal en booglassen van nikkel en nikkellegeringen*

Er is sprake van vier mogelijke proefstukken:

- stompe las in plaat;
- stompe las in pijp;
- hoekverbinding in plaat of pijp;
- hoeklas.

De afmetingen van de proefstukken liggen vast, evenals de omvang van de beproevingen (zowel destructief als niet-destructief). Er worden speciale eisen gesteld ten aanzien van de hardheid en de kerftaaiheid.

Wat betreft het geldigheidsgebied worden de volgende voorwaarden genoemd:

- geldig in werkplaats of montage indien deze vallen onder dezelfde technische leiding en kwaliteitsbeheersingssysteem;
- materiaalsoort;
- diktegebieden;
- lasposities (geen variabele indien geen hardheids- of kerftaaiheidseisen worden gesteld);
- diverse andere kleine invloeden.

Voor het beoordelen van een WPQR zijn checklisten opgesteld (zie bijlage 2.1 en 2.2) en tevens is een voorbeeld van een WPQR weergegeven in bijlage 2.3. De bijbehorende proeflas wordt gerapporteerd zoals in

bijlage 2.4

▶ *NEN-EN-ISO 15614-2 Het beschrijven en goedkeuren van lasmethoden voor metalen - Lasmethodebeproeving - Deel 1: Booglassen van aluminium en aluminiumlegeringen*
Wat in deze norm wordt behandeld is voor aluminium wat voor staal wordt weergegeven in deel 1 van deze norm.

▶ *NEN-EN-ISO 15610 Het beschrijven en goedkeuren van lasmethoden voor metalen - Goedkeuring op basis van goedgekeurde lastoevoegmaterialen*

Deze norm geldt alleen voor de lasprocessen 111, 114, 131, 135, 136, 137, 141, 15 en 3. Deze norm is niet van toepassing indien er sprake is van hardheidseisen, kerftaaiheidseisen, voorwarmen, een beheerste warmte-inbreng, tussenlagentemperatuur of een warmtebehandeling na het lassen. De WPS is een goedgekeurde lasprocedure als er aan bepaalde details wordt voldaan en dat het lastoevoegmateriaal is goedgekeurd.

▶ *NEN-EN-ISO 15611 Het beschrijven en goedkeuren van lasmethoden voor metalen - Goedkeuring op basis van opgedane laservaring*

Hierbij moet de eerder opgedane ervaring worden aangetoond aan de hand van gedocumenteerde onderzoeken en/of beproevingsgegevens en een samenvatting van de lasvolgorde en de staat van dienst van het betreffende apparaat of constructie over de laatste vijf jaar.

▶ *NEN-EN-ISO 15612 Het beschrijven en goedkeuren van lasmethoden voor metalen - Goedkeuring op basis van een standaard lasmethode*

Deze norm geldt alleen voor een beperkte groep van materialen zoals 1, 11, 8, 21, 22, 31 - 38 en 41 - 47 zoals in de NPR-CR-ISO 15608 wordt gespecificeerd en kent nog enkele restricties.

▶ *NEN-EN-ISO 15613 Het beschrijven en goedkeuren van lasmethoden voor metalen - Goedkeuring op basis van een lasproef voor aanvang van de productie*

De norm is van toepassing indien de afmetingen van de werkstukken totaal afwijken van die van proefstukken. Zo mogelijk wordt niet-destructief en destructief onderzoek uitgevoerd.

Lasserskwalificaties

Op het moment van uitgifte van deze publicatie, is - zoals eerder gemeld - de situatie nogal onoverzichtelijk:

- ▶ NEN-EN 287-1: 2004 Het kwalificeren van lassers - Smeltlassen - Deel 1: Staal
- ▶ NEN-EN-ISO 9606-2: 2005 Het kwalificeren van lassers - Smeltlassen - Deel 2: Aluminium
- ▶ NEN-EN-ISO 9606-3: 1999 Het kwalificeren van lassers - Smeltlassen - Deel 3: Koper (oude 287 vorm)
- ▶ NEN-EN-ISO 9606-4: 1999 Het kwalificeren van lassers - Smeltlassen - Deel 4: Nikkel (oude 287 vorm)
- ▶ NEN-EN-ISO 9606-5: 2000 Het kwalificeren van lassers - Smeltlassen - Deel 5: Ti & Zr (oude 287 vorm)

Er wordt met vereende krachten gestreefd naar eenheid in dit zo belangrijke deel van de kwaliteitsbeheersing in de lastechniek.

BIJLAGE 2.2**Gedetailleerde WPS/WPQR controlelijst**

Volgorde Nr: (rev.....)

Controlelijst WPS nr.		WPS nr.		Pag. x van 3
Fabrikant		Tekening rev.		
Datum		Rev. Toepassing WPS		
	Beschrijving	Voldoende		Opmerkingen
		Ja	nee	
1	WPS / werkplaats / montage / reparatielas			
1.1	WPS nr. / bijbehorende WPQR nr / lasnr.			
1.2	Lasproces(sen)			
1.3	Afmetingen lasnaad, toleranties / schets / aantal lagen / lasvolgorde			
1.4	Basismateriaal en –soort			
1.5	Diktegebied / diameter range			
1.6	Afmetingen lastoevoegmateriaal			
1.7	Benaming lastoevoegmateriaal			
1.8	Laspositie – lasrichting			
1.9	Voorverwarmingstemperatuur / tussenlagentemperatuur			
1.10	Warmtebehandeling – temperatuurgebied – tijdsduur			
1.11	Beschermgas, backing gas, samenstelling gas, hoeveelheid			
1.12	Elektrische parameters, voortloopsnelheid (indien van toepassing)			
1.13	Max. hoeveelheid warmte-inbreng (indien vereist)			
1.14	Snoeren, zwaaien, meer lagen of enkele laag			
1.15	Tegenslijpen, tegengutsen, tussentijds schoonmaken			
1.16	Handtekening lascoördinator / QA engineer en datum			
2	WPQR gegevens			
2.1	WPS nr. / bijbehorende WPQR nr.			
2.2	Lasproces(sen)			
2.3	Afmetingen lasnaad, toleranties / schets / aantal lagen / lasvolgorde			
2.4	Basismateriaal – soort			
2.5	Diktegebied / diameter range			
2.6	Afmetingen lastoevoegmateriaal			
2.7	Benaming lastoevoegmateriaal			
2.8	Laspositie - lasrichting			
2.9	Voorverwarmingstemperatuur			
2.10	Warmtebehandeling – temperatuurgebied – tijdsduur			
2.11	Beschermgas, backing gas, samenstelling gas, hoeveelheid			
2.12	Elektrische parameters, voortloopsnelheid (indien van toepassing)			
2.13	Max. hoeveelheid warmte-inbreng (indien vereist)			
2.14	Snoeren, zwaaien, meer lagen of enkele laag			
2.15	Tegenslijpen, tegengutsen, tussentijds schoonmaken			
2.16	Handtekening lascoördinator / QA engineer en datum			
3	beproevingresultaten			
3.1	Trekproeven			
3.2	Buigproeven			
3.3	Kerftaaiheidsproeven lasmetaal			
3.4	Kerftaaiheidsproeven warmtebeïnvloede zone			
3.5	Hardheidsmetingen			

Conclusie:

Code A:
 Code B:
 Code C:

BIJLAGE 2.3a**Welding Procedure Qualification Record (WPQR)** (pagina 1 van 4)

Certification body:
**Netherlands
 Institute of Welding
 (NIL)**



Boerhaavelaan 40
 2713 HX Zoetermeer
 The Netherlands
 Tel. +31 (0) 88 4008560
 Fax +31 (0) 79 3531178

**Welding Procedure Qualification Record (WPQR)
 EN ISO 15614-2**

Manufacturer's WPQR No:	201001	NIL reference number:	10-WPQR-01
Manufacturer:	Voorbeeld b.v.	Date of welding	2010-01-05
Address:	Demostad	Examiner:	B.E. Oordelaar
WPS number:	12345	Weld record:	10-WR-01

	Range of qualification	
	As welded	Qualification Range
Welding Process(es):	141	141
Welding position:	H-L045	All, except J-L045 and PG
Type of joint and weld:	BW	BW, FW
Parent material group(s) and sub group(s):	23.1 – 23.1	Combinations of 23.1 to 22.1, 22.2 ^a , 22.3 ^a , 22.4 ^a
Parent material thickness (mm):	3,0 mm	1,5 mm – 6,0 mm
Outside pipe diameter (mm):	Ø 48,0 mm	≥ Ø 25,0 mm
Throat thickness (mm):	N.A.	2,0 – 4,5 mm
Single run/ Multi run:	Single run	Single run
Filler material designation:	EN ISO 18273:S Al 5356A	EN ISO 18273:S Al 5356A
Filler material brand, type:	CEWELD, ALMG5	N.A.
Filler material size(mm):	3,2 mm	N.A.
Designation of Shielding gas/flux:	EN ISO 14175 : I1	EN ISO 14175 : I1
Composition of Shielding gas:	N.A.	N.A.
Designation of Backing gas:	N.A.	N.A.
Composition of Backing gas:	N.A.	N.A.
Type of welding current and polarity:	AC	AC
Mode of metal transfer:	N.A.	N.A.
Heat input KJ/mm (In acc. with EN 1011-1) :	0,57	0,57
Preheat temperature (C°) min.:	10	10
Interpass temperature (C°) max.:	N.A.	N.A.
Post-Heating:	N.A.	N.A.
Post-weld Heat-Treatment:	N.A.	N.A.
Other information:		^a Only with Al-Mg filler material

BIJLAGE 2.3b**Welding Procedure Qualification Record (WPQR)** (pagina 2 van 4)

Certification body:
**Netherlands
 Institute of Welding
 (NIL)**



Boerhaavelaan 40
 2713 HX Zoetermeer
 The Netherlands
 Tel. +31 (0) 88 4008560
 Fax +31 (0) 79 3531178

**Welding Procedure Qualification Record (WPQR)
 EN ISO 15614-2**

Manufacturer's WPQR No: 201001

NIL Reference number: 10-WPQR-01

Test results

Test temperature (C°): 20

Remarks: No remarks

Visual: Acceptable

Penetrant / Magnetic Particle *): Lab report 1234-2008 Date 2010-01-05

Ultrasonic / Radiographic *): Lab report 1234-2008 Date 2010-01-05

*) If required

Required

Tensile tests – EN 895

Type or No.	Re N/mm ²	Rm N/mm ²	A%	Z%	Fracture location	Remarks
Requirements	N.R.	≥ 165	N.R.	N.R.		
Cross weld tensile	N.A.	191	N.A.	N.A.	Weld	
Cross weld tensile	N.A.	206	N.A.	N.A.	Parent material	

Required

Bend tests – EN 910

Type or No.	Former	Bend angle (°)	Elongation (If required)	Results
2x Face bend	10t	180°		2 x acceptable
2x Root bend	10t	180°		2 x acceptable

BIJLAGE 2.3c

WPQR (pagina 3 van 4)

Certification body:
**Netherlands
 Institute of Welding
 (NIL)**



Boerhaavelaan 40
 2713 HX Zoetermeer
 The Netherlands
 Tel. +31 (0) 88 4008560
 Fax +31 (0) 79 3531178

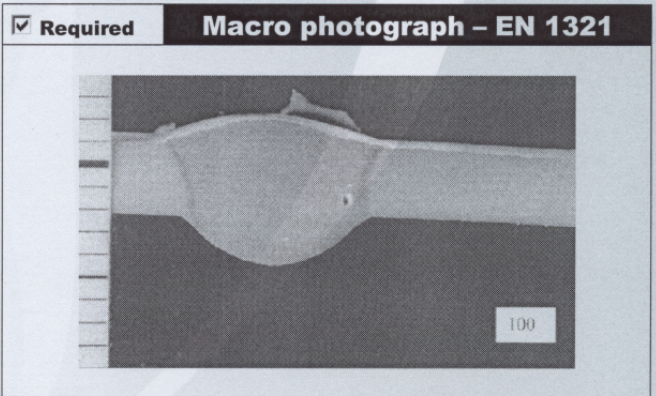
**Welding Procedure Qualification Record (WPQR)
 EN ISO 15614-2**

Manufacturer's WPQR No: 201001	NIL Reference number: 10-WPQR-01
---------------------------------------	---

<input type="checkbox"/> Required						Charpy tests – EN 875 / EN 10045-1					
Type:		Size:			Requirement:						
Notch Location /Direction	Temperature (C°)	Values			Average	Remarks					
		1	2	3							

<input type="checkbox"/> Required						Hardness tests – EN 1043					
Type and load:		Requirement:									
		Root	Cap	Mid-weld							
Parent metal											
HAZ											
Weld metal											
HAZ											
Parent metal											

<input type="checkbox"/> Required
Sketch of measurement locations if required



<input checked="" type="checkbox"/> Required		Macroscopic examination - EN 1321	
Amount	Results		
1x	Acceptable		

BIJLAGE 2.3d**WPQR** (pagina 4 van 4)

Certification body:
**Netherlands
 Institute of Welding
 (NIL)**



Boerhaavelaan 40
 2713 HX Zoetermeer
 The Netherlands
 Tel. +31 (0) 88 4008560
 Fax +31 (0) 79 3531178

**Welding Procedure Qualification Record (WPQR)
 EN ISO 15614-2**

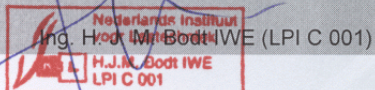
Manufacturer's WPQR No: 201001

NIL Reference number: 10-WPQR-01

Other tests:	Micro structure investigation See Lab report L 10-1001-2
Remarks:	No remarks
Laboratory reference report number:	Lab report L 10-1001-1
Test results acceptable / Not acceptable	Results acceptable

Date + Signature

Date: 2010-01-07



Certification body:
Netherlands Institute of Welding (NIL)
 Boerhaavelaan 40
 2713 HX Zoetermeer – The Netherlands
 Tel. +31 (0) 88 4008560
 Fax +31 (0) 79 3531178

This is to certify that the test weld was prepared, welded and tested in accordance with the requirements of EN-ISO 15614-1

BIJLAGE 2.4a**Weld record behorende bij WPQR** (pagina 1 van 3)

Certification body:
**Netherlands
 Institute of Welding
 (NIL)**

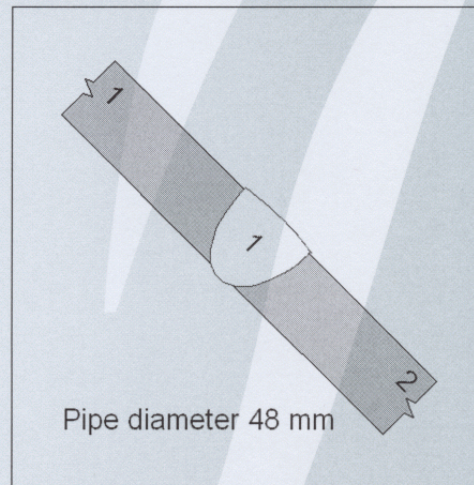
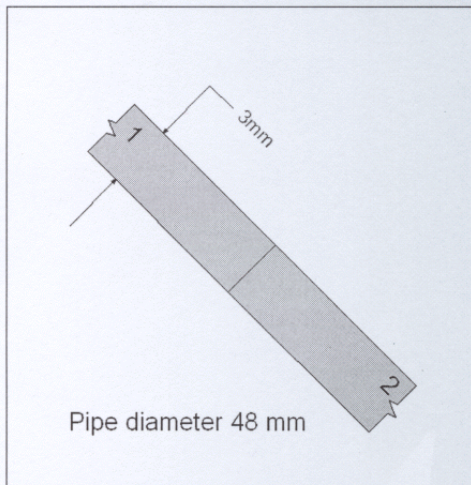


Boerhaavelaan 40
 2713 HX Zoetermeer
 The Netherlands
 Tel. +31 (0) 88 400 85 60
 Fax +31 (0) 79 353 11 79

**Record of test welding
 EN ISO 15614-2**

Manufacturer's WPQR No:	2010-1	NIL reference number:	10-WR-01
Manufacturer:	Voorbeeld B.V.	Date of welding	2010-01-01
Location of welding:	Demostad	Examiner:	B.E. Oordelaar
Manufacturer's WPS no:	12345	Welders name:	A.Pietersen.
		Identification:	ID-Card 987654321

Remarks:



Parent material specification:	1 EN AW 6082 T6 acc. EN 755-2 2 EN AW 6082 T6 acc. EN 755-2
Parent material certificate:	1 Nedal Certificate number 200602786 2 Nedal Certificate number 200602786
Material thickness (mm)	1: 3,0 mm 2: 3,0 mm
Outside pipe diameter (mm):	Ø 48,0 mm
Welding position:	H-L045
Joint type:	I-joint single side
Method of preparation and cleaning:	Degreasing

BIJLAGE 2.4b**Weld record behorende bij WPQR** (pagina 2 van 3)

Certification body:
**Netherlands
 Institute of Welding
 (NIL)**



Boerhaavelaan 40
 2713 HX Zoetermeer
 The Netherlands
 Tel. +31 (0) 88 400 85 60
 Fax +31 (0) 79 353 11 79

**Record of test welding
 EN ISO 15614-2**

Manufacturer's WPQR No: 2010-1

Reference number: 10-WR-01

Welding data

(Heat input in acc. with EN 1011-1)

Run	Index	Welding Process	Size of Filler material (mm)	Current (A)	Voltage (V)	Type of Current and polarity	Wire feed speed m/min	Travel speed mm/min	Heat input KJ/mm	Metal transfer	Interpass Temp. (°)
1	A	141	3,2	133	10,6	AC	N.A.	90	0,57	N.A.	N.A.

END OF WELDING DATA

Parameters recorded with Data Recorder, calibration date 25-12-2009 Certificate 1234

BIJLAGE 2.4c

Weld record behorende bij WPQR (pagina 3 van 3)

Certification body:
**Netherlands
 Institute of Welding
 (NIL)**



Boerhaavelaan 40
 2713 HX Zoetermeer
 The Netherlands
 Tel. +31 (0) 88 400 85 60
 Fax +31 (0) 79 353 11 79

**Record of test welding
 EN ISO 15614-2**

Manufacturer's WPQR No: 2010-1	Reference number: 10-WR-01
---------------------------------------	-----------------------------------

Welding consumable, index A

Filler material designation: EN ISO 18273: S Al 5356A	Filler material batch no: 5722-025
Filler brand: "Merk"	Filler type: ALMG5
Backing or drying: N.A.	

Welding consumable, index B

Filler designation: N.A.	Filler material batch no.: N.A.
Filler brand: N.A.	Filler type: N.A.
Backing or drying: N.A.	

Shielding Gas/Flux Index A

Gas/Flux : Shielding type: EN ISO 14175: 11
Composition shielding gas: 99,99% Argon
Gas flow: Shielding (l/min): 10

Shielding Gas/Flux Index B

Gas/Flux : Backing type: N.A.
Composition backing gas: N.A.
Gas flow Backing (l/min): N.A.

Preheating and PWHT.

Preheat temperature(°): 10
Maximum interpass(°): N.A.

Other information

Detail of back-gouging: N.A.
Details of backing: N.A.

Post weld heating: N.A.
Post weld Heat treatment : N.A.
Temperature: N.A.
Time: N.A.
Method: N.A.
Heating rates: N.A.
Cooling rates: N.A.

Stick out length (mm): N.A.
Torch angle(°) : 80 – 90
Weaving (max. mm.): Yes
Gas cup diameter mm): 10 mm
Tungsten electrode size: 3,2 mm
Tungsten electrode type: W acc. EN 26848

Date + Signature

B.E. Oordelaar (IWT C 999)

2010-01-07

Certification body:
 Netherlands Institute of Welding (NIL)
 Boerhaavelaan 40
 2713 HX Zoetermeer
 The Netherlands
 Tel. +31 (0) 88 400 85 60
 Fax +31 (0) 79 353 11 79

NIL is notified as third party organisation under the European rules for the PED (97/23/EG)

Hoofdstuk 3

Groepsindeling materialen, hun eigenschappen en de warmtehuishouding

3.1 ISO/TR 15608 Groepsindeling basismaterialen en hun eigenschappen

Het is ondoenlijk om voor elke voorkomende materiaalsoort afzonderlijk kwalificatieproeven voor mens en procedure uit te voeren. Voor beide situaties zijn dan ook geldigheidsgebieden gedefinieerd, die gelijksoortige materialen samenbrengen in één groep. Teneinde de groepering van materiaal gemakkelijker te maken, heeft men een universele groepsindeling gemaakt die geheel is gebaseerd op het thermisch gedrag - de lasbaarheid - van de daarin vermelde materialen. De eerste poging daartoe stamt uit de EN 288-3. Deze is echter al lang niet meer bruikbaar, omdat de materiaalnormen de achterliggende jaren in hoog tempo zijn vernieuwd. TC 121/SC 1 is daarna verscheidene jaren bezig geweest om te trachten een logische indeling en groepering te maken van de enorme hoeveelheid basismaterialen die in de lastechniek worden toegepast. Deze indeling is van belang, omdat daarmee de betrouwbaarheid van het systeem van las- en lasserskwalificaties aan de ene kant en aan de andere kant de efficiency van datzelfde systeem wordt bepaald. Was het in eerste instantie de bedoeling voor de lasser- en lasmethodekwalificatie onder CEN-vlag (Europees) de zaken op een rij te krijgen, later werd dat tot ISO (mondiaal) en als algemene indeling voor thermische processen. Het resultaat is uiteindelijk de ISO/TR 15608, als document in principe bedoeld voor lasdoeleinden (lasprocedure- en lasserskwalificatie), maar met de nadrukkelijke mogelijkheid dat die indeling ook voor andere processen als warmtebehandeling, warmtevervormen en zelfs NDO zou kunnen worden toegepast.

Deze norm is onderdeel van de EN ISO 15607-serie van normen en vervangt de basismateriaalindeling zoals gegeven in de "oude" EN 288-3 en de aanvulling daarop als de eveneens verouderde CR/ISO TR 12187. Deze laatste is formeel reeds teruggetrokken met het verschijnen van de nieuwe ISO/TR 15608.

Dat dit document vooralsnog een afwijkende titel draagt ('ISO/TR') is het gevolg van het feit dat in de eerste jaren van zijn bestaan het document regelmatig van inhoud moet kunnen veranderen. Immers, er komen regelmatig nieuwe materiaalnormen bij, zodat de tabellen vrij snel zouden verouderen en - belangrijker - men wilde de tabellen uitbreiden met equivalenten van andere landen (USA en Japan), niet vallend onder de EN structuur. Dit alles heeft tot gevolg dat er een sterke wens bestond dit document snel en efficiënt te kunnen aanpassen aan de genoemde ontwikkelingen. Een echte 'norm' (EN of EN ISO) staat een snelle wijziging echter structureel in de weg. De regelgeving staat dat simpelweg niet toe. De status van 'Technical Report' ("TR") biedt daartoe wel mogelijkheden.

Ondanks het afwijkende voorvoegsel is het nummer "15608" een duidelijk onderdeel van de serie (zie tabellen 3.1 t/m 3.3).

tabel 3.1 Hoofdindeling materialen volgens CR ISO/TR 15608

Materiaal-soort	Hoofdgroep	Groep	Subgroepen
Staal	0	1 - 11	ja
Aluminium	2	21 - 26	ja
Koper	3	31 - 38	ja
Nikkel	4	41 - 48	neen
Titaan	5	51 - 54	ja
Zirkoon	6	61 - 62	neen
Gietijzer	7	71 - 76	ja

De ISO/TR 15608 beschrijft naast staal en aluminium legeringen ook de indeling voor nikkel, koper, titaan en zirkoon en hun legeringen en tevens is gietijzer daarin opgenomen. Wij wijzen er hier op dat de indeling van de staal- en aluminiumsoorten voor de lasmethode niet meer afwijkt van de voor de lasserskwalificatie gebruikte indeling. De voorafgaande letter "W" is bij de lasserskwalificatie dus niet meer van toepassing!

3.2 Materiaaleigenschappen

Alvorens in te gaan op de specifieke laseigenschappen van de verschillende materialen, dient eerst iets verteld te worden over de specifieke eigenschappen van materialen.

Er zijn vier soorten kenmerken, te weten:

- ▶ mechanische eigenschappen;
- ▶ fysische eigenschappen;
- ▶ chemische eigenschappen;
- ▶ technologische eigenschappen.

3.2.1 Mechanische eigenschappen

De mechanische eigenschappen, waardoor een materiaal wordt gekenmerkt ten aanzien van weerstand tegen een breuk en vervorming zijn:

- ▶ treksterkte $R_m(\sigma_b)$ in N/mm²;
- ▶ 0,2% rekgrens $R_{p0,2}(\sigma_{0,2})$ in N/mm²;
- ▶ rek bij breuk A in % en insnoering f in %;
- ▶ elasticiteitsmodulus E in N/mm²;
- ▶ Vickers-hardheid H_V ;
- ▶ kerfslagwaarde in Joules bij werktemperaturen.

Voor bijzondere belastingsgevallen wordt ook gebruik gemaakt van:

- ▶ kruipsterkte bij een langdurige constante belasting en bij hoge temperatuur;
- ▶ veerbuigrens, rekgrens bij een buigbelasting;
- ▶ afschuifsterkte, weerstand tegen afschuiving.

3.2.2 Fysische eigenschappen

In het algemeen spelen deze eigenschappen bij constructies een ondergeschikte rol in vergelijking met de mechanische eigenschappen. Bij specifieke toepassingsgebieden evenwel, kunnen juist bepaalde fysische eigenschappen, zoals bijvoorbeeld de soortelijke massa en de uitzettingscoëfficiënt, zeer belangrijk worden.

3.2.3 Chemische eigenschappen

Corrosievastheid is van belang aangezien dit veelal de levensduur van een object bepaalt.

3.2.4 Technologische eigenschappen

De technologische eigenschappen van een materiaal hebben invloed op de verwerking van het betreffende materiaal. De belangrijkste technologische eigenschappen van constructiematerialen zijn:

- ▶ koud- en in enkele gevallen warmtevervormbaarheid;
- ▶ verspaanbaarheid;
- ▶ las- en soldeerbaarheid;
- ▶ geschiktheid om een deklaag aan te brengen.

Voor het vergelijken van deze eigenschappen voor verschillende materialen zijn geen exacte waarden aan te geven, maar zal van een bepaalde kwalificatie worden uitgegaan.

3.3 Materiaalsoorten

Het materiaal dat het meeste in de constructie- en apparatenbouw wordt gebruikt is "koolstofstaal". Dit materiaal is relatief goedkoop en heeft gunstige mechanische eigenschappen. De basiselementen zijn ijzer, koolstof en mangaan. De belangrijkste staalgroepen zijn ongelegeerd en gelegeerd staal.

tabel 3.2 Materiaalindeling staal zoals opgenomen in CR ISO/TR 15608 ¹⁾

groep	sub-groep	staaltype
1		Staal met gespecificeerde minimale rekgrens $R_{eH} \leq 460 \text{ N/mm}^2$ ^{a)} en analyse in %: C $\leq 0,25$; Si $\leq 0,60$; Mn $\leq 1,80$; Mo $\leq 0,70$ ^{b)} ; S $\leq 0,045$; P $\leq 0,045$; Cu $\leq 0,40$ ^{b)} ; Ni $\leq 0,5$ ^{b)} ; Cr $\leq 0,3$ (0,4 voor gietwerk) ^{b)} ; Nb $\leq 0,06$; V $\leq 0,12$ ^{b)} ; Ti $\leq 0,05$
	1.1	Staal met een gespecificeerde rekgrens $R_{eH} \leq 275 \text{ N/mm}^2$
	1.2	Staal met een gespecificeerde rekgrens $275 \text{ N/mm}^2 < R_{eH} \leq 360 \text{ N/mm}^2$
	1.3	Genormaliseerd fijnkorrel staal met een gespecificeerde rekgrens $R_{eH} > 360 \text{ N/mm}^2$
	1.4	Weerbestendige staalsoorten waarvan de chemische samenstelling voor de enkelvoudige elementen de onder 1 gespecificeerde waarden te boven gaat
2		Thermomechanisch behandeld fijnkorrel staal en gietstaal met een gespecificeerde minimale rekgrens van $R_{eH} > 360 \text{ N/mm}^2$
	2.1	Thermomechanisch behandeld fijnkorrel staal en gietstaal met een gespecificeerde minimale rekgrens van $360 \text{ N/mm}^2 < R_{eH} \leq 460 \text{ N/mm}^2$
	2.2	Thermomechanisch behandeld fijnkorrel staal en gietstaal met een gespecificeerde minimale rekgrens van $> 460 \text{ N/mm}^2$
3		Afgeschrikt en ontlaten staal en preprecipitatie hardend staal (behalve roestvast staal) met een minimale rekgrens van $R_{eH} > 360 \text{ N/mm}^2$
	3.1	Afgeschrikt en ontlaten staal en preprecipitatie hardend staal (behalve roestvast staal) met een minimale rekgrens van $360 \text{ N/mm}^2 < R_{eH} \leq 690 \text{ N/mm}^2$
	3.2	Afgeschrikt en ontlaten staal en preprecipitatie hardend staal (behalve roestvast staal) met een minimale rekgrens van $R_{eH} > 690 \text{ N/mm}^2$
	3.3	Precipitatie hardend staal behalve roestvast staal
4		Laag vanadium gelegeerd Cr-Mo-(Ni) staal met Mo $\leq 0,7\%$ en V $\leq 0,1\%$
	4.1	Staal met Cr $\leq 0,3\%$ en Ni $\leq 0,7\%$
	4.2	Staal met Cr $\leq 0,7\%$ en Ni $\leq 1,5\%$
5		Cr-Mo staal vrij van vanadium met C $\leq 0,35\%$ ^{c)}
	5.1	Staal met $0,75\% \leq \text{Cr} \leq 1,5\%$ en Mo $\leq 0,7\%$
	5.2	Staal met $1,5\% < \text{Cr} \leq 3,5\%$ en $0,7\% < \text{Mo} \leq 1,2\%$
	5.3	Staal met $3,5\% < \text{Cr} \leq 7,0\%$ en $0,4\% < \text{Mo} \leq 0,7\%$
	5.4	Staal met $7,0\% < \text{Cr} \leq 10,0\%$ en $0,7\% < \text{Mo} \leq 1,2\%$
6		Hoog vanadium gelegeerd Cr-Mo-(Ni) staal
	6.1	Staal met $0,3\% \leq \text{Cr} \leq 0,75\%$, Mo $\leq 0,7\%$ en V $\leq 0,35\%$
	6.2	Staal met $0,75\% < \text{Cr} \leq 3,5\%$, $0,7\% < \text{Mo} \leq 1,2\%$ en V $\leq 0,35\%$
	6.3	Staal met $3,5\% < \text{Cr} \leq 7,0\%$, Mo $\leq 0,7\%$ en $0,45\% \leq \text{V} \leq 0,55\%$
	6.4	Staal met $7,0\% < \text{Cr} \leq 12,5\%$, $0,7\% < \text{Mo} \leq 1,2\%$ en V $\leq 0,35\%$
7		Ferritisch, martensitisch of precipitatie hardend roestvast staal met C $\leq 0,35\%$ en $10,5\% \leq \text{Cr} \leq 30\%$
	7.1	Ferritisch roestvast staal
	7.2	Martensitisch roestvast staal
	7.3	Precipitatie hardend roestvast staal
8		Austenitisch staal
	8.1	Austenitisch roestvast staal met Cr $\leq 19\%$
	8.2	Austenitisch roestvast staal met Cr $> 19\%$
	8.3	Mangaan staal met $4\% < \text{Mn} \leq 12\%$
9		Nikkel gelegeerd staal met Ni $\leq 10,0\%$
	9.1	Nikkel gelegeerd staal met Ni $\leq 3,0\%$
	9.2	Nikkel gelegeerd staal met $3,0\% < \text{Ni} \leq 8,0\%$
	9.3	Nikkel gelegeerd staal met $8,0\% < \text{Ni} \leq 10,0\%$
10		Austenitisch ferritisch roestvast staal (duplex)
	10.1	Austenitisch ferritisch roestvast staal met Cr $\leq 24\%$
	10.2	Austenitisch ferritisch roestvast staal met Cr $> 24\%$
11		Staal gedekt in groep 1 ^{d)} behalve $0,25\% < \text{C} \leq 0,5\%$
	11.1	Staal als aangegeven onder 11 met $0,25\% < \text{C} \leq 0,35\%$
	11.2	Staal als aangegeven onder 11 met $0,35\% < \text{C} \leq 0,5\%$

¹⁾ In aanvulling op deze norm, is inmiddels een drietal neven-documenten verschenen, waarin beschikbare materialen middels lange lijsten worden toebedeeld aan een specifieke materiaalgroep. Zo zijn er de CR/ISO TR 20172, 20173 en 20174, respectievelijk voor Europese, Amerikaanse en Japanse materialen.

a) In overeenstemming met de specificatie van de staal productstandaard, mag R_{eH} worden vervangen door $R_{p0,2}$ of $R_{10,5}$.

b) Een hogere waarde is acceptabel vooropgesteld dat Cr + Mo + Ni + Cu + V $\leq 0,75\%$.

c) "Vanadium vrij" betekent niet opzettelijk toegevoegd aan het materiaal.

d) Een hogere waarde is acceptabel, vooropgesteld dat Cr + Mo + Ni + Cu + V $\leq 1\%$.

3.3.1 Ongelegeerd staal

Onder een ongelegeerde staalsoort wordt verstaan elke staalsoort, waarbij de gehalten van de legeringselementen geen enkele van de in tabel 3.4 weergegeven waarden bereiken, waarbij rekening moet worden gehouden met de voetnoten die betrekking hebben op combinaties van bepaalde legeringselementen.

3.3.2 Gelegeerd staal

Onder een gelegeerde staalsoort wordt verstaan elke staalsoort, waarbij het gehalte van tenminste één legeringselement de in tabel 3.4 weergegeven waarde bereikt, waarbij rekening moet worden gehouden met de voetnoten die betrekking hebben op combinaties van bepaalde legeringselementen.

tabel 3.3 Indeling van aluminium en aluminiumlegeringen zoals opgenomen in CR ISO/TR 15608

groep ²⁾	sub-groep	type aluminium en aluminiumlegering
21		Zuiver aluminium ≤ 1% onzuiverheden of legeringselementen
22		Niet veredelbare legeringen
	22.1	Aluminium-mangaan legeringen
	22.2	Aluminium-magnesium legeringen met Mg ≤ 1,5%
	22.3	Aluminium-magnesium legeringen met 1,5% < Mg ≤ 3,5%
	22.4	Aluminium-magnesium legeringen met Mg > 3,5%
23		Veredelbare legeringen
	23.1	Aluminium-magnesium-silicium legeringen
	23.2	Aluminium-zink-magnesium legeringen
24		Aluminium-silicium legeringen met Cu ≤ 1%
	24.1	Aluminium-silicium legeringen met Cu ≤ 1% en 5% < Si ≤ 15%
	24.2	Aluminium-silicium-magnesium legeringen met Cu ≤ 1%; 5% < Si ≤ 15% en 0,1% < Mg ≤ 0,80%
25		Aluminium-silicium-koper legeringen met 5% < Si ≤ 14%; 1% < Cu ≤ 5% and Mg ≤ 0,8%
26		Aluminium-koper legeringen met 2% < Cu ≤ 6%

1) De groepen 21 tot en met 23 zijn in het algemeen kneedlegeringen, terwijl groep 24 tot en met 26 doorgaans gietlegeringen zijn.

tabel 3.4 Begrenzing van ongelegeerde en gelegeerde staal-soorten volgens NEN-EN 10020

gespecificeerde elementen		grensgehalten in gewichtshoeveelheden [%] (m/m)
Al	aluminium	0,10
B	boor	0,0008
Bi	bismut	0,10
Co	kobalt	0,10
Cr	chrom ¹⁾	0,30
Cu	koper ¹⁾	0,40
La	lanthaan (per element gerekend)	0,05
Mn	mangaan	1,65 ³⁾
Mo	molybdeen ¹⁾	0,08
Nb	niobium ²⁾	0,06
Ni	nikkel ¹⁾	0,30
Pb	lood	0,40
Se	seleen	0,10
Si	silicium	0,50
Te	telluur	0,10
Ti	titaan ²⁾	0,05
V	vanadium ²⁾	0,10
W	wolfram	0,10
Zr	zirkonium ²⁾	0,05
Overige (met uitzondering van koolstof, fosfor, zwavel en stikstof) per element gerekend		0,05

1) Wanneer twee, drie of vier van deze elementen gezamenlijk in de betrokken staalsoorten zijn gespecificeerd met in aanmerking te nemen gehalten bij de ladinganalyse lager dan die aangegeven in de tabel, wordt het voor de indeling te beschouwen grensgehalte gelijk gesteld aan 70% van de som van de voor elk van de twee, drie of vier aanwezige elementen aangegeven grensgehalten.
2) De onder 1) aangegeven regel is eveneens op deze elementen van toepassing.
3) Ingeval voor het mangaangehalte slechts een maximumwaarde wordt gespecificeerd, dan is het grensgehalte 1,80% (m/m) en is de 70% regel niet van toepassing.

Blijven over de niet-ijzer metalen. Hierin komt ijzer niet als hoofdelement voor. Bijvoorbeeld koper, aluminium, nikkel en de bijbehorende legeringen.

3.4 Lasbaarheidseigenschappen

De lasbaarheid van een materiaalsoort kan worden opgevat als: het materiaal is te lassen met inachtneming van een hoeveelheid voorzorgsmaatregelen. Hoe beter de lasbaarheidseigenschappen des te minder voorzorgen. Voor staal kunnen de lasbaarheidseigenschappen worden uitgedrukt in het koolstof-equivalent (volgens IIW):

$$C_{eq} = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Cr + \%Mo + \%V}{5} + \frac{\%Ni + \%Cu}{15}$$

Tabel 3.5 geeft de effecten weer van de chemische samenstelling van staal op de lasbaarheidseigenschappen.

3.5 De warmte-inbreng bij het lasproces

Warmtehuishouding bij het lassen van constructies en eventuele warmtebehandelingen na het lassen.

In deze paragraaf wordt ingegaan op 3 aspecten van de warmtehuishouding bij het lassen, te weten:

- ▶ de warmte-inbreng bij het lasprocédé (heat-input);
- ▶ het voorwarmen en de tussenagentemperatuur (interpasstemperatuur);
- ▶ het al of niet gloeien (spanningsarm) van een gelaste constructie.

Bij het lassen wordt door de laswarmte de structuur van het omliggende materiaal beïnvloed. Er zijn materialen die nogal kritisch zijn voor wat betreft de hoeveelheid warmte-inbreng en de daaruit voortvloeiende krimpspanning. Zo kan bij C-Mn-staal dat met onvoldoende warmte-inbreng wordt gelast, hardingsscheuren ontstaan. Het ontstaan van scheuren in de warmte-beïnvloede zone hangt samen met de chemische samenstelling van het te lassen materiaal, de afkoelnelheid na het lassen en de hoeveelheid aanwezige waterstof.

De voornaamste elementen in een staal die invloed hebben op een toename van de hardheid zijn: koolstof, mangaan, chroom, molybdeen, vanadium, nikkel en koper.

Het effect is per element verschillend.

De gevoeligheid voor hardingsscheuren in de warmte-beïnvloede zone kan worden uitgedrukt en houdt onder meer verband met het koolstofequivalent (C_{eq}) van het staal (zie § 3.4).

Staalsoorten met een $C_{eq} > 0,40\%$ en een dikte boven de 25 mm vereisen extra aandacht met betrekking tot de warmtehuishouding. Bij staalsoorten met een C_{eq} groter dan 0,65% wordt gesproken over "niet lasbaar".

De afkoelnelheid wordt bepaald door:

- ▶ de plaatdikte;
- ▶ de lasnaadvorm;
- ▶ de warmte-inbreng;
- ▶ de voorwarmtemperatuur.

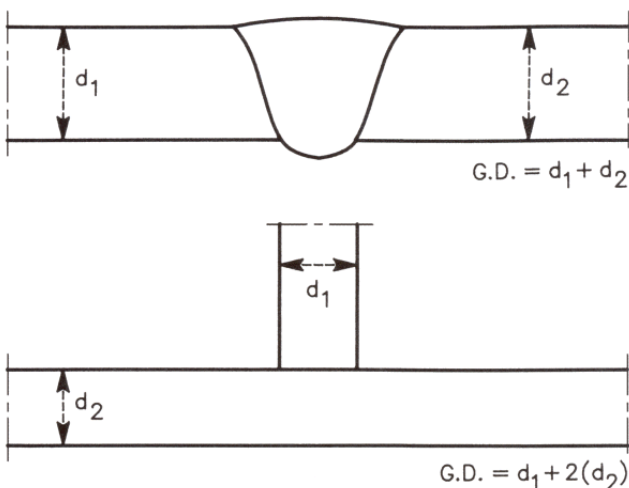
De plaatdikte en lasnaadvorm kunnen worden verenigd in de term "gecombineerde plaatdikte" (figuur 3.1).

tabel 3.5 Indicaties van de effecten van de diverse elementen op de lasbaarheidseigenschappen van staal

		chemische samenstelling van staal																	
verschijnsel	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	V	Al	Ti	B	O	N	Ca	Sn	Sb
staal																			
														vrij B					
sterkte	+	x	+			+	+	+	+	+	+								
												AlN	TiN						
taaiheid	o		o			x	x					x	x		o	-			
warmte-beïnvloede zone																			
														vrij B	oxide				
hardheid	-	o	-	o	x	o	o	-	-	o	o			o	x	x			
														vrij B	oxide				
koudscheuren	-		-	o	x	o		-	o	o	o			o	x				
												Al ₂ O ₃							
lamellar tearing				o	-							-			-		+		
reheat cracking	o		x					-	-	o	-								
												AlN	TiN	BN	oxide		oxide		
kerfslagwaarden	o		o			x	x		x	o		x	+	x	o of x	-	x		
												AlN	TiN	BN	oxide		oxide		
COD waarden ¹⁾	o		o	o		x	x			o		x	+	x	o of x	-	x		
														vrij B					
SSCC ²⁾	-	o	-	o		o	o	-	-	o	o			o					
ontlaatscheuren		o	o	-															-
kruisbrosheid						-													-
brosheidsverschijnsel				-		-													-
lasmetaal																			
warmscheuren	o			-	-		o												
porositeit															-	o			
taaiheid									o							-			
boogstabieleit																	o		

+ = erg gunstig; x = gunstig; o = ongunstig; - = ongewenst

1) Crack-Tip-Opening Displacement
2) Sulfide-stress corrosion cracking



figuur 3.1 Gecombineerde plaatdikte (G.D.)

Hoe groter de gecombineerde dikte, des te groter is de afkoelsnelheid. De hoeveelheid warmte-inbreng wordt uitgedrukt in kJ/mm, waarbij de formule voor de Heat Input (φ) als volgt is:

$$\varphi = k \times \frac{\text{boogspanning [V]} \times \text{stroomsterkte [A]}}{\text{voortloopsnelheid [mm/sec]}} \times 10^{-3} \text{ [kJ/mm]}$$

$$\varphi = k \times \frac{U \times I}{v} \times 10^{-3} \text{ [kJ/mm]}$$

k = thermisch rendement lasproces (zie ook NEN EN 1011-1, Algemene leidraad voor het lassen).

Hoe groter de warmte-inbreng des te langzamer is de afkoelsnelheid. In de praktijk kan de warmte-inbreng worden beïnvloed door:

- ▶ de boogspanning, stroomsterkte en voortloopsnelheid;
- ▶ de a-hoogte van een hoeklas;
- ▶ de maximale uittreklengte bij het booglassen met beklede elektroden.

Voor voorbeelden van de warmtehuishouding bij verschillende materialen zie tabel 3.6, waarbij de gegevens als richtlijn moeten worden gezien.

De WPS voor een bepaalde plaatdikte en lasnaadvorm dient om een uitgebalanceerde warmtehuishouding te krijgen, hetgeen bepaald wordt door een juiste combinatie van voorwarmen, warmte-inbreng, spanningsarm gloeien na het lassen en het waterstofgehalte. De aanwezige waterstof kan worden onderverdeeld in vier klassen, te weten:

- HDM ≥ 15 categorie hoog waterstof;
- HDM < 15 categorie midden;
- HDM < 10 categorie laag;
- HDM < 5 categorie zeer laag.

Bovendien speelt de starheid van de constructie nog een rol in verband met scheurvorming. Richtlijnen voor het lassen van C-Mn-staal zonder koudscheuren vindt u in de NEN 1011-2. Doorgaans ziet u in voorschriften van opdrachtgevers een min. en max. warmte-inbreng opgegeven (1-2,0 kJ/mm) of zijn bepaalde eisen gesteld aan de hardheid in de warmte-beïnvloede zone bijvoorbeeld (HV10 \leq 350).

tabel 3.6 Voorbeelden globale warmtehuishouding bij de metaalgroepen 1 tot en met 11 conform CR ISO/TR 15608¹⁾

materiaalgroep	globale heatinput ϕ [KJ/mm]	voorwarmtemperatuur ²⁾ (d in mm)	tussenlaagtemperatuur	spanningsarm gloei-temperatuur (voor de groepen 4, 5 en 6 altijd vereist)	normaliserende gloeitemperatuur	ontlaattemperatuur
1.1, 1.2 en 1.4	0,6	$d \geq 40$: min 80 °C	≤ 250 °C	580 - 620 °C	910 - 940 °C	n.v.t.
1.3	1,0 - 2,0	$d < 10$: 20 °C $10 \leq d < 20$: 50 °C $20 \leq d < 50$: 100 °C $d \geq 50$: 150 °C	150 °C 220 °C 220 °C 220 °C	550 - 580 °C	910 - 940 °C	n.v.t.
2.1 en 2.2 TM m.u.v. gietstaal	1,0 - 2,0	$d < 10$: 20 °C $10 \leq d < 20$: 50 °C $20 \leq d < 50$: 100 °C $d \geq 50$: 150 °C	150 °C 220 °C 220 °C 220 °C	20 - 30 °C lager dan de ontlaattemperatuur	raadpleeg leverancier/producent	raadpleeg leverancier/producent
2.1 en 2.2 alleen voor gietstaal	1,0 - 2,5	$d \geq 10$: min. 100 °C	≤ 300 °C	580 - 620 °C	910 - 940 °C	n.v.t.
3.1 (waterstofgehalte lastoevoegmateriaal ≤ 5 ml/100 gr.)	1,0 - 1,5	$d < 10$: 50 °C $10 \leq d < 20$: 100 °C $d \geq 20$: 150 °C	150 °C 180 °C 220 °C	20 - 30 °C lager dan de ontlaattemperatuur	raadpleeg leverancier/producent	raadpleeg leverancier/producent
3.2 en 3.3 (waterstofgehalte las-toevoegmateriaal ≤ 5 ml/100 gr.)		$d < 10$: 50 °C $10 \leq d < 20$: 100 °C $d \geq 20$: 150 °C	100 °C 150 °C 180 °C	20 - 30 °C lager dan de ontlaattemperatuur	raadpleeg leverancier/producent	raadpleeg leverancier/producent
4.1	1,0 - 2,5	16 Mo3 ≥ 15 : 100 °C	< 250 °C	600 - 650 °C	raadpleeg leverancier/producent	raadpleeg leverancier/producent
4.2	1,0 - 2,5	14 MoV6: 200 - 250 °C 15 NiCuMoN65: 150 - 200 °C	< 300 °C < 250 °C	690 - 720 °C 550 - 580 °C	raadpleeg leverancier/producent	raadpleeg leverancier/producent
5.1	1,0 - 2,5	13 CrMo45: 200 °C 24 CrMo5: 250 - 300 °C 14 CrMo45: 200 - 250 °C	≤ 300 °C ≤ 350 °C ≤ 350 °C	680 - 720 °C 700 - 720 °C 680 - 720 °C		
5.2	1,0 - 2,5	13Cr Mo910: 250 - 300 °C	≤ 350 °C	700 - 760 °C		
6.1	1,0 - 2,0	12MoCrV52: 200 - 300 °C	≤ 350 °C	600 - 650 °C	raadpleeg leverancier/producent	raadpleeg leverancier/producent
6.2	1,0 - 2,0	300 - 400 °C	≤ 400 °C	720 °C \pm 10 °C	raadpleeg leverancier/producent	raadpleeg leverancier/producent
6.3	1,0 - 2,0	200 - 250 °C	≤ 300 °C	720 °C \pm 10 °C	raadpleeg leverancier/producent	raadpleeg leverancier/producent
6.4	1,0 - 2,0	200 - 250 °C	≤ 300 °C	730 °C \pm 10 °C	raadpleeg leverancier/producent	raadpleeg leverancier/producent
7.1	1,0 - 1,5	$d > 3$: 15 - 200 °C	≤ 400 °C	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
7.2	1,0 - 1,5	$d > 3$: 250 - 300 °C	≤ 400 °C	770 - 790 °C	n.v.t.	660 °C
7.3	1,0 - 1,5	raadpleeg leverancier/producent	raadpleeg leverancier/producent	raadpleeg leverancier/producent	raadpleeg leverancier/producent	raadpleeg leverancier/producent
8.1	1,0 - 2,0	n.v.t.	≤ 200 °C	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
8.2	1,0 - 2,0	n.v.t.	≤ 200 °C	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
8.3	1,0 - 2,0	n.v.t.	≤ 200 °C	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
9.1	max. 2,0	100 °C	≤ 180 °C	raadpleeg leverancier/producent	raadpleeg leverancier/producent	raadpleeg leverancier/producent
9.2	max. 2,0	40 °C	≤ 120 °C	raadpleeg leverancier/producent	raadpleeg leverancier/producent	raadpleeg leverancier/producent
9.3	max. 1,5	40 °C	≤ 100 °C	raadpleeg leverancier/producent	raadpleeg leverancier/producent	raadpleeg leverancier/producent
10.1	1,0 - 2,0	$d \geq 15$ mm 100 - 150 °C	≤ 150 °C	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
10.2	1,0 - 2,0	$d \geq 15$ mm 100 - 150 °C	≤ 150 °C	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
11.1	Raadpleeg NEN-EN 1011-2			raadpleeg leverancier/producent	n.v.t.	n.v.t.
11.2	Raadpleeg NEN-EN 1011-2			raadpleeg leverancier/producent	n.v.t.	n.v.t.

1) LET OP: deze tabel is gebaseerd op de normale praktijk en dient als richtlijn. Specificatie van opdrachtgevers kunnen altijd aanvullende eisen bevatten. Dus eerst een WPQR maken!!!

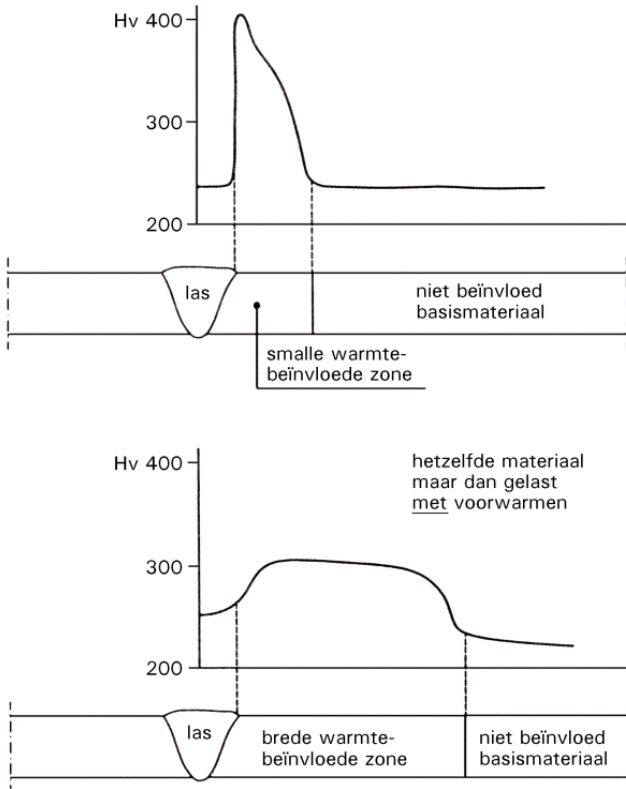
2) Voor CrMo-stalen is het van belang de gewenste voorwarmtemperatuur ook aan te houden tijdens de perioden dat er niet wordt gelast.

3.6 Voorwarm- en interpasstemperatuur

Voorwarmen zal de afkoelsnelheid doen afnemen en het C-staal in de WBZ (warmte-beïnvloede zone) minder hard maken. Een ander belangrijk voordeel is, dat het afkoelen wordt vertraagd en dat het waterstof de gelegenheid krijgt te ontsnappen, voordat het schade kan berokkenen aan de koude WBZ. Een hardheid boven de 350 Vickers kan scheu-

ren veroorzaken. Momenteel zijn er opdrachtgevers die zelfs 400 Vickers accepteren (afhankelijk van de toepassing), indien het waterstofaanbod < 3 ml H₂/100 gram lasmetaal is. De voorwarmtemperatuur zou derhalve ook nog kunnen worden verlaagd. Het effect van het wel of niet voorwarmen ziet u nog eens afgebeeld in figuur 3.2.

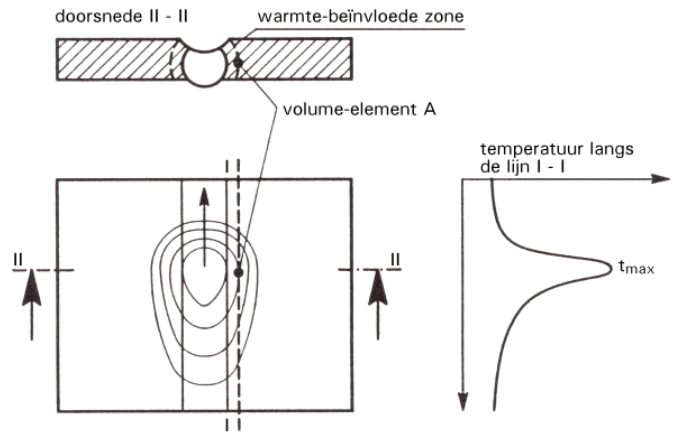
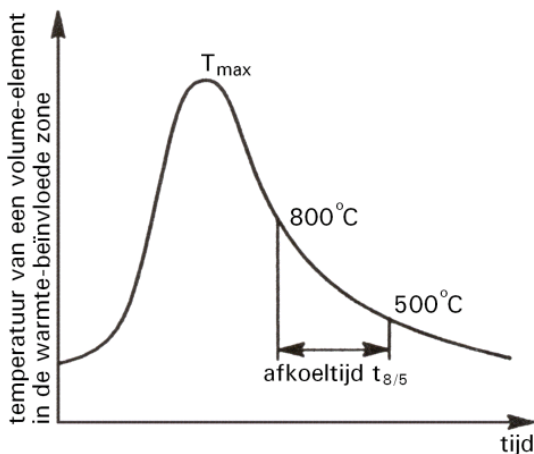
In de NEN-EN 1011-2 bijlagen vindt U diverse voorbeelden.



figuur 3.2 Het voorgewarmde gebied in de lasomgeving

De mechanisch-technologische eigenschappen van de warmte-beïnvloede zone worden in de regel voornamelijk bepaald door de structuurveranderingen, korrelgroei, enz., indien de temperatuur plaatselijk boven AC3 is geweest tijdens het lassen.

Zij kunnen meestal door warmtebehandelingen na het lassen, zoals spanningsarm gloeien, achteraf nog worden veranderd. De structuurverandering van een zeker volume-element A in de warmte-beïnvloede zone (figuur 3.3) hangt, zoals dit kan worden afgeleid uit een tijd-temperatuur-toestanddiagram (figuur 3.4), behalve van de maximaal ter plaatse bereikte temperatuur T_{max} (figuur 3.3 en 3.4) boven alles af van het verloop van de afkoeling boven de laagste transformatietemperatuur. Dit verloop van de afkoeling kan worden gekarakteriseerd door de afkoeltijd 800-500 °C: $t_{8/5}$ (tijd die verloopt tijdens het afkoelen van het volume-element A vanaf 800 tot 500 °C). Er bestaat een wiskundig verband tussen deze afkoeltijd $t_{8/5}$, de lasparameters, de werkstukafmetingen en de voorwarmtemperatuur. De fysische eigenschappen zoals warmtegeleiding en dergelijk



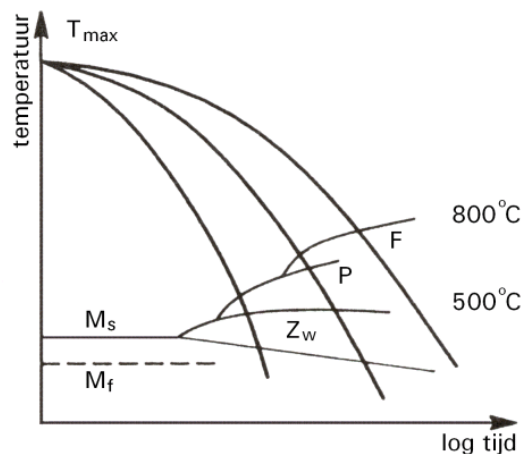
figuur 3.3 Temperatuurverloop bij een lasnaad (schematisch)

zijn bij austenitisch staal en nikkellegeringen anders dan bij laaggelegeerd staal.

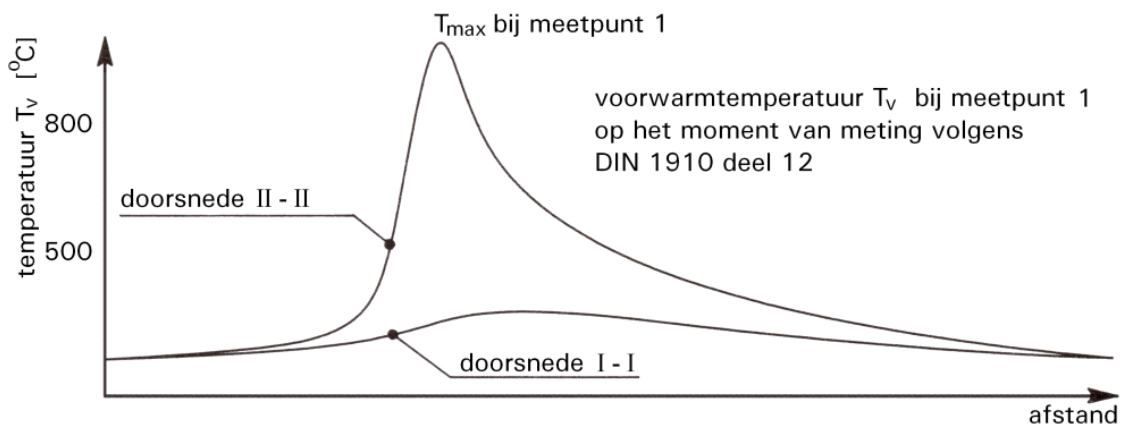
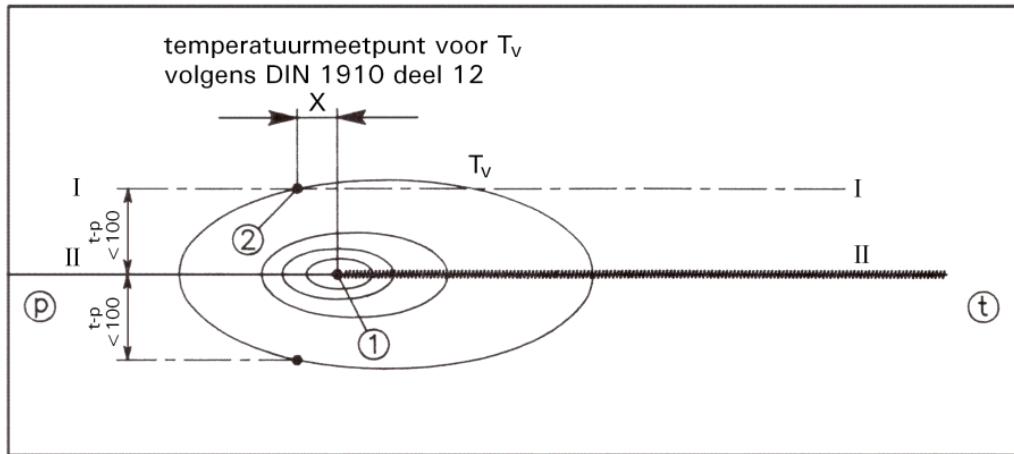
Onder voorwarmtemperatuur wordt de temperatuur verstaan, die in de directe omgeving van de bewegende warmtebron de warmte-afvoer dusdanig beïnvloedt, dat de structuurveranderingen, die in de regel boven 400 °C plaatsvinden, daardoor anders worden. Temperatuurvelden op grotere afstanden van de warmtebron kunnen weliswaar de afkoeling beneden 400 °C beïnvloeden, maar hebben geen invloed op de structuuromzetting, aangezien deze reeds is voltooid op het moment dat dergelijke velden hun invloed gaan uitoefenen. Derhalve kan de voorwarmtemperatuur als instrument om de structuuromzetting te beïnvloeden alleen functioneren, wanneer het in de directe omgeving van de bewegende warmtebron werkzaam is.

NEN-EN 1011-1 geeft dan ook als definitie: de voorwarmtemperatuur T_v is de temperatuur van het werkstuk in het lasbereik voor enige lasactiviteiten. Bij meerslagen lassen geldt dit alleen voor de eerste rups. Meer getalsmatig uitgedrukt gaat het om een zone met een breedte van vier maal de werkstukdikte aan weerszijden van de lasplaats, met een maximum van 50 mm. In deze zone wordt de voorwarmtemperatuur gemeten. Bij werkstukken tot 50 mm kan bij een afstand tot de lasplaats van hoogstens 75 mm op beide oppervlakken van het werkstuk worden gemeten.

Bij dikten groter dan 30 mm moet bij gelijke meetpunt-afstand worden gemeten op het oppervlak dat het dichtst bij de lasplaats ligt (dus bij doorlassing onder de hand aan de onderzijde). Bij zeer dikke werkstukken kan na afspraak ook op de naadflanken worden gemeten, mits de afstand tot de warmtebron minder dan 100 mm bedraagt. Het tijdstip van meten ligt kort voor de passage van de warmtebron (figuur 3.5, afstand X).



figuur 3.4 Tijd-Temperatuurverloop in een bepaald punt in de warmte-beïnvloede zone met bijbehorende Tijd-Temperatuur-Transformatie diagram



figuur 3.5 Temperatuurverloop bij een lasnaad bij gegeven voorwarmtemperatuur (t = materiaaldikte)

Op deze wijze kan men in beginsel spreken van de voorwarmtemperatuur voor de eerste, tweede, derde, enz. rups. Hiervoor is echter het begrip "Interpasstemperatuur" of tussenlaagtemperatuur ingevoerd. Deze is te beschouwen als de voorwarmtemperatuur van alle rups behalve de eerste en is in NEN-EN 1011-1 als volgt gedefinieerd: de interpasstemperatuur T_i is de temperatuur in een las met meer lagen en in het aangrenzende moedermateriaal onmiddellijk voor het leggen van de volgende rups. Met betrekking tot meetpuntafstand en dergelijke geldt hetzelfde als voor de voorwarmtemperatuur. Raadpleeg ook EN ISO 13916 (Richtlijn voor het meten van de voorwarm- en interpasstemperatuur en het handhaven ervan).

Bij gegeven voorwarm- en interpasstemperatuur zijn bij verder gegeven lasparameters en materiaalafmetingen de structuurtoezettingen in lasmetaal en warmte-beïnvloede zone in belangrijke mate bepaald. Daarbij is het in het algemeen niet van belang of tussentijds het laswerk voor langere tijd wordt onderbroken met tussenafkoeling naar omgevingstemperatuur, mits de geëiste voorwarm- en interpasstemperatuur maar worden aangehouden wanneer wel wordt gelast. In tabel 3.6 worden richtlijnen gegeven voor voorwarmen en interpasstemperatuur.

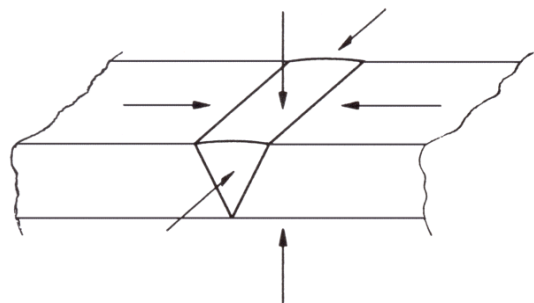
3.7 Warmtebehandelingen

3.7.1 Inleiding

Door materialen op een bepaalde manier te verhitten en af te koelen is het mogelijk de kwaliteit (mechanische eigenschappen, zoals rek en hardheid, maar ook de structuur) te verbeteren. Hieronder zullen de belangrijkste warmtebehandelingen worden besproken.

3.7.2 Spanningsarm gloeien (stressrelieving)

Is om een of andere reden een metaalrooster vervormd, dan treedt een versteviging van dit rooster op. De hardheid neemt toe, de taaiheid (rek) daalt. Een veel voorkomende reden voor vervorming is lassen, waarbij krimpspanningen (lasspanningen) in het metaal achterblijven (zie figuur 3.6).



figuur 3.6 Lasspanningen in het lasmetaal

Bekend is dat bij het verhogen van de temperatuur een metaal makkelijker vervormbaar wordt (ijzer smeden als het heet is). Dit wil zeggen dat er als het ware wat "ruimte" in het rooster komt, waardoor processen kunnen plaatsvinden die bij lagere temperatuur niet plaats vinden of onmerkbaar langzaam verlopen.

Door nu een gelaste constructie (compleet met spanningen) te gloeien nemen de lasspanningen af tot een waarde behorende bij de gloeitemperatuur. We spreken in dit geval van spanningsvrij of beter, spanningsarm gloeien.

De gloeibehandeling dient te geschieden volgens een gloeivoorschrift, waarin is vastgelegd hoe lang de opwarmtijd,

de "tijd op temperatuur" en de afkoeltijd dienen te zijn (zie bijlage 3.1).

Bovengenoemde tijden zijn van groot belang. Als een dik materiaal bijvoorbeeld te snel wordt opgewarmd, ontstaat tussen oppervlakte en kern een te groot temperatuurverschil en daardoor weer spanningen, die zelfs tot scheuren aanleiding kunnen geven (huiselijk voorbeeld: hete thee in een koud glas gieten). Te snel afkoelen is om dezelfde reden niet aan te bevelen.

Bij het te lang "op temperatuur" houden bestaat gevaar voor korrelgroei, hetgeen juist nadelig is voor de mechanische eigenschappen.

3.7.3 *Normaliseren (normalizing)*

Deze warmtebehandeling komt alleen bij staal voor, hetgeen samenhangt met het verschijnsel van de omzetting van ferriet in austeniet en omgekeerd. Kort omschreven luidt deze warmtebehandeling: verhitten in het austeniet gebied (voor constructiestalen geldt: ca. 950 °C) en afkoelen in rustige lucht. De gevolgen van deze warmtebehandeling zijn:

- a. inwendige spanningen zijn zo goed als verdwenen (spanningsarm);
- b. een regelmatige structuur (hergroeperen van bijvoorbeeld de door smeden of lassen ontstane structuur);
- c. een verfijning van de kristalstructuur.

Dat het vaak niet nodig is gelaste constructies een gloei-behandeling te geven, wordt verklaard door het feit, dat bij lassen in meerdere lagen de direct voorgaande las wordt "normaal gegloeid" en de lassen daar achter "spanningsarm". Het normaliserend gloeien van constructies waar lassen in zitten, gebeurt voor het lassen, aangezien treksterkte en rekgrens van het lasmetaal "omlaag kelderen".

Waarschuwing: de meeste toevoegmaterialen zijn slecht (niet) bestand tegen normaliseren.

BIJLAGE 3.1**Warmtebehandelingspecificatie**

Warmtebehandelingspecificatie

Nr.:
Rev.:
Datum:

Ordernr.:

Tekening, item en/of identificatie nr.:

Code:

Keuringsinstantie:

Warmtebehandelingsprocedure nr.:

Hoofdafmetingen: mm

Materiaal:

In oven: Horz./vert.

Materiaaldikte: mm

Aantal thermocouples:

Opwarmen tot	:	°C (onbeperkt)
Heating-up met max. snelheid	:	°C/h van °C naar °C
Tijdsduur	:	h op °C
Afkoelen in rustige lucht	:	°C
Opnieuw opwarmen met een max. snelheid	:	°C/h van °C naar °C
Tijdsduur	:	h op °C
Afkoelsnelheid	:	°C/h
Afkoelen rustige lucht	:	°C

Opmerkingen

Warmtebehandelingsverklaring vereist : ja/nee
Diagram vereist : ja/nee

Vorbereid door:

Goedgekeurd door:

Hoofdstuk 4

Krimp en vervorming

4.1 Krimp

Krimpen is een belangrijke factor bij de lastechniek en dientengevolge van invloed op de kwaliteit van de las, respectievelijk lasconstructie.

Het krimpen en de bijbehorende verschijnselen behoren tot de grootste problemen die de lastechniek kent.

Definitie krimp:

"Krimp is de afname van het volume ("volumekrimp"), als gevolg van de temperatuurdaling, zonder dat er een fase-overgang plaatsvindt".

Naast het krimpen komt het verschijnsel slinken voor, waarvan de definitie als volgt luidt:

"Slink is de afname van het volume, als gevolg van de overgang van de vloeibare naar de vaste fase".

Aan krimpen gaat verwarming vooraf. Bij het lassen wordt plaatselijk warmte in de te verbinden delen gebracht. Deze warmte wordt door de geleiding van het materiaal verspreid.

Door het vullen van een naad (figuur 4.1) met vloeibaar lasmetaal, en dus het verwarmen van het basismateriaal, bewegen de punten A en B naar elkaar toe (geldt voor een ingespannen lasverbinding als I en II niet vrij kunnen bewegen).

Bij de afkoeling van de las wordt de afstand AB kleiner, doordat de krimp van het lasmetaal aanzienlijk groter is dan de krimp bij het afkoelen van het ingespannen basismateriaal.



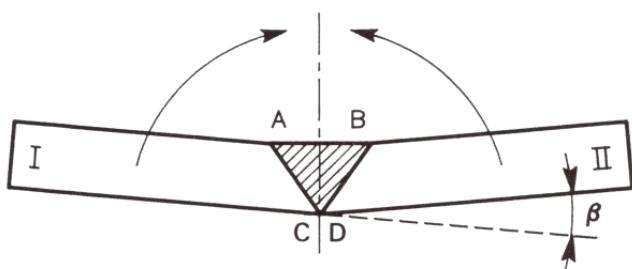
figuur 4.1 AB wordt kleiner door:
- uitzetting I en II
- krimpen van het lasmetaal

Elke verwarming veroorzaakt uitzetting en elke afkoeling veroorzaakt krimp. Hieruit volgt de basisregel voor krimpen: "Alle lassen zijn kleiner, dat wil zeggen korter, smaller en dunner, dan de voorbereikte naad".

Langs experimentele weg is vastgesteld, dat de uiteindelijke inhoud van een V-las circa 20% minder is dan de oorspronkelijke inhoud van de V-naad op tekening. Deze vermindering van de oorspronkelijke inhoud treedt het sterkst op bij kleine afmetingen van de platen en indien ze vrij zijn opgelegd.

Indien echter het uitzetten en/of het krimpen worden belemmerd, ontstaan er hoge inwendige spanningen, waarbij de vloeigrens wordt overschreden en als gevolg waarvan elastische/plastische vervormingen ontstaan.

Figuur 4.2 toont de vervorming tengevolge van het lassen van een V-naad. De vrij opgelegde platen van de a-symmetrische verbinding vervormen door de dwarskrimp.



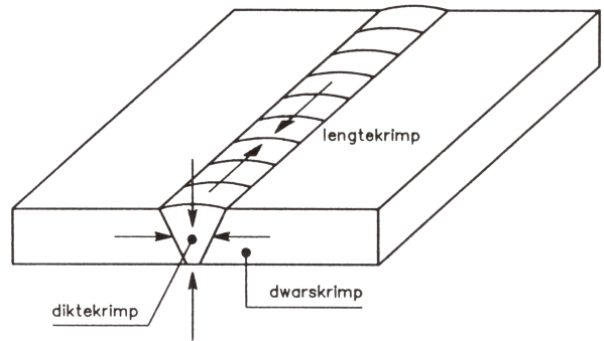
figuur 4.2 Krimpvervorming van een asymmetrische las

AB krimpt meer dan CD ($AB > CD$). De krimp van de bovenste lagen in de V-naad wordt tegengewerkt door de onderste lagen.

Hierdoor ontstaan spanningen en vervormingen.

Zoals reeds eerder opgemerkt, treedt de krimp in alle richtingen op. Bij een las kunnen we onderscheiden (figuur 4.3):

- ▶ diktekrimp;
- ▶ lengtekrimp;
- ▶ dwarskrimp.



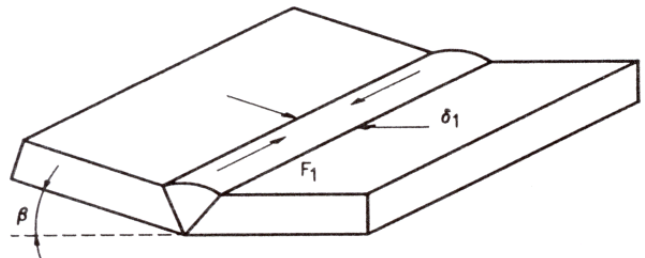
figuur 4.3 Krimp in alle richtingen

Sterke belemmering van de krimp treedt op in de langsricting van een las. In die richting treden derhalve hoge trekspanningen op. Van minder sterke belemmering is doorgaans sprake in de dwarsrichting, zodat ook de spanningen in die richting in het algemeen lager zijn. De belemmering en de resulterende spanning in de dikterichting spelen alleen een rol bij lassen in dik materiaal.

Het ontstaan van spanningen en vervormingen is een onprettige bijkomstigheid van het lassen en het beheersen en/of minimaliseren ervan is erg belangrijk.

Kennis van krimp en vervorming is één van de voorwaarden met betrekking tot de kwaliteitsbeheersing bij het lassen. De literatuur is een belangrijk hulpmiddel bij de start. Ervaring opdoen is dan ook hetgeen waar alles om draait bij krimp en vervorming.

De belangrijkste grootheden bij de laskrimp zijn de langskrimpkracht F_1 en de daarbij behorende langskrimpspanning, de dwarskrimp d en de hoekverdraaiing β (zie figuur 4.4). Uit een eenvoudige berekening blijkt, dat de langskrimpspanning in de las, na afkoeling tot omgevingstemperatuur, vrijwel altijd de vloeigrenswaarde (trekspanning) heeft. Onderzoek naar de invloed van de lasomstandigheden en de lasuitvoering op de krimpverschijnselen heeft een aantal krimpregels opgeleverd.



figuur 4.4 Krimpgrootheden

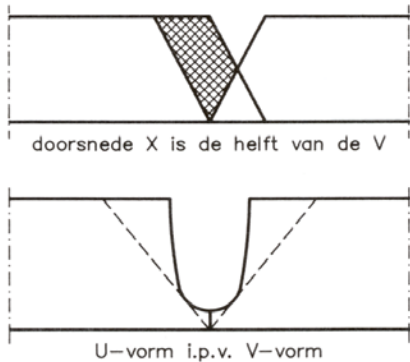
4.2 Enkele krimpregels

- ▶ Ingespannen lassen: kleine krimpvervorming en grote krimpspanning.
- ▶ Vrijliggend lassen: grote krimpvervorming en kleine krimpspanning.
- ▶ Hoge begintemperatuur: weinig krimp.
- ▶ Lage begintemperatuur: veel krimp.
- ▶ Grote lassnelheid: weinig krimp.
- ▶ Kleine lassnelheid: veel krimp.
- ▶ Veel lagen: veel krimp.
- ▶ Weinig lagen: weinig krimp.
- ▶ Dunne platen: veel krimpvervorming weinig krimpspanning.

- ▶ Dikke platen: weinig krimpvervorming veel krimpspanning.
- ▶ Voorwarmen: weinig krimp.
- ▶ Niet voorwarmen: veel krimp.

4.3 Aanbevelingen die leiden tot minimale vervormingen

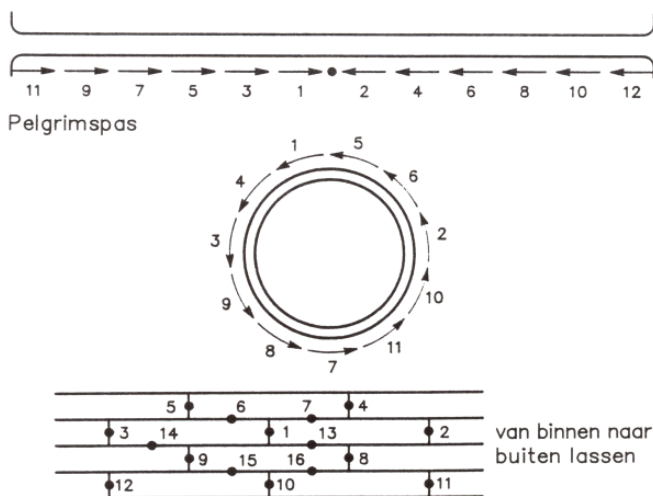
- ▶ Breng niet meer lasmetaal aan dan strikt nodig.
- ▶ Controleer passing en montage van de te lassen werkstukdelen.
- ▶ Pas, waar mogelijk, onderbroken laswerk toe.
- ▶ Kies de kleinste vooropening en openingshoek tussen de plaatkanten en vermijdt overdikte.
- ▶ Pas naadvormen toe die weinig lasmetaal vragen; bijvoorbeeld de X-naad in plaats van de V-naad (zie figuur 4.5).



figuur 4.5 Lasnaadvormen met weinig lasmetaal

- ▶ Las, indien mogelijk, om beurten aan beide zijden van de naad, bij meerlagen vullingen.
- ▶ Vul de naad met een gering aantal lagen, echter weer zodanig dat mechanische eigenschappen en eventuele kerftaaiheidseisen worden gehaald.
- ▶ Gebruik lasprocédés met een grote neersmeltsnelheid.
- ▶ Pas lasmethoden toe waarmee snel wordt gelast; hoog rendement elektroden of gemechaniseerd lassen.
- ▶ Houdt de warmte-inbreng zo klein als mogelijk.

$$\phi = k \times \frac{U \times I}{v} \times 10^{-3} \text{ [kJ/mm]}$$
- ▶ Gebruik draaitafels en rolstellingen om onder-de-hand te lassen.
- ▶ Ontwerp de lassen symmetrisch ten opzichte van de neutrale lijn van een ligger of ander werkstuk.
- ▶ Verdeel de laswarmte gelijkmatig door een geplande lasvolgorde en laspositie (zie figuur 4.6).



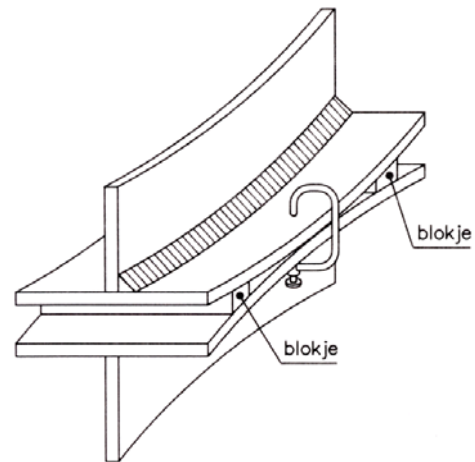
figuur 4.6 Geplande lasvolgorde

- ▶ Las in de richting van het vrije, niet-ingekelede deel van het werkstuk.
- ▶ Gebruik klemmen, inspaninrichtingen en stijve opspanbalken.

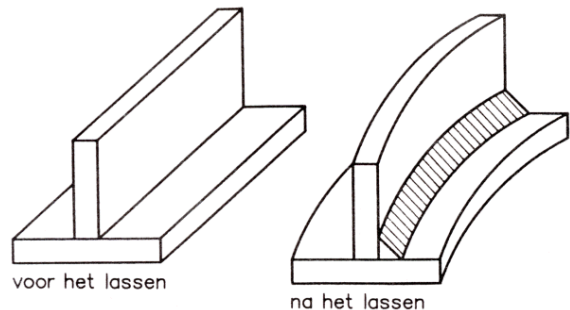
- ▶ Geef de te lassen werkstukdelen "voorbocht", of span de delen zo in, dat de krimp hen in de juiste stand brengt (zie figuren 4.7 en 4.8).
- ▶ Las de naden die de meeste krimp veroorzaken het eerst.
- ▶ Las de beter buigende doorsneden het eerst, zodat ze kunnen worden gericht alvorens het tot de definitieve samenstelling komt.
- ▶ Pas een dusdanige lasvolgorde toe, waarbij de lassen voortdurend in evenwicht zijn ten opzichte van de neutrale lijn van het werkstuk (zie figuur 4.9).



figuur 4.7 "Voorbocht"



figuur 4.8 Werkstuk inspannen



figuur 4.9 Een voorbeeld van een werkstuk, waarbij de lasvolgorde niet in de neutrale lijn van het werkstuk ligt

Bepaalde elementen in de materialen hebben invloed op het krimpen en het optreden van krimp scheuren (spanningen). Bijvoorbeeld de vele verschillende elementen die in koolstofstaal en nog meer in gelegeerde stalen voorkomen, vertonen een groot verschil ten aanzien van hun invloed op het krimpen.

- ▶ Koolstof verhoogt het krimpen als zodanig niet, doch heeft grote invloed op het vermogen van het stollend materiaal om het krimpen te volgen. Koolstof vermindert het krimpvermogen.
- ▶ Mangaan verhoogt het krimpen aanzienlijk.
- ▶ Silicium heeft een geringe invloed op het krimpen.
- ▶ Fosfor heeft een vrij aanzienlijke invloed op het krimpen.
- ▶ Zwavel heeft een grote invloed op het krimpen.
- ▶ Chroom en molybdeen verhogen het krimpen zeer aanzienlijk, zowel wanneer deze elementen in kleine als in grote hoeveelheden (zoals bij roestvast staal) zijn toegevoegd.

Bij de invloed van de genoemde legeringselementen is het goed te beseffen, dat de harde overgangszone, die tengevolge van het lassen kan ontstaan, ook zeer ongunstig is met betrekking tot de krimpvervormingen respectievelijk krimpspanningen.

Hoofdstuk 5

De keuze van het lasproces

5.1 Inleiding

De keuze van een lasproces kan een ingewikkelde zaak zijn. Alle stadia van de productie, vanaf het ontwerp tot aan de laatste inspectie, zijn hierbij betrokken.

De keuze wordt beïnvloed door productieprocessen, die niet in directe relatie staan tot het lassen. Reeds in de ontwerpfase dient men zich een duidelijk beeld te vormen van de te volgen lasprocedure (vooral als vermoeiing een rol speelt).

De keuze van het lasproces wordt in sterke mate bepaald door het type lasnaad, metallurgische overwegingen en economische factoren. Ervaring en kennis van de fabricage en van het gebruik van de te vervaardigen constructie zijn daarom essentiële factoren.

In de jaren 2003 - 2006 is in een tweetal projecten een poging gedaan om de lasproceskeuze enigszins te stroomlijnen. Allereerst kwam er een 'matrix' beschikbaar die de industrie ondersteunt bij het kiezen een verbingsproces voor dunne plaat (0,3 - 3 mm). In dit project werd nadrukkelijk naast lassen ook de technieken lijmen, solderen en mechanisch verbinden meegenomen. Later is dit project geïntegreerd in een vervolg: het lassen van materialen tot 30 mm. Hierbij is uitsluitend gekeken naar lassen als verbindingstechniek. Via een eenvoudige vragenlijst kan op internet gebruik worden gemaakt van deze informatie. Na het behandelen van enkele vragen selecteert de computer welke verbindingstechnieken er daarna nog binnen de scope van de mogelijkheden zitten, waarna de vragensteller in de gelegenheid wordt gesteld detailinformatie van deze verbindingstechnieken te raadplegen. De 'proceskeuzematrix' is te vinden op de websites www.Verbinden-Online.nl en www.DunnePlaat-Online.nl (site Verbinden).

5.2 Overwegingen bij de juiste keuze van een lasprocédé

5.2.1 Productiemiddelen

Bij de keuze van het lasproces zal de eerste stap een inventarisatie zijn van wat aan vakmanschap en mogelijkheden in het eigen bedrijf aanwezig is. Bij enkelstuks fabricage is gebruik hiervan een vrijwel uitgemaakte zaak. Het uitbesteden van bepaalde onderdelen dient hierbij in overweging te worden genomen.

Wanneer er sprake is van een te verwachten continuïteit in de productie, dan is een daarop gerichte overweging voor de keuze van apparatuur raadzaam.

Ook hier kan aan uitbesteden worden gedacht. Bij al deze overwegingen spelen de kosten per eenheid een belangrijke factor. Investeringskosten moeten over een aantal producten worden afgeschreven.

Het NIL beschikt over een goedkoop programma voor kostprijsberekening, dat inzicht geeft in het kostenaspect en waarmee eenvoudig en snel vergelijkingen kunnen worden uitgevoerd (COSTCOMP[®] programma).

5.2.2 Materiaaldikte

De te lassen materiaaldikte is een volgende belangrijke factor bij de keuze van het lasproces. Dun plaatmateriaal kan bijvoorbeeld niet elektroslak worden gelast, maar wel gepuntlast, TIG of MIG worden gelast. Materiaal van 50 mm dikte kan echter weer niet gepuntlast worden, maar is wel geschikt voor het onder poeder- en het elektroslaklassen. Grotere dikten geven meestal meer problemen, bijvoorbeeld door het optreden van koudscheuren. Snelle afkoeling kan hoge hardheid veroorzaken en tezamen met waterstof uit de elektrode of het poeder tot koudscheuren leiden. Voorwarmen is dan in ieder geval een voorwaarde.

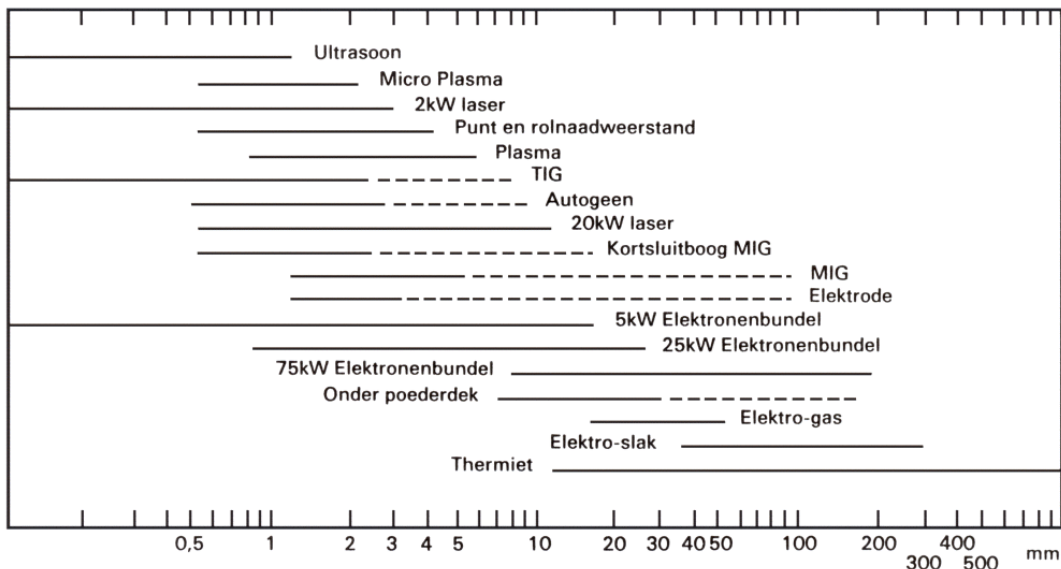
In figuur 5.1 zijn de gebieden aangegeven welke vallen binnen het bereik van diverse lasprocédés.

In tabel 5.1 zijn de lasnaadvormen, het lasproces en de bijbehorende productvormen aangegeven.

5.2.3 Kerftaaiheid van de las

Een minimale waarde van de kerftaaiheid is voor veel constructies vereist, teneinde zekerheid te verschaffen in verband met het voorkomen van brosse breuk. Hierdoor kunnen constructies spontaan scheuren. Een bepaling van kerftaaiheid is gewenst in het midden van de las en wel 2 en 5 mm vanaf de smeltlijn. Daar zijn de waarden namelijk het laagst gebleken. Kerftaaiheid wordt beïnvloed door de draadsamenstelling, opmenging, poeder, warmte-inbreng en het aantal laslagen. Als algemene leidraad kan worden gesteld dat in volgorde van afnemende kerftaaiheid de volgende lasprocédés kunnen worden genoemd:

- ▶ booglassen met beklede elektroden;
- ▶ gevulde draad lassen;
- ▶ onder poeder lassen;
- ▶ massieve draad lassen onder gasbescherming;
- ▶ elektrogaslassen;
- ▶ elektroslaklassen.



figuur 5.1 Het normale diktebereik van lasprocessen (plaat). Gestreepte lijnen geven het bereik aan bij meerlagentechniek

tabel 5.1 Procédés voor diverse lasnaadvormen

lasprocédé	plaat	cilinders in grote diameter	stomp		aan- hech- ting	hoek- las
			pijp	staf		
plasma	■	■	■			
weerstand punt	■	■			■	
rolnaad	■	■			■	
TIG	■	■			■ ¹⁾	■ ¹⁾
autogeen	■	■				
MIG	■	■			■ ¹⁾	■
elektrode	■	■			■ ¹⁾	■
gevulde draad	■	■				■
onder poeder	■ ²⁾	■ ²⁾				■
elektro-gas	■ ³⁾	■ ³⁾				■
elektro-slak	■ ³⁾	■ ³⁾				■
elektronenbundel	■	■	■ ⁴⁾	■ ⁴⁾	■	■
afbrandstuik	■	■	■	■		■
wrijving			■ ⁴⁾	■ ⁴⁾		
weerstand stomp			■	■		
diffusie			■	■		■
projectie						■
punt TIG					■	
punt MIG	■	■			■	
thermiet						

1) Alleen geringe wanddikte
2) Hoofdzakelijk onder de hand "positie"
3) Hoofdzakelijk in "verticale positie"
4) Werkstuk draait

5.2.4 De warmte-beïnvloede zone

Uitscheidingen, waaronder veroudering en lasbederf zijn verschijnselen, die optreden in de warmte-beïnvloede zone. Zij zijn tijd/temperatuur afhankelijk en worden daarom beïnvloed door het soort lasproces en de warmte-inbreng. Lasbederf treedt op bij de austenitische staalsoorten en ontstaat door uitscheidingen bij een temperatuur tussen 550 en 850 °C. Bij het toepassen van een meerlagentechniek in dikkere platen of bij het lassen van dun (bijvoorbeeld 1 mm) roestvast staal kan, afhankelijk van de samenstelling en het milieu, lasbederf optreden. Een warmte-inbreng van maximaal 2,5 kJ/mm (zonder correctie van het thermisch rendement "k-factor") geeft in het algemeen voldoende waarborg tegen het optreden van dit verschijnsel. Het elektronenstraallassen zal met zijn lage warmte-inbreng per lengte eenheid, het minst aanleiding geven tot aantasting.

5.2.5 Lasnaadvorm en positie

De lasnaadvorm van de te verbinden metalen kan een factor zijn. Lange stompe lassen tussen twee plaatdelen bijvoorbeeld kunnen niet door middel van wrijvingslassen tot stand komen, maar dit procédé is ideaal voor twee stukken in de vorm van staf.

Onder poeder lassen is uitermate geschikt voor lange stompe naden, maar ongeschikt voor pijp met kleine diameters. TIG-lassen is hiervoor weer uitstekend geschikt.

Ook de bereikbaarheid van de verbinding is van belang. Een handlasser moet met zijn elektrode kunnen manipuleren. Onder de hand lassen heeft in vele gevallen de voorkeur, aangezien kwaliteit en neersmeltsnelheid dan optimaal kunnen zijn. Om het keren van plaatvelden te voorkomen, wordt het éénzijdig lassen met een simpele badondersteuning steeds interessanter. Ook rondgaande naden kunnen op deze manier worden vervaardigd.

Niet in de laatste plaats is het belangrijk een lasnaadvorm te nemen, die later te inspecteren is met de daarvoor geschikte methoden, zoals röntgen en ultrasooninspectie. Al reeds in de ontwerpfase moet hierop worden gelet. Toezichthouders zullen in vele gevallen inspectie van lasnaden vereisen!

Wanneer men dan voorbij het ontwerpstadium is, moet zo'n detail op zijn minst opnieuw worden ontworpen, wanneer inspectie niet uitvoerbaar blijkt. En dat is dan nog de goedkoopste oplossing.

5.2.6 Lasfouten

Lasfouten kunnen te maken hebben met de mate van vakmanschap dat in huis is in relatie tot een bepaald lasprocédé (bijvoorbeeld veel last van poreusheid, bindingsfouten en slakinsluitingen). Of het te lassen materiaal is gevoelig voor koudscheuren.

Door de keuze van een lasprocédé welke een laag waterstofgehalte in de neersmelt geeft, door voorwarmen en door voldoende warmte-inbreng bij het lassen, kunnen koudscheuren worden vermeden.

Warmtscheuren in lassen is een ander scheurverschijnsel. Samenstelling van de neersmelt, wijze van stollen en de hoeveelheid krimp hebben invloed op het scheurgedrag. In het algemeen kan worden gesteld, dat laag smeltende bestanddelen in het lasdepot, die als een film op de korrelgrenzen zitten, primair verantwoordelijk zijn. Dit verschijnsel treedt in het bijzonder op bij bepaalde austenitische roestvaste staalsoorten.

Of een las scheurt hangt af van de snelheid van stollen en de optredende krimp. Bij een scheurgevoelig materiaal is het gewenst de opmenging van het las- en basismetaleel zo gering mogelijk te houden. V-naden kunnen gunstiger zijn dan gesloten I-naden, aangezien het lasdepot dan goed kan worden bewaakt. Bij het onder poeder lassen, waar naast een grote opmenging een preferente stolling ontstaat, kan scheurvorming in het midden van de las optreden. Door het kiezen van een bepaalde hoogte-breedte verhouding kan scheurvorming worden vermeden.

5.2.7 Conclusies

Het zal na dit alles duidelijk zijn, dat de keuze van een lasproces een ingewikkelde zaak kan zijn. Het beantwoorden van de hieronder op te sommen vragen kan echter een beslissing vergemakkelijken:

1. Op welke wijze beïnvloeden de gebruiksomstandigheden de keuze van lasnaadvorm en materiaal?
2. In welke categorie valt het product?
 - constructies;
 - machine-onderdelen;
 - halfabrikaten.
3. Welke apparatuur en vakmanschap is aanwezig?
4. Wettigen de omvang van het werk, het aantal of de potentiële markt een uitbreiding van de apparatuur?
5. In welke mate beperkt de dikte van het materiaal de keuze van het lasprocédé?
6. Is een speciaal lasprocédé nodig gezien de gestelde kwaliteitseisen?
7. Beperkt de lasnaadvorm de procédékeuze?
8. Is de verbinding redelijk bereikbaar?
9. Is lassen in een bepaalde positie noodzakelijk?
10. Kan het product in een "onder hand positie" worden gebracht?
11. Welke apparatuur is noodzakelijk om het werkstuk voor te bewerken en te manipuleren?
12. Moeten montagelassen worden uitgevoerd?
13. Als dat zo is, zijn daar dan speciale voorzieningen voor nodig om eventuele problemen te voorkomen?
14. Wat voor inspectie is noodzakelijk en kunnen verbindingen volgens de eisen van de betreffende toezichthouders worden geïnspecteerd?
15. Kan worden uitgegaan van gestandaardiseerde geprefabriceerde delen?
16. Kan het lasprocédé worden gemechaniseerd of kan het ontwerp van het product hieraan worden aangepast?
17. Is uitbesteden van onderdelen van het werk voordelig?
18. Valt het uit te voeren laswerk onder een code of specificatie? Zijn hier voor kwalificaties beschikbaar?
19. Is in het bedrijf voldoende kennis aanwezig?
20. Moet advies van buiten worden ingewonnen?

Dit is een lange lijst van vragen. Het zorgvuldig trachten te beantwoorden van de vragen kan u echter een niet geringe hoeveelheid ergernis en kosten in elk stadium van het werk besparen.

Hoofdstuk 6

Lasnaadvormen en het aanbouwen ervan

6.1 Lasnaadvormen

Bij het handlassen is de relatie tussen: "las, die aan alle eisen voldoet" en "de juiste wijze van aanbouwen" onmiskenbaar aanwezig. Wanneer er goed wordt aangebouwd, overeenkomstig de afmetingen en toleranties die op tekening staan, dan kan een goede las worden verwacht, indien, en daar mag van worden uitgegaan, de lasser is gekwalificeerd en de benodigde ervaring heeft opgedaan. Bij het gemechaniseerd lassen is het aanbouwen nog veel kritischer, aangezien bij de handlasprocessen de lasser nog correcties kan uitvoeren.

Bij stompe lassen dient een laskant te worden aangebracht om een volledige samensmelting tot stand te brengen tussen twee materiaaluiteinden en het toegevoegde lasmetaal.

De keuze van de lasnaad wordt bepaald door vijf factoren:

- toegankelijkheid;
- economie;
- vervorming;
- toe te passen lasprocédé;
- beschikbare bewerkingstechnieken.

Laskanten kunnen op diverse manieren worden aangebracht. Het is gebruikelijk de betreffende lasnaadvormen op tekening te zetten. Hiervoor leent zich de NEN-ISO 2553 (Las- en soldeerverbindingen - Symbolische weergave op tekeningen). Voor de lasnaadvormen zelf zijn 2 nieuwe EN-normen ontwikkeld, t.w. EN 1708-1 (Basic weld joint details in steel, deel 1 Pressurized components) en EN 1708-2 voor "non-internal" pressurized components.

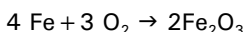
De mechanische voorbereiding is doorgaans veruit de duurste techniek, maar wel de meest nauwkeurige. Deze methode wordt in het kader van dit onderwerp niet nader besproken. Wel kan nog worden vermeld, dat er tegenwoordig goedkopere naadkantvoorbewerkingsmachines op de markt worden gebracht, welke zeer snel zijn (speciaal voor plaatvelden en rompen voor tanks).

6.1.1 Autogeen snijden

Voor dit procédé zijn vereist:

- ▶ een voorwarmvlam voor de ontbranding en voortzetting van de snede (deze vlam kan verkregen worden met acetyleenzuurstof, propaanzuurstof of samengestelde brandbare gassen als tetreen of cryleen;
- ▶ een meestal geconcentreerde zuurstofsnijstraal voor doorbranding in een smalle snede van het materiaal en uitdrijving van de gevormde oxiden. Bij het autogeen snijden wordt plaatselijk het materiaal verbrand door de werking van een zuurstofstraal.

De chemische oxidatie-reactie is als volgt:



waarbij ± 100 Joules vrijkomen.

De reactie is echter niet voldoende exotherm om zich zonder de voorwarmvlam in stand te houden. Om de reactie aan te zetten en in stand te houden, is het met sommige metalen vaak nodig ijzerpoeder toe te voegen, het zogenaamde poedersnijden.

Dit procédé wordt steeds minder toegepast en is grotendeels vervangen door de plasmasnijmethode, waarmee men een veel betere snijkwaliteit verkrijgt.

6.1.1.1 Toepassingsgebied

Autogeen snijden wordt vooral toegepast bij het snijden en afschuiven van ongelegeerde of laaggelegeerde staalplaten met een dikte van 3 mm tot 1 m en meer.

6.1.1.2 Snijbaar materiaal

Ongelegeerd en laaggelegeerd staal zijn goed snijbaar.

Voor roestvast staal en gietijzer wordt nog af en toe het brandsnijsysteem met ijzerpoeder toegepast. Gezien de kwaliteit van de snede wordt hiervoor echter steeds meer gebruik gemaakt van de plasmasnijmethode.

6.1.1.3 Snij-uitrusting

- ▶ Individuele flessen of centraal systeem zoals bijvoorbeeld bij het autogeen en gasbooglassen, met echter een hogere zuurstofcapaciteit.
- ▶ Dezelfde accessoires als voor het lassen: reduceerventielen, veiligheidsinrichting, aansluitstukken.
- ▶ Eén of meerdere snijbranders met diverse mondstukken.

Het afstellen van de voorwarmvlam gebeurt op dezelfde wijze als voor de lasvlam. De op juiste druk ingestelde zuurstof (1,5 tot 10 bar) wordt via een aparte leiding aangevoerd met een speciale afsluitkraan. Bij het snijden met de hand kan men door toepassing van een rolgeleider een regelmatigere snede verkrijgen. Elk brandermondstuk komt overeen met de diameter van de zuurstofuitlaatopening (0,7 tot 3 mm) overeenkomstig de te snijden dikten (3 tot 300 mm). Op dezelfde brander kunnen mondstukken met verschillend snijbereik worden gebruikt.

6.1.1.4 Hygiëne en voorzorgsmaatregelen

Voor het meeste snijwerk worden dezelfde maatregelen genomen als bij het autogeen lassen. Bij autogeen snijden met ijzerpoeder moet men bovendien zorgen voor voldoende luchtverversing.

6.1.2 Plasmasnijden

Onder plasmasnijden verstaat men het plaatselijk tot smelten brengen van het materiaal door middel van een plasmastraal, welke tevens het gesmolten metaal uit de snede blaast. De plasmastraal wordt volgens hetzelfde principe verkregen als bij het plasmalassen.

De voor deze techniek gebruikte plasmagassen zijn: argon/waterstofmengsels, stikstof, perslucht.

De hoge temperatuur van de plasmastraal brengt het materiaal tot smelten en zijn grote snelheid (kinetische energie) zorgt voor uitdrijving van het gesmolten metaal. Bij deze techniek wordt geen schermgas toegepast. Bij een hoge snijstroom dient het mondstuk te worden gekoeld. Deze stroom is hoger dan bij het lassen.

Ook de boogspanningen zijn hoger en kunnen afhankelijk van het gebruikte gas 150 V bereiken. De snijnsnelheid is bijzonder hoog en kan voor plaatdikten van 2 tot 20 mm variëren van 12 tot 1 m/min.

6.1.2.1 Toepassingsgebied

Het plasmasnijden is als vrij nieuw procédé in volle ontwikkeling en wordt voortdurend geperfectioneerd. Werd het aanvankelijk vooral machinaal toegepast, sinds kort, dankzij de verschijning op de markt van persluchtsnijmateriaal voor alle metalen, kan het ook met de hand tot 20 mm dikte worden gesneden.

Het procédé is geschikt voor ongelegeerde staalplaten tot 100 mm dikte, voor roestvaststalen platen tot 120 mm en voor lichte legeringen tot 140 mm dikte.

Voor de twee laatste materialen is dit de enige industriële, thermische snijmethode; voor ongelegeerd staal boven 25 mm blijft de autogene snijtechniek de meest voordelige. Het plasmasnijprocédé wordt aangetroffen in alle industrieën die werken met roestvast staal en aluminium (dezelfde als voor de TIG-, Plasma- en MIG-procédé's) en ongelegeerde staalplaten van geringe dikte (scheepsbouw, carrosserie, auto's, plaatwerk, enz.).

6.1.2.2 Snijbaar materiaal

Ongelegeerd, laaggelegeerd en roestvast staal, gietijzer, galvaniseerd staal, aluminium, koperlegeringen, geschilderd of beschermd plaatwerk.

6.1.2.3 Snij-uitrusting

- ▶ Een speciale gelijkstroombron met een nullastspanning van ongeveer 300/400V.

- ▶ Een hoogfrequent startvoorziening van de hulpboog voor het ontsteken van de plasmaboog afhankelijk van het type apparaat.
- ▶ Aanvoerleiding van plasmagas (voorgemengd gas) en koelwater.
- ▶ Een snijtoorts.

6.1.2.4 *Hygiëne en voorzorgsmaatregelen*

De ogen dienen door middel van een laskap met de juiste glazen, tegen ultra-violette en infra-rode stralen te worden beschermd. De huid dient ook beschermd te worden. De snijruimte behoort door middel van speciale schermen of gordijnen van de omgeving te zijn afgescheiden. De persoon die snijdt moet altijd handschoenen dragen. Opgelet moet worden dat alle zich in de buurt bevindende metalen stukken geaard zijn. Voor de elektrische stroom moeten dezelfde voorschriften in acht worden genomen als bij het lassen. De volgens de normen gebouwde stroombronnen zorgen voor de veiligheid van het personeel. Een goede afzuiging van de rook in de werkzone is noodzakelijk. Bij het snijden van platen kunnen rook en geluid door het snijden onder water worden onderdrukt. Het snijwerk dient ver van chloormiddelen en in een goed geluchte ruimte te gebeuren.

6.1.3 *Thermische snijmachines*

Deze machines maken de automatische uitvoering van auto-geen of plasmasnijwerk op staalplaten, buizen of op ongelijke oppervlakken mogelijk. De meest eenvoudige machines zijn de snijwagens: deze zijn motorisch aangedreven, bezitten 1 of 2 branders of toortsen, rijden over de plaat en kunnen automatisch rechte of kromme figuren snijden.

De contoursnijmachines met twee assen maken het mogelijk de meest uiteenlopende snijfiguren te verwezenlijken, zoals bijvoorbeeld rechte of kromme sneden zonder mal, rechte of schuine sneden overeenkomstig de twee hoofdasen, ronde en speciale vormen volgens mal en het gelijktijdig snijden van profielen van gelijke afmeting door gebruik van meerdere branders.

Ook bestaan machines met een optisch elektronische stuurkop die door maltekening aflezing de machine automatisch en op uiterst nauwkeurige wijze bestuurt zonder contact te maken met de werkstuktekening. Door de nieuwe numerieke besturingssystemen met microprocessors zijn programma's, tekeningen en mallen overbodig geworden.

6.1.4 *Snijden met de laserstraal*

Insnijding wordt verkregen door de elkaar aanvullende werking van een laserstraal en een gas. Ijzerhoudend metaal wordt gesneden door het warmte-effect van de laserstraal dat nog wordt versterkt door het exotherme effect van de ijzerverbranding in de onder druk aangevoerde zuurstof. De overige materialen, al dan niet van metaal, worden gesneden door het warmte-effect van de laserstraal, versterkt door een onder druk gespoten neutraal gas of gasmengsel als stikstof, argon, enz. De laserstraal kan constant zijn of worden gepulseerd om de straalsterkte bij kritisch snijwerk te verminderen.

6.1.4.1 *Toepassingsgebied*

Het lasersnijden is geschikt voor alle metaalsoorten tot 10 mm dikte, of overig materiaal - glas, hout, kunststof - tot 30 mm dikte. De snedebreedte - minder dan 0,35 mm - is kleiner dan die bij de andere thermische snijprocédés. Ook is de totale warmte-inbreng gering. Voor de materialen is dit wel het minst schadelijke thermische snijprocédé.

6.1.4.2 *Snij-uitrusting*

YAG-lasers worden vooral toegepast voor uiterst nauwkeurig snijwerk van hoogwaardige kwaliteit op materiaal van geringe dikte. YAG betekent Yttrium Aluminium Garnet en heeft met mineralen te doen. CO₂-lasers worden industrieel het meest toegepast voor snijwerk van dunne platen (0,1 tot 2 mm), waarbij zij vaak samen met ponsmachines worden

gebruikt. Soms worden zij gebruikt tot 10 mm. In de voorlichtingspublicatie VM 121 (hoogvermogen lasers voor het bewerken van metalen) vindt u meer informatie over gebruikstoepassingen van lasers.

6.2 *Hechten*

De volgende fase in het aanbouwproces is het hechten. Bij pijpen kunnen ook stelklemmen worden aangebracht. Bij het hechten dienen de volgende punten in acht genomen te worden:

- ▶ het hechten van de lasnaden dient zeer zorgvuldig te geschieden, omdat de hechtlassen soms een deel uit gaan maken van de lasverbinding;
- ▶ indien zeer hoge eisen worden gesteld aan de lasverbinding, dan verdient het aanbeveling om de hechtlassen geheel weg te slijpen;
- ▶ in bepaalde gevallen kan men echter volstaan met het wegslijpen van kop en krater van de hechtlas, indien de las wordt tegengelast, of indien bij een éézijdige doorlassing de hechtlas goed is doorgelast;
- ▶ de hechtlassen dienen voldoende sterk te zijn en een zodanige lengte te hebben, dat de spanningen die optreden tijdens het aflassen geen maatafwijkingen veroorzaken;
- ▶ verder dient men er zorg voor te dragen, dat de voorgeschreven vooropening na het hechten van de naden aanwezig is;
- ▶ de hechtlassen dienen zorgvuldig te worden ontdaan van slakresten en andere verontreinigingen;
- ▶ tijdens het wegslijpen van de hechtlassen dient men er zorg voor te dragen, dat het zogenoemde "blauwslijpen" wordt vermeden in verband met het ontstaan van haarscheurtjes;
- ▶ bij het hechten dient een 50 °C hogere voorwarmtemperatuur te worden toegepast dan is aangegeven voor het lassen. De absolute hoogte van de temperatuur hangt af van het te hechten moedermateriaal.

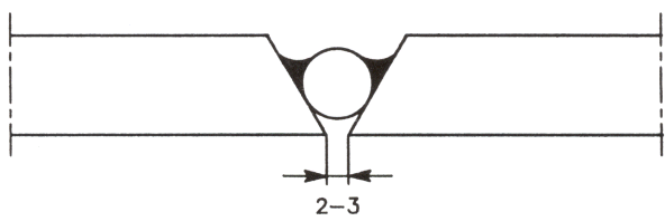
Bovenstaande punten zijn algemeen. Hechten is materiaalafhankelijk en zeer belangrijk. Bij roestvast staal kunnen de hechten verbranden, indien er sprake is van onvoldoende backing gas, bij aluminium kunnen wolframsluitsels optreden.

Zo kan bij ongelegeerd staal gebruik worden gemaakt van hechtbruggen. Hierbij dienen de volgende punten in acht te worden genomen:

- ▶ de dikte- en lengtemaat van de hechtbruggen moeten zodanig zijn, dat de optredende spanningen tijdens het aflassen kunnen worden opgenomen;
- ▶ het hechten van de hechtbruggen mag slechts aan één kant geschieden, omdat het verwijderen van de hechtbruggen anders problemen zal opleveren;
- ▶ het verwijderen van de hechtbruggen moet met overleg gebeuren, om beschadiging van het moedermateriaal te voorkomen;
- ▶ het materiaal moet van een goed lasbare kwaliteit zijn;
- ▶ hechtbruggen mogen nóóit van de werkstukken worden afgeslagen.

Bijlage 6.1 bevat twee hechtinstructies, de één voor gesloten lasnaden, de andere voor open aangebouwde lasnaden.

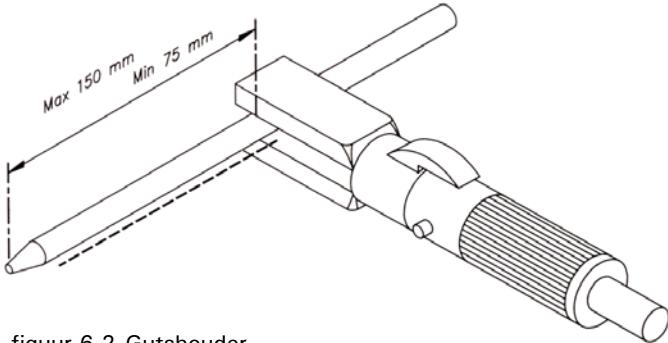
Ook is het mogelijk te hechten met stukjes Ø10 mm van een lasbare kwaliteit. Vanzelfsprekend dienen dan de ronde stukjes te worden verwijderd voor het lassen (zie figuur 6.1).



figuur 6.1 Hecht met rond

6.3 Gutsen

Bij dit proces wordt een boog ontstoken tussen een verkoperde grafietelektrode en het te gutsen materiaal. Het gesmolten materiaal wordt met behulp van een geconcentreerde persluchtstroom weggeblazen. De elektrode dient in de elektrodehouder te worden bevestigd zoals aangegeven in figuur 6.2.



figuur 6.2 Gutshouder

Er zijn elektroden met diameters van 4 tot 10 mm en ze kunnen met gelijk- en wisselstroom worden gebruikt. Er is minstens 500 kPa luchtdruk nodig om een schoon smeltbad te krijgen.

De afmetingen van de lasgroef wordt bepaald door de afmetingen van de elektrode, voortloopsnelheid en elektrodehoek.

De hoek tussen elektrode en werkstuk is doorgaans 20°. Hoe groter de hoek, hoe dieper de groef. Het verbreden van de "naad" kan doorgaans worden geregeld door te "zwaaien".

Het gutsen wordt toegepast voor het uitvoeren van reparaties in lassen of bij het "tegenbewerken" van de las bij tweezijdig lassen.

Bij het elektrisch gutsen met koolelektroden bestaat het gevaar dat koolstof wordt opgenomen. De gutshoek is een belangrijke parameter; een steilere hoek geeft sneller aanleiding tot koolstofopname. In het algemeen wordt het gegutste oppervlak geslepen (± 2 mm), teneinde eventuele groeven te elimineren en om de warmte-beïnvloede zone, waarin mogelijk koolstofopname heeft plaats gevonden, te verwijderen. Het is raadzaam dit soort uitgeslepen groeven penetrant te onderzoeken (zie hoofdstuk 8).

6.4 Uitlijnigheid na het lassen

Indien er geen eisen worden gesteld aan de maximale uitlijnigheid, kunnen de volgende waarden worden aangehouden:

- tweezijdig gelaste verbindingen:
 - langsnaden: 10% van de materiaaldikte met een max. van 3 mm;
 - rondnaden: 10% van de materiaaldikte, vermeerderd met 1 mm, met een max. van 3 mm;
- eenzijdig gelaste verbindingen:
 - langsnaden: 10% van de materiaaldikte met een max. van 3 mm, gemeten aan de binnenzijde;
 - rondnaden: 10% van de materiaaldikte, vermeerderd met 1 mm, met een max. van 3 mm, gemeten aan de binnenzijde;
- lassen niet afslijpen zonder toestemming van opdrachtgever.

Verder zijn waarden vermeld in de NEN-EN-ISO 5817 voor verschillende kwaliteitsklassen.

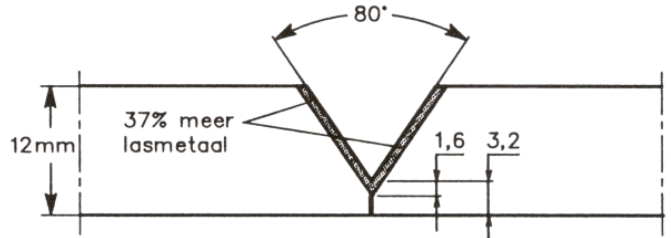
6.5 De belangrijkheid van het aanbouwen en de laspositie

Het aanbouwen is om twee redenen van belang.

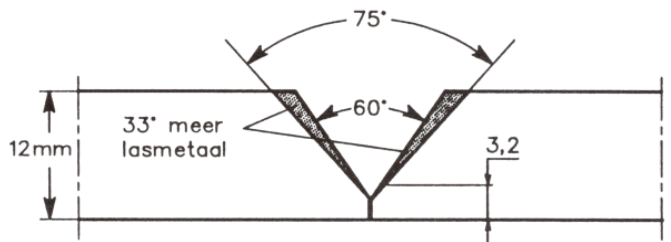
1. Wordt de naad met een grotere vooropening aangebouwd dan op tekening is aangegeven (bijvoorbeeld

van 0 - 1,6 mm), dan is er sprake van een toename van het lasmetaalvolume van 28% bij een hoek van 60° en een plaatdikte van 12 mm (zie ook voorbeelden figuur 6.3 en 6.4, respectievelijk verlaging van het staande deel en vergroting van openingshoek van 60 naar 75°).

2. Abnormaal grote vooropeningen (> 5 mm) maken het de lasser moeilijk een goede grondlaag te lassen, tenzij er op een onderlegstrip wordt gelast. Verder dient aandacht te worden besteed aan de laspositie waarin wordt gelast. Zoveel mogelijk onder de hand lassen. Het waarom moge blijken uit het voorbeeld in figuur 6.5.



figuur 6.3 Toename lasmetaalvolume bij verlaging van het staande deel van 3,2 naar 1,6 mm



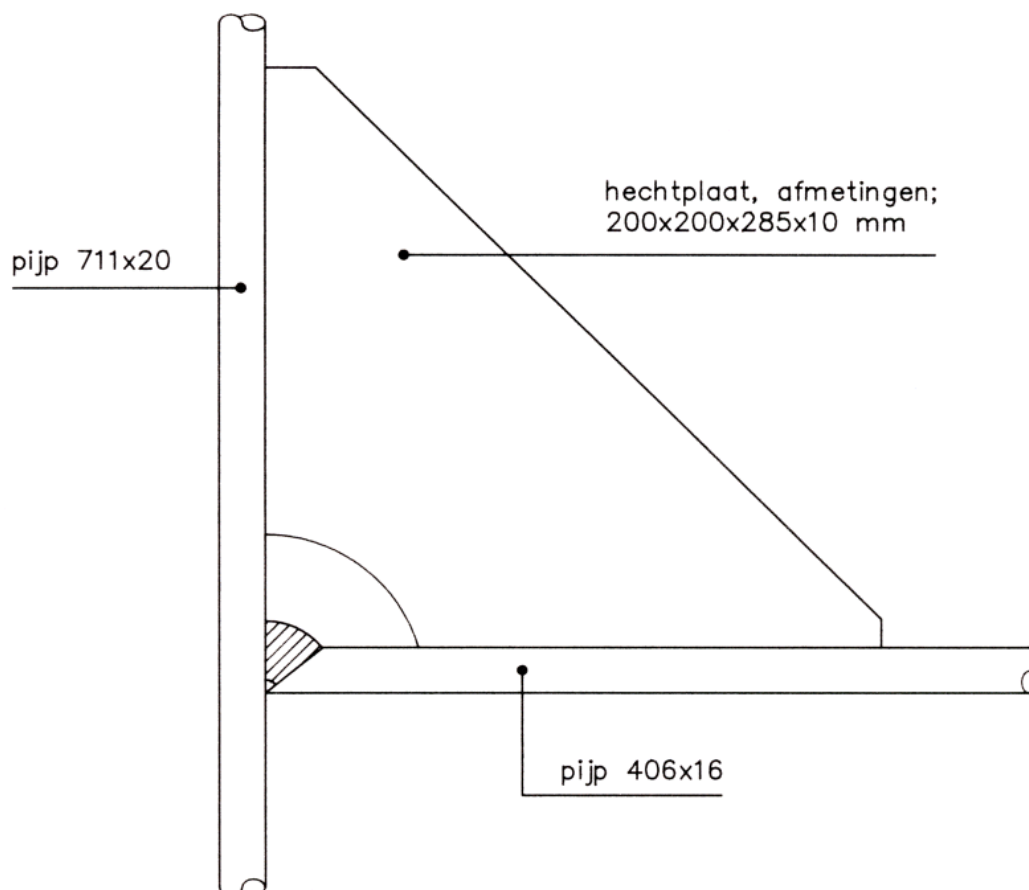
figuur 6.4 Toename lasmetaalvolume bij vergroten openingshoek van 60° naar 75°

positie	proces	stroomsterkte (A)	tijd in min. 3 mm las
boven het hoofd (PD)			
	booglassen met beklede elektrode meerlagen techniek	160	50
onder de hand (PA)			
	booglassen met beklede elektrode één laag	350	20

figuur 6.5 Omstandigheden bij a=6 mm hoeklas

BIJLAGE 6.1**Voorbeelden hechtinstructies voor ongelegeerd staal *)**

1. Het hechten in de lasnaad (zonder vooropening):
 - ▶ Het hechten dient te worden uitgevoerd door een vakkundig persoon met de geschikte middelen op de wijze zoals aangegeven in de lasmethode beschrijving (LMB)
 - ▶ De hechtlas moet tenminste een lengte hebben van 50 mm en een lasdikte van tenminste 3 mm. Eventueel moet worden voorverwarmd zoals aangegeven in de LMB. De afstand tussen 2 hechten bedraagt max. 300 mm (bij laslengten groter dan 1000 mm). Bij kleinere lengtes kan er worden gehecht naar eigen inzicht met een minimum hoeveelheid van drie.
 - ▶ De start en de stop van een hechtlas moeten worden ingeslepen, voordat de resterende en aansluitende lassen worden gelegd.
 - ▶ Eventuele tijdelijke hechtlassen dienen volledig te worden weggeslepen tot aan het moedermateriaal. Het resterende materiaal wordt visueel beoordeeld op defecten door de hechter.
 - ▶ Het aantikken van de elektrode (arc-strike) naast de las dient te worden vermeden. Indien dit toch is gebeurd, moet de plek waar dat is gebeurd worden geslepen en een magnetisch scheuronderzoek ondergaan.
2. Het hechten met behulp van hechtplaten voor samenbouw met vooropening (tijdelijke hechtplaten):
 - ▶ Voor het hechten van lasnaden met vooropening wordt gebruik gemaakt van hechtplaten met een minimum wanddikte van 10 mm en een goed lasbare kwaliteit**) (bijvoorbeeld H11). Per rondnaad zullen 4-6 hechtplaten worden aangebracht. Hechten volgens LMB. Voor hechtplaat, zie figuur B6.1.
 - ▶ Het verwijderen van de hechtplaten moet geschieden door middel van slijpen. Hechtplaten nóóit van de werkstukken afslaan.
 - ▶ Het geslepen oppervlak dient magnetisch of penetrant te worden onderzocht op scheurtjes.



figuur B6.1 Hechten met een hechtplaat

*) Vanzelfsprekend vereist bijvoorbeeld roestvast staal van 3 mm dikte een andere hechtinstructie. Dit zijn slechts voorbeelden.

**) bijvoorbeeld
 C kleiner dan 0,23%
 P kleiner dan 0,05%
 S kleiner dan 0,05%

Hoofdstuk 7

Eisen te stellen aan lastoevoegmateriaal

7.1 Europese regelgeving met betrekking tot lastoevoegmateriaal

Ieder zichzelf respecterende instantie voor het keuren van lastoevoegmateriaal had in het verleden zijn eigen keuringsregels (bijv. TÜV, Controlas, Unified Rules). Dit leidde tot aanzienlijke kosten voor de producenten van lastoevoegmateriaal die telkens maar voor de certificerende instellingen proeven moesten maken. Vandaar dat CEN-TC 121-SC3 Europese Regels heeft opgesteld teneinde te komen tot één systeem dat erkend wordt door alle certificerende instellingen, waardoor wederzijdse erkenning ook mogelijk is. Ook hierbij speelt de kwaliteitsborgingsgedachte een belangrijke rol. De van toepassing zijnde specificaties bestaan uit drie delen.

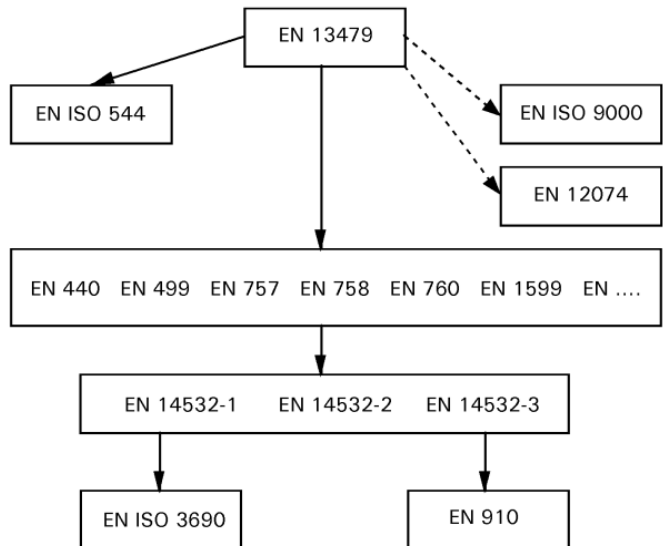
EN 12074 (quality requirements for manufacture, supply and distribution of consumables for welding and allied processes) bevat de eisen voor de opzet van een kwaliteitsborgingssysteem (praktische vertaling van de oude NEN-EN-ISO 9001: 1994 naar de fabricage van lastoevoegmateriaal).

De inhoudsopgave ziet er als volgt uit:

- 1 Reikwijdte
- 2 Normatieve verwijzingen
- 3 Definities
 - 3.1 Fabrikant
 - 3.2 Leverancier
 - 3.3 Distributeur
 - 3.4 Onderaannemer
- 4 Organisatie
 - 4.1 Vertegenwoordiger van het management
 - 4.2 Verificatie, bronnen en personeel
 - 4.3 Management beoordeling
- 5 Kwaliteitssysteem
- 6 Beoordeling van de opdracht
- 7 Beheersing van de documenten
- 8 Inkoop
 - 8.1 Beoordeling van onderaannemers
 - 8.2 Inkoopspecificaties
- 9 Identificatie en naspeurbaarheid gedurende de productie en aflevering
- 10 Productfaciliteiten
- 11 Procesbeheersing
- 12 Inspectie en beproeving
 - 12.1 Inspectie-, meet- en beproevingsapparatuur
 - 12.2 Ontwerpcontrole
 - 12.3 Ontvangstcontrole
 - 12.4 Eindinspectie en vrijgave
- 13 Berichten van afwijking
- 14 Corrigerende maatregel
- 15 Overslag, verpakking en opslag
 - 15.1 Overslag
 - 15.2 Verpakking
 - 15.3 Opslag
- 16 Kwaliteitsdocumenten

Een producent moet aan deze eisen voldoen. Daarnaast gelden de NEN-EN 13479 (General product standard for filler metals and fluxes for fusion welding of metallic materials) en de EN-NEN 14532 (Standards for test methods and quality requirements of consumables) voor het keuren van het lastoevoegmateriaal (zie figuur 7.1). Voor specifieke

toepassingen (bijv. hoge of lage temperatuurtoepassingen) gelden aanvullende modules. De basisproefstukken bestaan uit stompe lassen en een proefstuk voor een vollas-trekstaaf. Lastoevoegmateriaal dat wordt ingezet voor de CPD (Constructietoepassingen) moeten een CE-markering hebben. Dit geldt niet voor de PED (drukvaten).



figuur 7.1 Samenhang normen toevoegmaterialen

7.2 Overzicht Europese Regelgeving inzake lastoevoegmaterialen

Als het lastoevoegmateriaal is goedgekeurd door de "Notified Body" dan kunnen de gebruikers het lastoevoegmateriaal bestellen conform de nieuwe Europese Regels en deze beschouwen als een bestelspecificatie. In tabel 7.1 wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste normen op het gebied van lastoevoegmaterialen.

7.3 Lasbaarheidseigenschappen

De voorselectie voor lastoevoegmaterialen is meestal gebaseerd op de volgende feiten:

- ▶ komt de lastoevoegmateriaal-classificatie overeen met de betreffende code;
- ▶ is de verwachting dat de vereiste mechanische eigenschappen bereikt zullen worden bij het testen van de WPQR.

Hiermede wordt een groep afgebakend waarbinnen de keuze beperkt is tot bijvoorbeeld CPD goedgekeurde lastoevoegmaterialen met de betreffende classificatie.

De uiteindelijke keuze kan worden gebaseerd op:

- ▶ operationele lasbaarheid;
- ▶ service van de leverancier;
- ▶ prijs.

Deze "operationele lasbaarheid" is gebaseerd op praktische en technische criteria en is, last but not least, mede bepalend voor een verantwoorde beslissing.

7.4 Het inkopen van lastoevoegmateriaal

De werkwijze kan per bedrijf verschillend zijn en is uiteraard afgestemd op de grootte en het productiepakkett van de gebruiker. In het kader van dit onderwerp is als bijlage 7.1 een voorbeeld van een beoordelingschecklist voor het bepalen van de lasseigenschappen toegevoegd.

7.5 Het beheer van het lastoevoegmateriaal in de gebruikersfase

Na aankoop van het lastoevoegmateriaal wordt het materiaal bij ontvangst gekeurd op aantal, afmetingen en beschadiging.

tabel 7.1 Overzicht van de belangrijkste normen op het gebied van lastoevoegmaterialen

Lastoevoegmaterialen	
Onderwerp	Geldige norm
<i>Algemene eisen</i>	NEN-EN 13479
<i>Afmetingen en leveringstoestand</i>	NEN-EN-ISO 544
<i>Beproeving en conformiteitsbepaling</i>	
Basisproeven voor staal en nikkel	NEN-EN 14532-1
Aanvullende proeven voor staal en nikkel	NEN-EN 14532-2
Voor aluminium	NEN-EN 14532-3
<i>Beproevingmethoden</i>	
Proefstaven uit vollasmetaal	NEN-EN 1597-1:1997 (≈ ISO 15792-1:2000)
Vorbereiding proefstuk in 1- en 2-laagtechniek	NEN-EN 1597-2:1997 (≈ ISO 15792-2:2000)
Geschiktheid voor bepaalde lasposities	NEN-EN 1597-3:1997 (≈ ISO 15792-3:2000)
Bepaling waterstofgehalte in ferritisch lasmetaal	NEN-EN-ISO 3690
Bepaling van het elektroderendement	NEN-ISO 2401 (nl)
Aanbrengen lasmetaal voor chemische analyse	NEN-EN-ISO 6847
Bepaling ferriet-getal voor Cr-Ni lasmetaal	NEN-EN-ISO 8249
Bepaling van de weerstand tegen vocht	NEN-ISO 14372
Proefstuk voor classificatie van beklede elektroden voor rvs	NEN-ISO 10446
<i>Kwaliteitseisen voor fabricage, levering en distributie</i>	NEN-EN 12074
<i>Aanbestedingsrichtlijnen</i>	
Lassen onder poeder of gasbescherming	NEN-EN-ISO 14344
<i>Beschermgassen</i>	NEN-EN 439:1994 (nl) (≈ ISO 14175:1997)
<i>Poeders voor onderpoederlassen</i>	NEN-EN 760:1996 (≈ ISO 14174:2004)
<i>Wolfraamelektroden voor booglassen en snijden</i>	NEN-EN-ISO 6848
<i>Staaf voor autogeenlassen van ongelegeerd en kruipvast staal</i>	NEN-EN 12536
<i>Lastoevoegmateriaal voor ongelegeerd en fijnkorrelig staal</i>	
Beklede elektroden handbooglassen	NEN-EN-ISO 2560
Draadelektroden booglassen onder gasbescherming	NEN-EN 440:1995 (nl) (≈ ISO 14341:2002)
Draadelektroden en draad-poedercomb. voor o.p.lassen	NEN-EN 756:2004 (≈ ISO 14171:2002)
Gevulde draadelektroden booglassen	NEN-EN 758
Staaf en draad voor TIG-lassen	NEN-EN 1668:1997 (≈ ISO 636:2004)
<i>Voor staal met hoge sterkte</i>	
Beklede elektroden handbooglassen	NEN-EN 757:1997 (≈ ISO 18275:2005)
Staaf, draad en draadelektroden booglassen	NEN-EN 12534:1999 (≈ ISO 16834:2006)
Gevulde draadelektroden booglassen	NEN-EN 12535:2000 (≈ ISO 18276:2005)
Draadelektroden voor onder poeder lassen	NEN-EN 14295
<i>Voor kruipvast staal</i>	
Beklede elektroden handbooglassen	NEN-EN 1599:1997 (≈ ISO 3580:2004)
Staaf, draad en draadelektroden booglassen	NEN-EN 12070
Gevulde draadelektroden booglassen	NEN-EN 17634
Draadelektroden voor onder poeder lassen	NEN-EN-ISO 24598:2008
<i>Voor corrosievast en hittebestendig staal</i>	
Beklede elektroden handbooglassen	NEN-EN 1600:1997 (≈ ISO 3581:2003)
Staaf, draad en draadelektroden booglassen	NEN-EN 12072:1999 (≈ ISO 14343:2002 + Amd1:2006)
Gevulde draadelektroden booglassen	NEN-EN-ISO 17633
<i>Voor nikkel en nikkellegeringen</i>	
Beklede elektroden handbooglassen	NEN-EN-ISO 14172
Staaf, draad en draadelektroden booglassen	NEN-EN-ISO 18274
<i>Voor aluminium en aluminiumlegeringen</i>	
Draad en draadelektroden booglassen	NEN-EN 18273
<i>Voor koper en koperlegeringen</i>	
Staaf, draad en draadelektroden booglassen	NEN-EN 14640
<i>Voor titanium en titaniumlegeringen</i>	
Staaf, draad en draadelektroden booglassen	NEN-EN-ISO 24034
<i>Voor smeltlassen van gietijzer</i>	NEN-EN-ISO 1071
<i>Voor hard-lassen</i>	NEN-EN 14700

In geval in de inkoopopdracht staat vermeld, dat het gaat om producten met beperkte houdbaarheid, gaat de ontvanger na of de uiterste gebruiksdatum is vermeld op verpakking of bijgevoegd document. Indien dit niet het geval is, voorziet hij het product duidelijk van de afleverdatum. De uiterste uitgiftedatum is vijf maanden na datum ontvangst. Voor lastoevoegmaterialen gelden de tijden aangegeven in het bijgevoegde overzicht in tabel 7.2. Deze tabel is opgesteld volgens de gegevens die de producent heeft aangegeven. Raadpleeg daarom ook altijd de producent voor de juiste opslagcondities.

De magazijnbeheerder slaat het lastoevoegmateriaal op volgens de werkinstructies, bewaakt de voorgeschreven opslagcondities en beheert het lastoevoegmateriaal in het magazijn.

Wat geldt er verder?

Opslag

De lastoevoegmaterialen worden gescheiden per soort en type in het magazijn opgeslagen, maximaal vijf dozen op elkaar. Voor de opslagcondities zie bijgevoegd overzicht.

Bewaarovens

Beklede elektroden uit gesloten blikverpakking en herdroogde elektroden dienen direct te worden uitgegeven voor gebruik of bewaard te worden in de aangewezen bewaarovens. De bewaarovens worden ingesteld op een temperatuur in overeenstemming met de aanbevelingen van de fabrikant.

Droogovens

Lastoevoegmaterialen uit hermetisch gesloten blikverpakkingen of vacuümverpakking behoeven niet opnieuw te worden gedroogd, maar kunnen direct worden verwerkt. Dit geldt alleen indien de verpakking niet beschadigd is. Voor andere verpakkingen, of in geval de verpakking aanbroken of beschadigd is, wordt opnieuw drogen aanbevolen. Daarbij moeten onderstaande richtlijnen worden aangehouden:

► *Beklede elektroden:*

Elektroden uit het pak nemen en in een voorverwarmede oven plaatsen en bij gecontroleerde temperatuur in lagen van circa 3 cm opnieuw drogen volgens de condities in bijgevoegd overzicht. Na opnieuw drogen dienen de elektroden direct in de bewaarovens opgeslagen te worden.

► *Laspoeders:*

Voor het opnieuw drogen dient het laspoeder uit de verpakking te worden gehaald. Het drogen wordt uitgevoerd volgens het bijgevoegde overzicht. Na het opnieuw drogen of na verwerking moet het poeder droog worden bewaard bij een temperatuur zoals aangegeven door de fabrikant.

Op het moment dat het product nog steeds in opslag is en de uiterste gebruiksdatum overschreden is, voorziet de magazijnbeheerder/uitvoerder het product van een afkeurlabel. De lascoördinator beslist wat met het product gebeurt; in principe wordt het vernietigd of omgeruild tegen een bruikbaar product of gebruikt voor niet-keurwerk. Dit wordt zichtbaar op het product aangebracht.

Uitgifte

Goederen en materialen zullen worden verstrekt door de beheerder. De ontvanger keurt de levering op aantal, productconformiteit, zichtbare gebreken, uitgevoerd onderhoud. Lastoevoegmateriaal dat is gedroogd en opgeslagen, zoals hiervoor omschreven, en lastoevoegmateriaal uit gesloten blikverpakking kan als volgt worden uitgegeven:

- de lasser gaat naar het magazijn, pakt de betreffende elektroden volgens de mondelinge instructie (niet-keurwerk) of lasmethodebeschrijving (keurwerk), en legt de hoeveelheid vast in een register;
- de werkplaatschef controleert tijdens de werkzaamheden of de juiste lasmethodebeschrijving gebruikt wordt;
- de lasser dient de basische elektroden in een verwarmde droogkoker te bewaren tussen 75 °C en 125 °C. Dit geldt niet indien er sprake is van vacuümverpakking.

Opmerking: Vacuümverpakte beklede elektroden geven op montages veel minder uitval dan beklede elektroden in karton, enz.

Retourinname lastoevoegmateriaal

Lastoevoegmateriaal dat van de werkvloer of bouwplaats retour wordt gebracht naar het magazijn, wordt als volgt behandeld:

- controle op identificatie;
- controleren op beschadiging;
- elektroden per soort en type separaat in het magazijn opslaan, voornamelijk tegen stof e.d. beschermen.
- poeder in gesloten zakken separaat opslaan in verband met opnieuw drogen als gebruiksdatum is overschreden.

Lastoevoegmateriaal dat niet aan het bovenstaande voldoet, of dat reeds meerdere malen is gedroogd wordt vernietigd in overleg met de lascoördinator.

tabel 7.2 Magazijncondities lastoevoegmaterialen

	magazijncondities lastoevoegmaterialen				
	beklede elektroden	laspoeder	gevulde draad	massieve draad MIG/TIG C-St draad	massieve draad MIG/TIG RVSt-draad
temperatuur	17-27 °C	17-35 °C	17-35 °C	niet van toepassing	niet van toepassing
relatieve vochtigheid	max. 60%	max. 60%	max. 60%	max. 60%	max. 60%
opslagduur	max. 5 jaar Originele onbeschadigde verpakking	max. 3 jaar Voor uitgifte herdrogen op 350 °C	max. 1 jaar Beschermd tegen verontreiniging in originele verpakking	max. 6 maanden Beschermd tegen verontreiniging	max. 5 jaar Beschermd tegen verontreiniging in originele verpakking

type elektrode	droog- en bewaartemperaturen				
	droogoven			bewaarovens	
	temperatuur (in °C)	duur (in uren)	herhalen (max.)	temperatuur (in °C)	duur (in jaren)
basisch	300	2-3	2x	75-100	1
roestvaststaal	250	2-3	2x	75-100	2
rutiel	n.v.t.		n.v.t.		5

Bijlage 7.1**Formulier ter beoordeling van operationele lasbaarheid**

Draadtype:
 Diameter:
 Gasbescherming:

- | | |
|----------------------------|---|
| 1. Boog | o 1 = rustig
o 2 = onrustig |
| 2. Afsmeltgedrag | |
| a) druppelovergang | o 1 = kortsluit
o 2 = globulaire
o 3 = sproei |
| b) afsmelten | o 1 = regelmatig/rustig
o 2 = onregelmatig/onrustig |
| 3. Spatten | o 1 = geen
o 2 = weinig
o 3 = veel |
| 4. Slakgedrag | o 1 = niet hinderlijk (smeltbad schoon)
o 2 = hinderlijk (bijvoorbeeld te dicht op smeltbad) |
| 5. Slakafdekking | o 1 = compleet
o 2 = niet uniform
o 3 = slak aan zijkanten lasrups |
| 6. Slaklossing | o 1 = zelflossend/goed
o 2 = makkelijk lossend/redelijk
o 3 = slecht lossend/slecht |
| 7. Smeltbadbeheersing | o 1 = goed
o 2 = voldoende
o 3 = slecht |
| 8. Aanvloeien lasmateriaal | o 1 = goed
o 2 = voldoende
o 3 = slecht |
| 9. Lasuiterlijk | doorlassing |
| a) ligging | o 1 = negatief
o 2 = vlak
o 3 = positief |
| b) tekening | o 1 = fijn
o 2 = grof |
| c) randinkarteling | o 1 = geen
o 2 = neiging tot
o 3 = duidelijk |
| 10. Eindoordeel | o slecht
o matig
o voldoende
o goed
o zeer goed |
| 11. Opmerkingen: | |

Hoofdstuk 8

Niet-Destructief Onderzoek

8.1 Doel van het niet-destructief onderzoek (NDO)

NDO speelt een rol bij de kwaliteitscontrole van te lassen en gelaste verbindingen en wel in drie stadia:

- 1) Het onderzoek van laskanten voordat er wordt gelast.
- 2) Bij de lasmethode en lasserskwalificaties wordt NDO gebruikt voor het onderzoek van de proeflassen.
- 3) Tijdens de productie wordt NDO gebruikt ter bewaking van de laskwaliteit.

Behalve dit wordt NDO ook op grote schaal gebruikt bij onderhoudsinspecties: dit valt echter buiten de reikwijdte van deze voorlichtingspublicatie.

8.2 Overzicht van de gangbare methoden

De NDO-methoden, die voor lasonderzoek het meeste gangbaar zijn, kunnen als volgt worden onderverdeeld:

- ▶ visuele inspectie, de methode die wordt gebruikt om gebreken aan het uiterlijk van de las op te sporen;
- ▶ magnetisch en penetrantonderzoek, om oppervlaktegebreken te detecteren, die voor het blote oog niet of minder goed zichtbaar zijn (bijvoorbeeld scheurvorming);

- ▶ radiografie of ultrasoon onderzoek met enkele varianten (bijv. FTR en TOFD) waarbij het volume van de las kan worden onderzocht;
- ▶ lekdichtheidscontrole, ook wel lekdetectie genoemd, waarbij eventuele lekkages of ondichtheden van een insluitsysteem kunnen worden opgespoord.

Een overzicht van deze methoden met voor elk het specifieke toepassingsgebied is opgenomen in tabel 8.1. Hierbij zijn ook bijzonderheden over de vereiste personeelskwalificaties opgenomen (zie ook § 8.6).

Andere NDO-technieken zijn nog: wervelstroom, thermografie of in bijzondere gevallen akoestische emissie. Aangezien deze technieken voor lasonderzoek minder worden toegepast, zullen deze binnen het kader van deze voorlichtingspublicatie niet worden behandeld.

Voor meer informatie wende men zich tot een bedrijf, dat zich met niet-destructief onderzoek bezighoudt.

8.3 Beschrijving van de methoden

8.3.1 Visuele inspectie

Ondanks de beschikbaarheid van NDO-methoden, is het oog een zeer essentieel middel tot lasinspectie. Visueel onderzoek behoort de eerste controle van de las te zijn; als op grond hiervan een las wordt afgekeurd, kunnen verdere kosten voor NDO worden bespaard.

NDO-resultaten dienen altijd in combinatie met die van het visueel onderzoek te worden gezien.

tabel 8.1 Overzicht NDO-technieken en de toepassingsgebieden

methode	principe	te detecteren foutsoort	bijzonderheden	personeelseisen
Visuele inspectie	Optische inspectie van het zichtbare oppervlak onder goede lichtcondities.	Zichtbare afwijkingen in lasvorm, uitlijnigheid, verkleuring, inkarteling.	Kan ook uitgevoerd worden met visuele hulpmiddelen zoals endoscoop, TV.	Training, ervaring en bekendheid met de eisen.
Magnetisch onderzoek	Oppervlakte-defecten veroorzaken verstoringen in een aangebracht magnetisch veld. Deze verstoringen kunnen zichtbaar worden gemaakt door het aanbrengen van magnetische deeltjes (poeder, al of niet zwevend in een vloeistof).	Defecten aan of zeer dicht onder het oppervlak.	Alleen perslucht voor ferromagnetische materialen.	Formele kwalificatie, ervaring en bekendheid met de eisen.
Penetrant onderzoek	Een vloeistof met geringe oppervlakte spanning dringt door capillaire werking in de fout en wordt vervolgens door adsorptie in een ontwikkelaar die op het oppervlak is aangebracht, zichtbaar gemaakt.	Oppervlakte-defecten die aan het oppervlak open zijn.	Geschikt voor niet-poreuze materialen. Hoge eisen worden gesteld aan de reinheid van het oppervlak.	Formele kwalificatie, ervaring en bekendheid met de eisen.
Radiografie	Doordringing van het materiaal door elektromagnetische (ioniserende) straling. Zwartingsverschillen op de onderliggende film geven een beeld van eventuele defecten.	Ingesloten defecten, in het bijzonder die welke zwartingsverschillen op de film veroorzaken; dit stelt eisen aan de richting van de straling bij detectie van vlakke fouten.	Er is een direct document voorhanden voor latere referentie. De film geeft een overzichtelijk beeld van de las. Diepteligging van het defect niet precies meetbaar. Detectie van scheurvorming kan beperkt zijn.	Formele kwalificatie en ervaring. Speciaal aandacht voor training van filmlezers en bekendheid met stralingsveiligheid. Bekendheid met de eisen.
Ultrasoon onderzoek	Reflectie van elastische golven aan grensvlakken; foutlokalisatie door looptijdmeting.	Ingesloten defecten, ook bij grote wanddikten. Bij geëigend ontwerp is volledig volumetrisch onderzoek van de las mogelijk.	Is een vergelijkingsmethode. Daarom is altijd een kalibratie op een referentie reflector nodig. Problemen kunnen ontstaan bij hoge absorptie en grove structuur. Vaak zijn speciale oplossingen mogelijk.	Formele kwalificatie en ervaring. De opleiding bevat relatief veel theorie, vooral goniometrie. Bekendheid met de eisen. Voor RVS-onderzoek speciale training nodig.
Lekdichtheidscontrole	Meting van hoeveelheid doorstromend gas per tijdseenheid, onder invloed van aangelegd drukverschil.	"Lekken" (ondichtheden) in insluitsystemen.	Te bereiken gevoeligheid sterk afhankelijk van gebruikte methode. Methodekeuze baseren op ontwerp-eisen.	Training, ervaring en bekendheid met de eisen.

8.3.2 *Magnetisch onderzoek*

Het magnetisch onderzoek is een methode, waarmee fouten aan of dicht onder het oppervlak kunnen worden aangetoond bij ferromagnetische materialen. Bij deze methode wordt als regel het werkstuk gemagnetiseerd, waardoor magnetische veldlijnen ontstaan. Een scheur of andere discontinuïteit dicht onder of aan het oppervlak verstort het patroon van de magnetische veldlijnen en er ontstaat een zogenaamd "lekveld". Dit lekveld kan zichtbaar gemaakt worden door het aanbrengen van fijn magnetiseerbaar poeder, al dan niet opgelost in een vloeistof, op het oppervlak. Deze deeltjes verzamelen zich dan bij het lekveld, waardoor de plaats en de lengte van het defect zichtbaar worden.

Men maakt gebruik van twee methoden: de droge methode (deeltjes in poedervorm) en de natte methode (deeltjes opgelost in een vloeistof), beide soms omgeven door een fluorescerende laag. Het magnetisch onderzoek is een zeer gevoelig oppervlakte onderzoek en er zijn geen beperkingen aan de vorm en afmetingen van het te onderzoeken object. Belangrijk is echter dat de magnetisatie ongeveer loodrecht op een te vinden defect moet staan.

Samengevat zijn de handelingen:

- a. verwijderen van los liggen vuil, roest en vet;
- b. eventueel aanbrengen van een contrast verf;
- c. het magnetiseren van het object (las);
- d. het aanbrengen van een poeder (nat of droog);
- e. de inspectie van het oppervlak;
- f. eventueel demagnetiseren.

8.3.3 *Penetrantonderzoek*

Deze methode wordt in hoofdzaak gebruikt bij de inspectie van niet-magnetische materialen, bijvoorbeeld lassen in roestvast staal, maar is ook toepasbaar voor andere metalen, keramische materialen en kunststoffen. Een voorwaarde is wel dat de te onderzoeken voorwerpen niet poreus zijn.

Met het penetrantonderzoek kunnen fouten aan het oppervlak en inwendige fouten die in verbinding staan met het oppervlak worden opgespoord, zoals scheuren en porositeit, enz. Bij het penetrantonderzoek wordt een penetrender vloeistof op het werkstuk gebracht, die een fout kan vullen. Na het verwijderen van de overtollige vloeistof wordt met behulp van een zogenaamde ontwikkelaar de fout weer leeggezogen, waardoor op het oppervlak een foutindicatie zichtbaar wordt. Voor het ontwikkelen is ook een bepaalde tijdsduur vereist. Als deze tijd verstreken is kan de eindinspectie plaatsvinden.

De werkt temperatuur bij het penetrantonderzoek ligt tussen de 15 en 50 °C. Voor hogere temperaturen zijn speciale penetranten verkrijgbaar. De gevoeligheid van de diverse penetranten kan men testen aan de hand van speciaal verkrijgbare testplaatjes met bekende fouten.

Het penetrantonderzoek is een eenvoudig onderzoek, wat niet wil zeggen dat een ieder zomaar dit onderzoek op de juiste wijze kan uitvoeren. Hiervoor is wel kennis en ervaring nodig, met name voor wat betreft het interpreteren van de gevonden aantekeningen.

8.3.4 *Radiografisch onderzoek*

Het principe van radiografisch onderzoek berust op het feit dat röntgen- of gammastralen door een object (las) kunnen dringen en een stralingsbeeld vormen op een film die aan de andere zijde van het object is aangebracht. Het principe is vergelijkbaar met dat van een röntgenfoto van het menselijk lichaam.

Als röntgen- of gammastraling door een object gaan wordt een gedeelte van deze straling geabsorbeerd. De mate van absorptie hangt af van de dichtheid van het materiaal. Ter plaatse van een defect is de dichtheid minder en zal er dus meer straling worden doorgelaten. Hiervan wordt gebruik gemaakt om een röntgenfilm te belichten. Daar waar veel straling wordt doorgelaten wordt de film dus meer belicht

en zal na ontwikkelen van de film een donkerder beeld ontstaan. Het radiografisch onderzoek is dus bij uitstek geschikt voor het opsporen van volumineuze defecten.

Röntgenstraling wordt opgewekt in een röntgenbuis, waar bij de energie en de intensiteit regelbaar zijn. Röntgenapparatuur werkt op wissel- of gelijkstroom en de straling is uitschakelbaar. De apparatuur bestaat uit een röntgenbuis, kabels en een regelkast en is tot een energie van 300 kV mobiel. Door gewicht en omvang is deze apparatuur niet geschikt voor moeilijk toegankelijke plaatsen. Apparatuur tot 400 kV heeft meestal een stationaire opstelling. Er is apparatuur beschikbaar die aan één zijde of rondom een stralingsbundel uitzendt.

Gammastraling ontstaat bij het verval van radioactieve bronnen (nucliden) en heeft een vaste energie, die afhangt van het materiaal van de bron. De intensiteit wordt bepaald door de activiteit van de bron. De apparatuur bestaat uit een container met bron, transportkabels en transportslang. Gamma-apparatuur is vrij gemakkelijk inzetbaar op moeilijk toegankelijke plaatsen, maar de straling is niet uitschakelbaar. Het is dus duidelijk dat men veel aandacht moet schenken aan de afscherming van de straling, zodra de bron in de transportslang zit.

Voor de dunnere wanddikten heeft röntgenstraling het voordeel van een beter contrast.

De wanddikten die doorstraald kunnen worden zijn 40-50 mm met 300 kV en tot 100 mm met 400 kV apparatuur.

Voordelen van radio-actieve bronnen zijn onder andere groot doordringingsvermogen (iridium tot ± 60 mm en kobalt tot ± 150 mm) en kleine afmetingen en daardoor bij pijplassen ook inwendig aan te brengen. Nadelen zijn onder meer beperkte keuze van energie en in het algemeen een slechter contrast bij dunne materialen.

Voor het doorstralen van grotere dikten is nog andere apparatuur beschikbaar, waaronder de lineaire versneller.

Met radiografisch onderzoek zijn volumineuze discontinuïteiten, zoals gas- en slakinsluitingen goed detecteerbaar. Detectie van vlakke fouten, zoals bindingsfouten en scheuren is vaak moeilijker. Voor het detecteren hiervan is ultrasound onderzoek in het algemeen beter geschikt.

Nadelen van het radiografisch onderzoek zijn onder andere de omvang van de apparatuur, het feit dat het object aan twee kanten bereikbaar moet zijn in verband met het aanbrengen van de film en het stralingsgevaar.

Voor de kwaliteit van radiografische opnamen zijn minimum eisen vastgelegd in codes en specificaties.

De kwaliteit wordt bepaald door onder andere de scherpte, het contrast en de zwarting; deze factoren hangen op hun beurt sterk af van de gebruikte opnametechniek.

Om een indruk te verkrijgen van de beeldkwaliteit worden altijd zogenaamde beeldkwaliteitsindicatoren mee gefotografeerd.

8.3.5 *Ultrasoon onderzoek*

Het ultrasoon onderzoek van materialen en lassen berust op het verschijnsel, dat een homogeen materiaal een goede geluidsgeleider is, waarin het geluid zich rechtlijnig voortplant, terwijl in een niet homogeen materiaal deze voortplanting door reflectie op de grenzen van de defecten wordt verstoord of door het defect geheel of gedeeltelijk wordt teruggekaatst.

In het ultrasoon gebied boven 50 kHz kunnen goed bruikbare smalle geluidsbundels worden opgewekt, die loodrecht of onder een bepaalde hoek het materiaal kunnen worden ingezonden. Naarmate de frequentie van het geluid toeneemt krijgt men een meer gerichte bundel. Met deze geluidsbundels kunnen defecten in het materiaal (las) tot op grote afstand van het oppervlak worden opgespoord. De methode die het meest bij lasonderzoek wordt toegepast is de zogenaamde impuls-echo methode.

In tegenstelling tot het radiografisch onderzoek, waarbij twee handelingen zijn te onderscheiden, namelijk het maken van de röntgenopnamen en het interpreteren ervan, is het ultrasoon onderzoek een methode, waarbij van moment tot moment de indicaties die zichtbaar worden op het schermbeeld moeten worden geïnterpreteerd om een juiste uitspraak te doen over de homogeniteit (kwaliteit) van de las. De onderzoeker moet daarom niet alleen de apparatuur weten te bedienen en in te stellen, maar ook op de juiste wijze de gegevens weten te beoordelen.

Met deze werkwijze kunnen gegevens verkregen worden over de plaats van het defect en in beperkte mate over de aard en de grootte van het defect.

Ultrasoon onderzoek is een vergelijkende methode. Dit houdt in dat altijd moet worden uitgegaan van bekende reflectoren, aangebracht in een zogenaamde referentieblok; deze reflectoren worden dan als gevoeligheidsreferentie gebruikt.

Met behulp van ultrasoon onderzoek zijn lasfouten als slakinsluitels, porositeit, bindingsfouten, onvoldoende doorlassingen en scheuren aan te tonen. De meeste koolstofstaalsoorten zijn met de normaal gangbare methoden, zoals boven beschreven, goed te onderzoeken. Afhankelijk van de geometrie, type lasverbinding en bereikbaarheid van de constructie, zijn er nauwelijks beperkingen.

Bijzondere materialen, zoals corrosievast staal (austeniet, duplex) en non-ferrometalen vereisen vaak een speciale aandacht in verband met de grove en/of anisotrope structuur.

Ultrasoon onderzoek heeft het voordeel dat het goed te mechaniseren is. Dit heeft niet alleen als voordeel dat er een document ontstaat dat achteraf nog interpreteerbaar is, maar ook leidt gemechaniseerd onderzoek tot een hogere betrouwbaarheid en is in sommige gevallen, in verband met de interpreteerbaarheid, zelfs noodzakelijk (onderzoek aan bijvoorbeeld lassen in dikwandig corrosievast staal).

Voordelen van ultrasoon ten opzichte van radiografisch onderzoek zijn:

- geen straling;
- ook op moeilijk bereikbare plaatsen uit te voeren;
- snel resultaat;
- zeer goed te mechaniseren.

Nadelen:

- bij handonderzoek: de invloed van de onderzoeker;
- bij handonderzoek: alleen bevindingen op een onderzoeksrapport.

Het moet duidelijk zijn dat het ultrasoon onderzoek geen vervanger is van het radiografisch onderzoek. Voor een goed lasonderzoek zouden beide onderzoeken toegepast moeten worden, omdat de detectiekans voor bepaalde defecten bij het ene onderzoek groter is dan bij het andere onderzoek.

8.3.5.1 *Foutgroottebepaling met de fout-tip-reflectietechniek (FTR-techniek)*

Zoals eerder gesteld, wordt er bij ultrasoon onderzoek traditioneel gebruik gemaakt van het verschijnsel "reflectie" (= terugkaatsing). Een taster wordt op het toegankelijke oppervlak geplaatst en zendt gepulste ultrasone golven het materiaal in. Waar zich in een werkstuk randen, wanden en onderbrekingen door defecten bevinden, kaatsen de ultrasone golven terug. Het is dan van belang de terugkaatsende golven weer op de juiste plek van aankomst op te vangen. Veelal wordt de inzendhoek van een taster zó gekozen, dat de ingezonden golven precies weer terugkomen op de plek waar de taster zich bevindt (de biljartbal komt weer bij de keu uit!). In sommige situaties is dat niet mogelijk, omdat bijvoorbeeld het gezochte defect een hoek maakt met het oppervlak, die dat onmogelijk maakt of dat er zich obstakels bevinden op het met de taster te scannen oppervlak. Dan kan er van twee tasters worden gebruik gemaakt, een zender en een ontvanger.

Vervolgens zijn er diverse methoden om de gevonden

reflectoren in beeld te brengen in samenhang met de bewegingen van de taster(s). De A-, B-, C- en D-scan zijn de bekendste. De P-scan is een gemechaniseerde methode, waarbij met name bij lasonderzoek wel gebruik wordt gemaakt: in één beeld wordt zowel het bovenaanzicht van de las (vergelijk hier de röntgenfoto mee!) als het dwarsaanzicht getoond, waarbij gevonden reflectoren tijdens de voortbeweging van de taster(s) langs die las in beeld worden gebracht. Op die manier is snelle en betrouwbare interpretatie door de operators mogelijk.

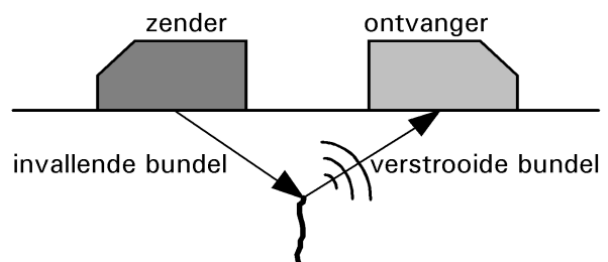
Deze methode wordt de ultrasone reflectie-techniek genoemd, meestal met Puls-echo (PE) techniek aangeduid.

De FTR-techniek is in principe alleen geschikt om de fouthoogte te bepalen van min of meer vlakke fouten.

8.3.5.2 *Foutgroottebepaling met de time of flight diffractionstechniek (TOFD-techniek)*

Bij de TOFD-techniek wordt gebruik gemaakt van een gescheiden zender, die een invallende geluidsbundel uitzendt en een gescheiden ontvanger om de verstoorde golven te detecteren.

Het meetprincipe (zie figuur 8.2) berust, net als bij de FTR-techniek op het verschijnsel diffractie (verstrooiing van het geluid in alle richtingen) als een ultrasone golf de begrenzing van een fout (foutright) treft.



figuur 8.2 Principe TOFD-techniek

Deze foutright-signalen zijn veel zwakker dan reflectie-signalen. Met een zend- en ontvangtaster ter weerszijden van het te inspecteren gebied zijn deze toch nog goed te onderscheiden. Het grote voordeel is, dat die TOFD signalen fouthoogte-informatie bevatten, d.w.z. niet alleen dat er een defect aanwezig is, maar ook op welke diepte de onderkant en de bovenkant ervan zich bevinden.

De afbeeldingswijze van TOFD beelden is bijna altijd in B-scan of D-scan formaat. In praktische situaties blijkt het soms gunstig om de voordelen van beide technieken, PE en TOFD, te combineren.

8.3.6 *Lekdichtheidscontrole*

Lekken in constructies kunnen verschillende ongewenste gevolgen hebben zoals:

- ▶ verlies van product (olieleidingen);
- ▶ risico's in verband met bedrijfsveiligheid (explosiegevaar);
- ▶ gevaren voor de gezondheid (schadelijke gassen);
- ▶ storingen in de procesvoering (in de vacuümtechniek).

Het belang van lekdichtheidscontrole wordt daarom vaak onderschat.

In een constructie kunnen twee typen lekken voorkomen:

- ▶ plaatselijk voorkomende kanalen, waardoor de vloeistof of het gas kan stromen;
- ▶ het door de (foutloze) wand heen lekken, via absorptie-, dissociatie- en diffusie-processen van lichte gassen zoals waterstof en helium.

In principe is geen enkel systeem volkomen lekdicht. Vandaar dat in de praktijk, vooral in de vacuümtechniek en bij hoogreactieve stoffen, in specificaties wordt aangegeven hoe groot de maximaal toelaatbare leksnelheid (de massa in kg. die door het lek in één seconde stroomt) mag zijn.

Dit gegeven bepaalt de keuze van een geschikte lekdetectiemethode, alsmede de minimale gevoeligheid waarmee kan worden gewerkt.

De bestaande methoden kunnen globaal worden verdeeld in kwalitatieve methoden, waarmee alleen het door het lek stromende medium wordt aangetoond (vloeistof bijvoorbeeld visueel, gas bijvoorbeeld geur), en in kwantitatieve methoden die de uitstromende hoeveelheden registreren en waarbij men een uitspraak probeert te doen omtrent de grootte van het lek.

Een onderverdeling is nog mogelijk in methoden, die aangeven of het gehele systeem al dan niet lekdicht is (manometer) en in methoden waarmee de plaatsbepaling van een lek mogelijk is.

Lekdetectie maakt gebruik van het feit dat een vloeistof of gas zich door een lek verplaatst in de richting waar de laagste druk heerst. In een aantal situaties geeft de vulling van het te onderzoeken reservoir met een vloeistof (water) reeds het benodigde drukverschil. Een plaatselijke bevochtiging van het buitenoppervlak of de daling van de vloeistofspiegel in het reservoir kan meestal met visuele inspectie worden aangetoond.

Lekdetectie is mogelijk met een groot aantal methoden:

- belvorming, wanneer het reservoir bedekt wordt met een zeepoplossing of geheel wordt ondergedompeld in een vloeistof;
- het aantonen van het geluid of van de trillingen van het uitstromende gas;
- "snuffel"-methoden, waarbij het uitstromende gas wordt opgevangen en geanalyseerd (bijvoorbeeld massaspectrometer, halogeendetectie, infrarood absorptie);
- chemische reacties (rookvorming, verkleuring van oppervlaktelagen).

Bij de keuze van de methode is het belangrijkste criterium de gevoeligheid (de minimaal detecteerbare leksnelheid). In tabel 8.3 is deze grootte voor de belangrijkste methoden vermeld.

De leksnelheid wordt meestal uitgedrukt in $\text{Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, waarbij $1 \text{ mbar}\cdot\text{s}^{-1} = 7,5\cdot 10^2 \text{ lusec} = 10^{-1} \text{ Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ (ijklekken worden vaak voorgeschreven).

tabel 8.3 Overzicht van de minimale detecteerbare leksnelheid bij verschillende methoden

methode	minimaal detecteerbare leksnelheid in $\text{Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$
1 vloeistofvulling *	10^{-2}
niet-fluorescerende en fluorescerende penetrant (laatstgenoemde ook toegevoegd aan water)	10^{-3}
2 detectie van gasbellen bij 10^5 Pa overdruk **	
lucht-water	10^{-3}
lucht-zeepoplossing	10^{-4}
lucht-alcohol	10^{-5}
lucht-ether	10^{-5}
H_2 -ether	10^{-5}
3 chemische reactie NH_3 met indicator	10^{-5} à 10^{-7}
4 freon **, halogeendetectie	10^{-4} à 10^{-7}
5 He of H_2 met piranimeter	10^{-5} à 10^{-7}
6 He met massaspectrometer	10^{-7} à 10^{-14}
7 radioactief isotoop (^{85}Kr) *	10^{-12} à 10^{-14}
8 geluid: in audio- en ultrasoon gebied	10^0 à 10^3
akoestische emissie	10^{-3} à 10^{-2}
9 Infraroodtechnieken: absorptievermogen	voor kleine lekken
thermografie	voor grote lekken

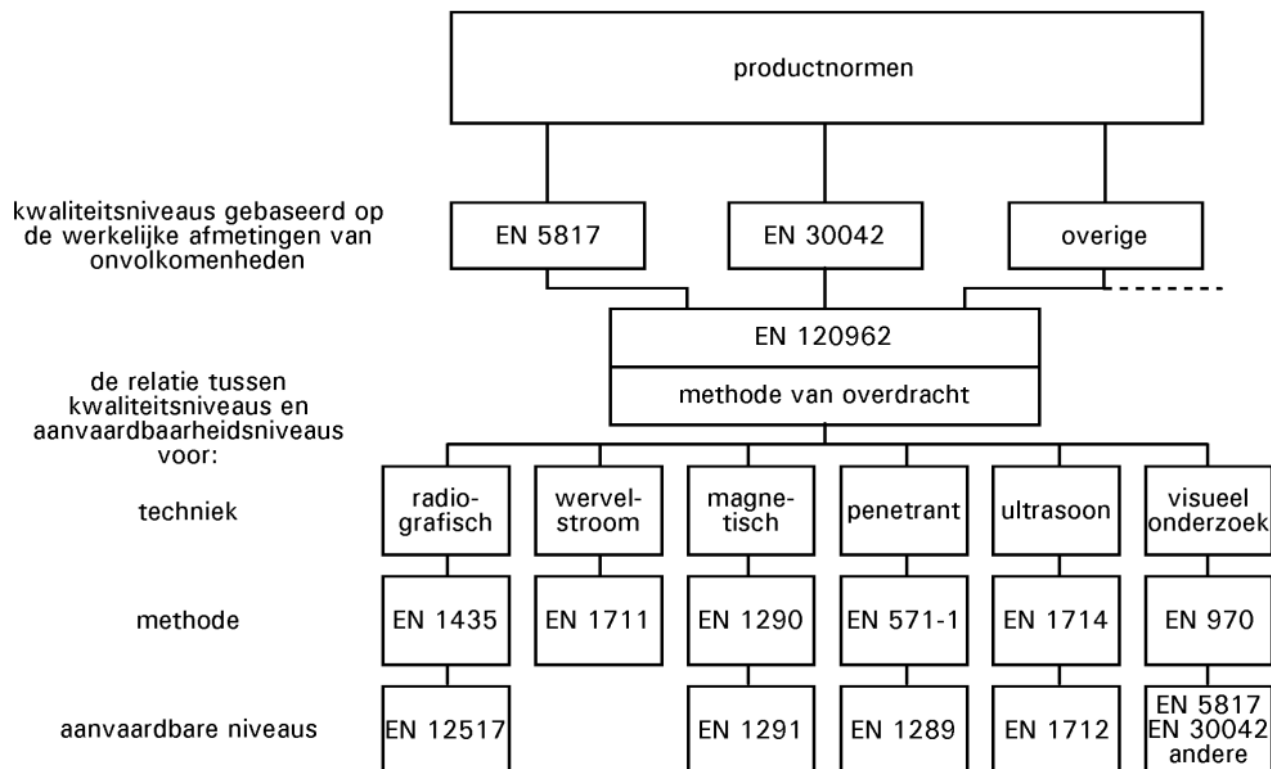
* Milieu onvriendelijk.
** Bij onderdruk zijn veel hogere gevoeligheden haalbaar.

8.4 Codes, specificatie en NDO-procedures

De eisen voor de uitvoering van NDO zijn vastgelegd in codes en normen. Deze worden opgesteld door of namens de diverse nationale overheden, en formuleren regels en eisen ten aanzien van de constructie en kwaliteitsbewaking van installaties.

Voorbeelden zijn: ASME (USA) en de Europese Regelgeving (zie overzicht in figuur 8.4).

Fabrikanten of gebruikers van installaties baseren hun specificaties doorgaans op deze codes en normen, al dan niet aangevuld met hun eigen specifieke eisen.



figuur 8.4 Stroomschema niet-destructief onderzoek normen voor het lassen conform Europese Regelgeving

De uitvoering van het NDO wordt over het algemeen vastgelegd in NDO-procedures. Deze beschrijven in detail de te gebruiken methode, de hulpmiddelen en de verbruiksartikelen.

Ook beschrijft de procedure aan welke eisen het personeel moet voldoen en op welke wijze de resultaten moeten worden geïnterpreteerd.

NDO-procedures worden opgesteld door de level III-onderzoeker (zie § 8.6). Deze dient zich bij de keuze van de methode en uitvoering ervan te overtuigen dat het NDO niet alleen aan de eisen voldoet, maar ook in staat is bij de gegeven lasvorm en beschikbaarheid de te verwachten defecten optimaal op te sporen.

8.5 Acceptatiecriteria

De meeste codes en specificaties formuleren acceptatiecriteria voor lasfouten (zie overzicht figuur 8.4). Deze criteria zijn doorgaans gebaseerd op beproefde eisen voor laskwaliteit, die op hun beurt voortkomen uit ervaring.

Dit in tegenstelling tot de ook wel voorkomende situatie, dat van een bestaande eenmaal gedetecteerde fout (bijvoorbeeld een scheur) die tijdens bedrijf ontstaan is, de grootte met NDO-methoden wordt bewaakt. Deze benadering valt buiten de reikwijdte van deze voorlichtingspublicatie.

De uitkomsten van het NDO worden getoetst aan de geldende acceptatiecriteria, wat inhoudt dat de fout moet worden geïdentificeerd en gekwantificeerd in termen van lengte, hoogte, aard, locatie, enz., afhankelijk van de formulering van de criteria.

Vervolgens volgt dan een uitspraak over het al of niet acceptabel zijn van de las in rapportvorm met A(ceptabel) of N(iet) A(ceptabel).

De geldende acceptatiecriteria behoren onderdeel te zijn van de NDO-procedures. Als de eisen ten aanzien van acceptatie niet vastliggen, moet voorafgaand aan het onderzoek overleg plaatsvinden over de te hanteren criteria.

8.6 Certificatie van NDO-personeel

Voor het aantonen van de kennis en vaardigheid van de onderzoekers zijn of worden nationale kwalificatie-, respectievelijk certificatiesystemen opgezet. In Nederland is de certificatie ondergebracht in een aparte rechtspersoon, de Stichting voor de certificatie van Keurings- en Inspectiepersoneel en niet-destructief onderzoekers (SKO).

SKO is in 1959 opgericht en ontstaan uit de behoefte van de stichtingen SKK en SKNDO om hun kwalificatie-activiteiten voort te zetten als certificatie-instelling. SKNDO (Stichting Kwalificatie van Niet-Destructief Onderzoekers) kwalificeerde NDO personeel. Het systeem SKNDO wordt evenals het systeem SKK nu beheerd door de stichting SKO.

SKO (dat wil zeggen SKNDO en SKK systeem) certificeert NDO-personeel en inspectiepersoneel door objectieve examens af te nemen, die de kennis en de kunde van de onderzoekers toetsen. Op grond van de examenresultaten en ervaring worden de onderzoekers gecertificeerd. Met een door SKO afgegeven EN 473 certificaat mag de NDO-onderzoeker volgens de Europese onderzoeknormen het Niet-Destructief Onderzoek uitvoeren.

De normen EN 473 en ISO 9712 onderscheiden drie niveaus, die zijn gebaseerd op competentie van de onderzoeker, de industriële sector waarin NDO wordt toegepast en de methode van onderzoek, te weten niveau 1 voor inspectie van eenvoudige aard, niveau 2 voor zelfstandig onderzoek en interpretatie van de resultaten aan de hand van een vastgestelde onderzoeksprocedure en niveau 3 voor supervisie, organisatie, leiding geven en het opstellen van onderzoeksprocedures.

Voor alle drie de niveaus worden eisen gesteld met betrekking tot vooropleiding en ervaring.

Men kan in twee industriële sectoren worden gecertificeerd namelijk "Apparatenbouw en staalbouw" of "Lucht- en ruimtevaart".

De SKNDO kwalificeert in de volgende onderzoeksmethoden:

- U - ultrasoon onderzoek;
- R - radiografisch onderzoek;
- M - magnetisch onderzoek;
- P - penetrant onderzoek;
- E - wervelstroom onderzoek;
- F - filmlezen (alleen niveau twee).

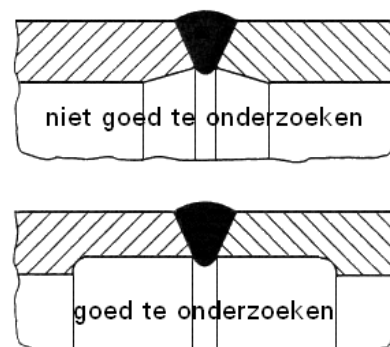
Certificatie is slechts mogelijk indien voldoende ervaring in de betreffende methode kan worden aangetoond en is vijf jaar geldig, waarna de kwalificatie kan worden verlengd indien voldoende praktische ervaring is aangetoond.

Autorisatie, waaronder te verstaan het vaststellen van de vereiste certificatie, de voor het onderzoek benodigde specifieke kennis, alsook de benodigde fysieke vereisten, is volgens sommigen de taak van de werkgever van de onderzoeker. Certificatie is dus persoonsgebonden, terwijl autorisatie gebonden kan zijn aan functie, werkgever of zelfs aan het project waarin wordt gewerkt.

8.7 Een goede lasverbinding moet niet-destructief onderzocht kunnen worden

Niet-destructief onderzoek heeft alleen zin als er interpreteerbare resultaten te verwachten zijn. Deze zijn alleen te verwachten als de lasverbindingen toegankelijk zijn voor onderzoek. Eisen in normen en regels beperken zich meestal tot toleranties op de afmetingen en de spanningstoestand. Over de invloed van het construeren op de mogelijkheden voor niet-destructief onderzoek vindt men hooguit in algemene termen gestelde aanbevelingen zoals "de verbindingen moeten onderzocht kunnen worden". Over de mogelijkheden van niet-destructief onderzoek worden geen uitspraken gedaan.

In de praktijk betekent dit meestal dat de wijze waarop het onderzoek wordt uitgevoerd aan de onderzoeker wordt overgelaten. Deze werkwijze is sterk af te keuren en heeft vooral het ultrasoon onderzoek veelvuldig in diskrediet gebracht. Het is noodzakelijk om reeds in het beginstadium rekening te houden met het na de fabricage vereiste niet-destructieve onderzoek en de lasverbindingen zodanig vorm te geven dat reeds met een geringe verhoging van de fabricagekosten de mogelijkheden voor onderzoek sterk kunnen worden verbeterd, hetgeen de resultaten en de kosten van dit onderzoek ten goede komt. Een eenvoudig voorbeeld hiervan is geschetst in figuur 10.5. De aanpassing van de binnendiameter wordt door draaien aangeschuid. De mogelijkheden voor radiografisch en ultrasoon onderzoek worden op deze wijze aanzienlijk ruimer.



figuur 8.5 Voorbeeld van de invloed van de voorbereiding op de mogelijkheden om een rondnaad in een pijp te onderzoeken. De uitvoering volgens de tweede schets in de figuur kent de beperkingen niet en is derhalve te prefereren

8.8 *Slotopmerking*

Een doeltreffend onderzoek is dus afhankelijk van een goede onderzoek-procedure, goede onderzoek-apparatuur en voldoende gekwalificeerd onderzoek-personeel.

Het zal u duidelijk zijn dat, om een juiste indruk te krijgen van de kwaliteit van een lasverbinding, dit afhankelijk is van vele factoren. Zoals reeds eerder opgemerkt, heeft ieder onderzoek zijn beperkingen met betrekking tot het opsporen van bepaalde defecten.

Men dient zich te realiseren dat een honderd procent uitsluitel wat betreft de kwaliteit van de lasverbinding door alle voorafgenoemde factoren tot de onmogelijkheden behoort, wat voor onderzoekmethode of combinatie daarvan men ook kiest, hoe goed men mensen ook opleidt, hoe goed de onderzoekapparatuur ook is. Door automatisering van de diverse onderzoekmethoden, vooral bij ultrasoon onderzoek, kan men het geheel wel optimaliseren maar honderd procent is het resultaat "voorlopig" nog niet.

Toch is het NDO een geaccepteerd en waardevol middel tot kwaliteitscontrole van laswerk in die zin, dat het een hoeveelheid zekerheid toevoegt aan de wetenschap, dat de las voldoet aan bepaalde kwaliteitseisen.

Voor meer details over het NDO kan de voorlichtingspublicatie VM 118 "Niet-destructief onderzoek" worden geraadpleegd.

Hoofdstuk 9

Lasonvolkomenheden

9.1 Inleiding

Bij het beoordelen van een lasverbinding staat een aantal destructieve en niet-destructieve onderzoeksmethoden ter beschikking van de beoordelaar. De meest zeggende beproeving is het visuele onderzoek. Een betrouwbaar visueel onderzoek, met het blote oog of met de nodige hulpmiddelen als loep en meetgereedschap, vereist echter specifieke kennis, met name van de toegepaste lasprocessen en de hieraan verbonden te stellen eisen aan de lasser, die kwalitatief aanvaardbaar laswerk moet kunnen produceren.

De onvolkomenheden kunnen worden ingedeeld naar:

- ▶ type;
- ▶ plaats;
- ▶ grootte en
- ▶ geometrie.

Met name het vaststellen van het type van de onvolkomenheden en het vaststellen van de oorzaak vereist de nodige ervaring.

Naar type worden de onvolkomenheden in de NEN-EN-ISO 6520-1 als volgt onderverdeeld:

- ▶ groep 1: scheuren;
- ▶ groep 2: holten;
- ▶ groep 3: vaste insluitsels;
- ▶ groep 4: bindingsfout en onvoldoende doorlassing;
- ▶ groep 5: geometrische afwijkingen;
- ▶ groep 6: overige onvolkomenheden.

In deze norm worden ook de onvolkomenheden die in lassen kunnen voorkomen omschreven.

De norm NEN-EN-ISO 5817 wordt daarentegen toegepast voor het vaststellen van de kwaliteitsniveaus van de onvolkomenheden. Voor de betreffende kwaliteitsniveaus zijn daarin tevens de acceptatiecriteria of grenswaarden vastgelegd. Voor het beoordelen van de onvolkomenheden hanteert deze norm de groepsindeling volgens tabel 9.1.

tabel 9.1 Groepsindeling onvolkomenheden

groep	omschrijving	aantal beoordelingscriteria of -punten
1	uiterlijke onvolkomenheden	23
2	onvolkomenheden (binnen) in de las	13
3	geometrische afwijkingen van de las	3
4	samengestelde onvolkomenheden	2

Bij de beoordelingscriteria in de norm NEN-EN-ISO 5817 worden eveneens de nummers aangegeven van de lasonvolkomenheden zoals die vermeld zijn in de ISO 6520; deze lopen deels dwars door boven vermelde groepsindeling heen. Van de in de NEN-EN-ISO 5817 aangeduide onvolkomenheden zijn de grenswaarden vermeld die onderverdeeld zijn in drie kwaliteitsniveaus.

Niveau D staat voor matig, C voor gemiddeld en B voor streng.

Bij het beoordelen volgens de NEN-EN 287-1 wordt niveau B (streng) toegepast, behalve voor de volgende typen onvolkomenheden, waarvoor niveau C acceptabel is:

- ▶ bovenmatige lasdikte;
- ▶ bovenmatige convexiteit;
- ▶ bovenmatige keelhoogte;
- ▶ te zware doorlassing.

De beproevingsmethoden, die van toepassing en/of verplicht kunnen zijn bij het beoordelen van de laskwaliteit worden aangeduid met de volgende afkortingen:

VT visuele beoordeling (Visual Testing)
RT radiografie (Radiographic Testing)

BT buigproef (Bend Testing)
FT breekproef (Fracture Testing)
MA macro (Macro)
PT penetrant onderzoek (Penetrant Testing)
MT magnetisch onderzoek (Magnetic Particle Testing)
UT ultrasoon onderzoek (Ultrasonic Testing)

9.2 Voorbeelden van voorkomende onvolkomenheden

Het ontstaan van onvolkomenheden in een gelaste verbinding kunnen divers van aard zijn. Om goed te kunnen beoordelen, is het nodig te weten waardoor de onvolkomenheden kunnen ontstaan en te weten met welke beproevingsmethode de onvolkomenheden het beste kunnen worden gedetecteerd.

9.2.1 Groep 1: Scheuren (100-serie)

Scheurvorming is de meest gevreesde onvolkomenheid in een lasverbinding. Het is een gecompliceerd fenomeen, omdat het in veel vormen en op verschillende plaatsen in en bij een las kan optreden.

In de volgende zones kunnen scheuren optreden:

- ▶ in de las;
- ▶ juist naast de las (bij de smeltlijn);
- ▶ in de warmte-beïnvloede zone;
- ▶ in het werkstukmateriaal.

Detectiemethoden: VT, BT, FT, MT, PT, RT, MA.

9.2.2 Groep 2: Holten (200-serie)

Porositeit en gasporiën, gasnesten

De oplosbaarheid van gassen in het gesmolten lasmetaal is vele malen groter dan in het vaste metaal. Als de bescherming van de overgaande druppels en het smeltbad onvoldoende is, kunnen stikstof en zuurstof uit de atmosfeer in het smeltbad worden opgenomen. Dit geldt eveneens voor de opname van waterstof dat ook afkomstig kan zijn van vochtig toevoegmateriaal en zelfs uit een vochtige atmosfeer. De in het smeltbad opgenomen gassen moeten uit het smeltbad kunnen ontwijken. Een snelstollend smeltbad (lage stroom/warmte-inbreng) zal dit tegengaan. Ook verontreinigingen kunnen porositeit veroorzaken. Ze bevatten bijvoorbeeld zwavel, dat wordt geoxideerd tot SO₂ dat als gas in het smeltbad wordt opgenomen.

Porositeit kan ook een gevolg zijn van proces-eigen lasparameters!

Detectiemethoden: (VT), FT, RT, MA.

9.2.3 Groep 3: Vaste insluitsels (300-serie)

Bij de vaste insluitsels wordt onderscheid gemaakt in:

▶ Slakinsluitsels

Slakinsluitingen en slakkenbanen kunnen optreden bij de lasprocessen 111 (booglassen met beklede elektroden), en 114 en 136 (gevulde draad). Bij lasproces 135 (MAG-lassen, massieve draad) ontstaan kleine slakdeeltjes (silicaten), die zeker bij het lassen in meerdere lagen goed verwijderd dienen te worden.

▶ Oxide-insluitsels

Oxide-insluitsels kunnen met name ontstaan bij het gasbooglassen van aluminium, als de reinigende werking van de boog onvoldoende is. Zo ook bij een te lage stroomsterkte. Oxiden kunnen eveneens door verontreinigd of geoxideerd lastoevoegmateriaal in het smeltbad gebracht worden. Zoals bijvoorbeeld bij het MAG-lassen door het niet afknippen van de geoxideerde punt van de lasdraad of bij het TIG- (huidvet) en autogeen lassen door tijdens het toevoegen het materiaal regelmatig te ver uit de beschermde omgeving van het smeltbad te halen.

▶ Vaste insluitsels

Vaste insluitsels kunnen voorkomen bij het TIG-lassen als zwaarmetaalinsluitel, als een deel van de wolfram-elektrode in het smeltbad terecht komt. Dit gebeurt als de elektrode het smeltbad raakt, of als het toevoegmate-

riaal met de elektrode in aanraking komt. Bij een te hoog belaste elektrode kan eveneens wolfram in het smeltbad komen.

Detectiemethoden: (VT), RT, FT, (MA).

9.2.4 **Groep 4: Bindingsfout en onvolkomen doorlassing (400-serie)**

Bindingsfouten treden vooral op bij onvoldoende vaardigheid bij het gasbooglassen met massieve draadtoevoer (131, 135) als de naadflank of de voorgaande laag onvoldoende wordt omgesmolten.

Bij lasprocessen 311 (autogeen lassen) en 131, 135 (MIG/MAG lassen) kunnen (plaatselijk) bindingsfouten optreden bij het te "koud" lassen of als het naar links lassen (311) wordt toegepast bij te grote materiaaldiktes. De naadflanken worden dan onvoldoende omgesmolten. Bindingsfouten ontstaan dan vooral bij de stop/start- en eindpunt van de las, als ook aan de naadflanken.

Detectiemethoden: (RT), FT, (MA), UT.

Onvolkomen doorlassing

Onvolkomen doorlassing kan een gevolg zijn van onvoldoende vaardigheid bij alle lasprocessen. De lasser heeft veelal te hoge verwachtingen van de inbrandingsdiepte bij de ingestelde stroomsterkte.

Detectiemethoden: VT, FT, RT, BT, (MA).

9.2.5 **Groep 5: Geometrische afwijkingen**

Tot deze groep behoren de onvolkomenheden die te maken hebben met de grootte en de vorm van de las, waarbij tegelijkertijd een verband wordt gelegd met de manier van hun ontstaan. Dit is een vrij grote groep onvolkomenheden:

► **Inkarteling**

Bij een lasverbinding is een vloeiende overgang van het werkstukmateriaal naar de lasrups vereist. Een scherpe overgang kan bij randinkarteling in samenhang met spanningsconcentraties een ideale plaats zijn voor het ontstaan van scheuren en een aanleiding zijn tot breuk.

Scherpe overgangen worden overigens bij meerdere geometrische onvolkomenheden aangetroffen zoals bijv. bij te bol lasoppervlak en uitlijnigheid.

Randinkarteling kan bij alle smeltlassen optreden als gevolg van onvoldoende beheersing van het smeltbad.

Detectiemethoden: VT, RT

► **Overdikte**

Bij een stompe lasverbinding kan ook een te hoge (bolle) lasrups leiden tot spanningsconcentratie en breuk. Een geleidelijke overgang is ook hier vereist en is alleen haalbaar bij voldoende lasvaardigheid en de juiste laslaagopbouw bij het vullen van de lasnaad.

Detectiemethoden: VT, RT.

► **Te bolle hoeklas**

Ook bij een hoeklasverbinding is een vloeiende overgang van het werkstukmateriaal naar de lasrups vereist.

Met betrekking tot oorzaak en gevolg zijn dezelfde criteria van toepassing als bij de stompe lasverbinding

Detectiemethoden: VT, MA.

► **Overmatige a-hoogte**

Deze onvolkomenheid wordt ook wel omschreven als een hoeklas met een keelhoogte groter dan de nominale waarde van de aangegeven a-hoogte.

In de praktijk zal de constatering van een grotere keelhoogte dan de nominale hoogte, geen reden zijn tot afkeur, tenzij de nog toegestane grenswaarde wordt overschreden. Een "te zware" las is in ieder geval inefficiënt en kan in bepaalde gevallen ook constructief ongewenst zijn. De lasser moet in staat zijn om binnen de opgegeven toleranties van de vereiste maatvoering het laswerk uit te voeren.

Detectiemethoden: VT, (MA).

► **Onvoldoende a-hoogte**

Een hoeklas met een keelhoogte kleiner dan de nominale waarde is niet toegestaan en zal aanleiding zijn tot afkeur

omdat de las mogelijk niet voldoet aan de sterkte-eisen. In de praktijk kan een las met een visueel gemeten keelhoogte kleiner dan voorgeschreven nog worden getoleerd indien de werkelijke keelhoogte door een compenserende inbrandingsdiepte (voorbij het hoekpunt) overeenkomt met de nominale waarde.

Detectiemethoden: VT, (MA).

► **Overmatige doorlassing**

Deze afwijking kan het gevolg zijn van een te grote vooropening, een te kleine voortloopsnelheid, een te hoge stroomsterkte of een niet juist gekozen toevoegmateriaal. Een te zware doorlassing is ongunstig vanwege de scherpe overgang van de wortel van de las en het werkstukmateriaal. Bij een leiding wordt de inwendige doorsnede kleiner en de doorstroom belemmerd.

Detectiemethoden: VT, RT, (MA).

► **Plaatselijke overmatige doorlassing**

Plaatselijke uitsteeksels als gevolg van onvoldoende beheersing van het smeltbad bij het maken van de doorlassing betekenen ook scherpe materiaalovergangen en zijn in het algemeen niet toelaatbaar.

Detectiemethoden: VT, (MA).

► **Lijnvormige uitlijnigheid**

Bij het maken van stompe lasverbindingen in plaat, moet er voor worden gezorgd dat de delen in elkaars verlengde binnen de gestelde toleranties goed worden gehecht en afgelast. Uitlijnigheid betekent een ongunstige overbrenging van krachten. Bovendien geeft het problemen bij het maken van de doorlassing en is een scherpe overgang in de verbinding bijna niet te vermijden.

Bij stompe lasverbindingen in pijpen kunnen soortgelijke problemen voorkomen.

Detectiemethoden: VT, (MA), (RT).

► **Uitgezakte las (stompe verbinding)**

Een uitgezakte las kan met name optreden bij het lassen in de positie PC als gevolg van een onjuiste lasbeweging, hetgeen weer toe te schrijven is aan onvoldoende lasvaardigheid.

Detectiemethoden: VT, (MA).

► **Uitgezakte (A-symmetrische) hoeklas**

Indien niet uitdrukkelijk voorgeschreven is een a-symmetrische hoeklas ongewenst en een teken van onvoldoende beheersing van het smeltbad door de lasser.

Opm.: Deze onvolkomenheid kan bij nagenoeg alle lasprocessen voorkomen!

Detectiemethoden: VT, (MA).

► **Holle doorlassing, slinkholte**

Een scherpe overgang aan de tegenzijde (keerzijde) is eveneens een ongewenste afwijking. De slinkholte aan de tegenzijde ontstaat bij het stollen.

Detectiemethoden: VT, RT, (MA).

► **Overbloezing**

Het lasmetaal is plaatselijk niet met het moedermateriaal versmolten en deze overlapping is dus in principe een ingebouwde scheur door de afwezigheid van samensmelting.

Detectiemethoden: VT, (BT), (FT), (MA).

► **Slechte herstart**

Bij het MIG/MAG lassen in het kortsluitbooggebied en bij het booglassen met beklede elektrode treedt deze afwijking het snelst op. Het werkstukmateriaal is dan nog relatief koud. De boog is nog onvoldoende stabiel en de bekledingstoffen kunnen nog onvoldoende werken. Een slechte herstart is herkenbaar aan de geometrie, geen geleidelijke overgang en aan porositeit.

Detectiemethoden: VT, FT, (RT).

9.2.6 **Overige onvolkomenheden**

In deze groep zijn alle onvolkomenheden gerubriceerd die veelal een indirect gevolg zijn van lasactiviteiten zoals bijvoorbeeld slijpen, hechten en dergelijke.

Deze onvolkomenheden zijn ongewenst, omdat ze vaak de kosten verhogen bij het verder afwerken van het gelaste product bijvoorbeeld door schilderen.

De belangrijkste onvolkomenheden die tot deze groep behoren zijn:

- ▶ ontsteekplaatsen buiten de lasnaad;
- ▶ lasspatten;
- ▶ slijpgroeven;
- ▶ vooropening bij hoeklassen.

Ontsteekplaats

Met de ontsteekplaats wordt bedoeld de plaats waar het lasproces veelal naast de lasnaad op het werkstukmateriaal gestart wordt. Het veroorzaakt een beschadiging van het materiaaloppervlak.

Detectiemethoden: VT, (RT).

Lasspatten

Overmatige spatten duiden op een verkeerde instelling van de lasparameters of op vervuiling van basis- of toevoegmateriaal en/of beschermgas. Bij roestvast staal zijn spatten eerder een reden voor afkeur.

Detectiemethode: VT.

Onjuiste vooropening bij hoeklassen

Een dergelijke situatie kan ook ontstaan bij het foutief aanbouwen door verkeerd hechten van het proefstuk of als de hechten loslaten.

Detectiemethode: VT.

Vele onvolkomenheden in één doorsnede

Tot zover zijn de onvolkomenheden afzonderlijk besproken. De praktijk leert dat meerdere lasonvolkomenheden samen in een oppervlak of een materiaaldoorsnede voor kunnen komen.

In dit geval worden voor de beoordeling volgens de EN ISO 5817 de afzonderlijk aangegeven afwijkingen bij elkaar geteld of worden in de norm berekeningsmethoden voorgeschreven om te kunnen vaststellen in hoeverre de combinatie van onvolkomenheden acceptabel, dan wel niet acceptabel is.

In de norm wordt onderscheid gemaakt in een beoordeling over de doorsnede in dwars- en langsrichting.

Hoofdstuk 10

Laswerk visueel beoordelen: NEN-EN-ISO 5817:2004

10.1 Inleiding

Om een praktijkwerkstuk te kunnen "beoordelen" dient de beoordelaar de "kunde van het lassen" te hebben. Hij moet dus praktische ervaring hebben opgedaan in de lasprocessen waarin hij lasserskwalificaties afneemt. Dan kan van hem verwacht worden kennis te hebben van het "hoe-en-waarom" van het ontstaan van lasonvolkomenheden. Alleen dan is hij in staat lasonvolkomenheden op de juiste wijze te interpreteren.

Wanneer is "goed" goed en "fout" fout?

Uit ervaring is gebleken dat goed beoordelen van een praktijkwerkstuk een "vak" apart is. De problemen liggen veelal op het vlak van: de onvolkomenheid(-heden) kunnen waarnemen en op de juiste wijze beoordelen volgens de NEN-EN 287-1 met de grenswaarde(n) omschreven in NEN-EN-ISO 5817.

De lasinstructeur/lasleraar heeft hierin een belangrijke taak tijdens de opleiding van beginnende lassers, bijscholing van meer gevorderde lassers en training van ervaren lassers voorafgaand aan een lasserskwalificatie.

De lasinstructeur/lasleraar dient de leerling niet alleen te onderwijzen in het hoe en waarom van het ontstaan van lasonvolkomenheden maar hem of haar ook te onderwijzen in "wat is acceptabel" en "wat is niet acceptabel" om te voorkomen dat iedereen een eigen interpretatie geeft aan wat hij of zij vindt van (een) "onvolkomenheid(-heden)". Om bovenstaande problemen bij beoordelen van lasonvolkomenheden te voorkomen is dit vastgelegd in verschillende normen zoals: AWS/ASME/EN/API/ISO, enz.

Binnen Europa is door de Europese Commissie voor Normalisatie een richtlijn uitgegeven voor het vaststellen van kwaliteitsniveaus voor onvolkomenheden in lassen.

De kwaliteitsniveaus zijn in tabel 10.1 weergegeven:

tabel 10.1 Kwaliteitsniveaus in NEN-EN-ISO 5817

aanduiding niveau	kwaliteitsniveau
D	matig
C	gemiddeld
B	streng

Voor het beoordelen van de lasvaardigheid volgens NEN-EN 287-1 wordt niveau B van de NEN-EN-ISO 5817 gehanteerd, met uitzondering van de volgende typen onvolkomenheden, waarvoor niveau C geldt:

- ▶ bovenmatige lasdikte;
- ▶ bovenmatige convexiteit;
- ▶ bovenmatige keelhoogte;
- ▶ te zware doorlassing.

10.2 Acceptatiecriteria voor de las

Aan de hand van de gestelde grenswaarde wordt van elk item uitleg gegeven over benamingen, begrippen, groot-heden, enz.

Vooraf zij opgemerkt dat de beoordelaar uitsluitend het oordeel velt n.a.v. visueel onderzoek en metingen voorafgaand aan verder NDO en DO dat meestal elders plaats vindt en beoordeeld wordt.

De onvolkomenheden die worden behandeld zijn gekenmerkt met volgnummer en aanduiding.

Alvorens de grenswaarde van een onvolkomen doorlassing in de grondlaag (zie ook figuur 10.1) te bespreken, volgt eerst een overzicht van symbolen en de van toepassing zijnde termen en definities zoals omschreven in NEN-EN-ISO 5817 punt 4: Symbolen (zie ook ISO 2553).

De volgende symbolen worden daar gebruikt:

- a nominale keelhoogte van de hoeklas: de hoogte van de grootste gelijkbenige driehoek, die in de lasdoorsnede kan worden aangegeven;
- b breedte van de las(over)dikte;
- d middellijn van de porie;
- h afmetingen (hoogte of breedte) van de onvolkomenheid;
- l lengte van een lasonvolkomenheid in de langsrichting van de las;
- lp lengte van het geprojecteerde- of breukoppervlak;
- s nominale dikte van de stompe las of, in het geval van gedeeltelijke inbranding, de voorgeschreven inbrandingsdiepte (zie ook ISO 2553);
- t wanddikte of plaatdikte (nominale afmeting);
- Wp breedte van de las of breedte of hoogte van het breukvlak;
- z beenlengte van de hoeklassen (bij een gelijkbenige driehoek is z gelijk aan $a\sqrt{2}$);
- α onder een scherpe hoek aangevloeide las;
- β hoekverdraaiing.

Voor het beoordelen in overeenstemming met de NEN-EN-ISO 5817 zijn de volgende termen en definities van toepassing:

- ▶ **Grenswaarde of kwaliteitsniveau:**
Beschrijving van de grenswaarde van de kwaliteit van een las op basis van type en grootte van de gerubriceerde onvolkomenheden.
- ▶ **Korte onvolkomenheden:**
Eén of meer onvolkomenheden met een totale lengte van maximaal 25 mm, betrokken op elke willekeurige 100 mm lengte van de las, of maximaal 25% van de laslengte bij een las korter dan 100 mm.
- ▶ **Systematische onvolkomenheden:**
Onvolkomenheden die over de totale lengte van de las op regelmatige afstand in de lasproef voorkomen.
- ▶ **Geprojecteerd gebied:**
Het oppervlak van of doorsnede in de las waarin de onvolkomenheden geprojecteerd worden om te kunnen beoordelen (lengte x breedte).
- ▶ **Breukoppervlak:**
Het oppervlak dat na breuk ontstaat en als zodanig moet worden beoordeeld.

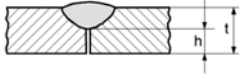
10.3 Voorbeeld

De NEN-EN-ISO 5817 is opgezet voor wanddikten $>0,5$ mm tot en met 3 mm en >3 mm.

Zoals in hoofdstuk 9 is weergegeven, is er sprake van 41 soorten onvolkomenheden. Per volgnummer is het mogelijk om specifieke eisen vast te leggen.

Zoals eerder vermeld nemen we het voorbeeld in tabel 10.2, een éénzijdige doorlassing in de grondlaag. Hier wordt bedoeld onvoldoende "inbrandingsdiepte", "binding" of "samen-smelting" in de grondlaag.

tabel 10.2 Grenswaarden voor onvolkomenheden

nr.	ISO 6520-1 referentie	onvolkomenheid aanduiding	opmerkingen	t in mm	grenswaarden voor onvolkomenheden voor kwaliteitsniveaus		
					D	C	B
1.6	4021	onvolkomen doorlassing in de grondlaag	alleen voor stompe lassen aan één zijde 	≥ 0,5	korte onvolkomenheden: $h \leq 0,2 t$, maar max 2 mm	niet toegelaten	niet toegelaten

Veelal blijft bij een "scherpe V-naad" (3 in figuur 10.1) een kleine spleet tussen de te verbinden delen ter plaatse van de doorlassing. Deze kan dan visueel moeilijk worden waargenomen. De onvolkomenheid kan een beoordeling krijgen van "onvoldoende doorlassing" of "bindingsfout". Veelal is dit alleen vast te stellen bij breekproeven of macro-onderzoek van dwarsdoorsneden van de las. Ook hier is de nominale "inbranding" de gewenste (op tekening aangegeven) inbranding. De werkelijke inbranding is zoals die bij het lassen werkelijk is geworden.

In de praktijk is een las "goed" of "fout". Ontstaat er verschil van mening tussen de inspecterende en de uitvoerende partij, dan wordt de norm erbij gehaald. In dit geval is dat de EN 970.

Tot nu toe is er namelijk alleen gesproken over het beoordelen van laswerk "sec". De NEN-EN 970 (Niet-destructief onderzoek van gesmeltlaste verbindingen - Visueel onderzoek) omschrijft de omstandigheden waarbij visueel onderzoek plaats moet vinden en welke apparatuur er gebruikt moet worden. Ook worden eisen gesteld aan degene(n) die visueel onderzoek uitvoeren (bijv. goed gezichtsvermogen en ieder jaar controle hierop).

Het visuele onderzoek beperkt zich niet tot de afgewerkte las, maar dient ook plaats te vinden bij de voorbereiding van de lasnaad en tijdens het lassen en bij eventuele reparaties. Bovendien kan de opdrachtgever een verslag eisen van het visuele onderzoek.

Tenslotte is er een informatieve bijlage (is dus niet verplicht) van de norm toegevoegd die aangeeft welke apparatuur kan worden gebruikt.

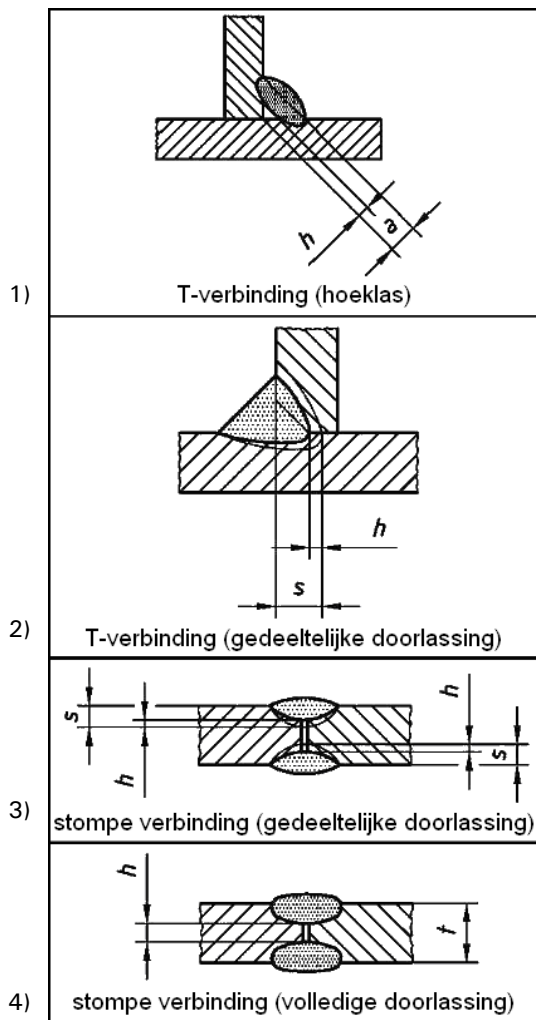
Hieronder volgt een opsomming van voorbeelden van onderzoeksapparatuur.

- liniaal of meetlint met een schaalverdeling van 1 mm of nauwkeuriger;
- schuifmaat volgens ISO 3559;
- voelmaat met een voldoende aantal voelers om afmetingen tussen 0,1 mm en 3 mm in stappen van ten hoogste 0,1 mm;
- straalmeter;
- vergroetglas met een vergroting van 2 tot 5 maal; bij voorkeur heeft het glas een schaalverdeling, zie ISO 3058.

De volgende apparatuur kan ook noodzakelijk zijn:

- profiel-meetinstrument met een draadmiddellijn kleiner dan of gelijk aan 1 mm, waarbij elk draadeinde is afgerond;
- materiaal voor een afdruk van de lasnaad, bijvoorbeeld koudhardend kunststof of klei;
- voor visueel onderzoek van lassen met een beperkte toegankelijkheid kunnen spiegels, endoscopen, boroscopen, glasvezeloptiek of TV-camera's worden gebruikt;
- elk ander meetinstrument, overeengekomen tussen de contracterende partijen, bijvoorbeeld specifiek ontworpen lasnaadkalibers, hoogte/dieptemeters, linialen of gradenbogen.

Verder geeft de norm aan wat de meetgebieden zijn en de afleesnauwkeurigheid.



figuur 10.1 Onvoldoende doorlassing bij een stompe naad

Voor de kwaliteitsniveaus B en C is deze onvoldoende doorlassing niet aanvaardbaar.

Mocht er op een productietekening in dit lasdetail vermeld worden dat een korte onvolkomenheid is toegestaan, dan blijkt in de praktijk moeilijk aan te tonen dat de onvolkomenheid maar bijv. 12 mm is bij een plaatdikte van 6 mm, dus vermijdt dit soort details. Voor de 41 soorten onvolkomenheden en de omschrijving van wat toelaatbaar is dient de NEN-EN 5817 te worden geraadpleegd.

Hoofdstuk 11

Veiligheid en Milieu

11.1 Veiligheid

Ofschoon de laskwaliteit niet alleen door de lasser wordt bepaald, is hij toch een zeer belangrijke medewerker in het fabricageproces.

Immers hij moet met zijn vakmanschap de lasverbinding realiseren volgens opdracht (lasmethodebeschrijving). Tijdens laswerkzaamheden wordt hij blootgesteld aan factoren die gevaren met zich mee kunnen brengen, alsook risico's voor de gezondheid kunnen inhouden. Daarbij moet worden gedacht aan inademing van lasrook, blootstelling aan straling, warmtestraling, mogelijke stroomdoorgang, een hoog geluidsniveau en verbranding door spatten.

De belangrijkste gevaren waar de lasser en zijn omgeving aan kunnen worden blootgesteld zijn:

1. lasrook;
2. straling van de boog;
3. stroomdoorgang;
4. blootstelling aan geluid;
5. brand- en explosiegevaar;
6. inspannende werkhouding;
7. klimaat;
8. ioniserende straling.

Ad 1. Lasrook

Lasrook bestaat uit gassen, dampen en stof die bij het lassen vrijkomen. Het stof maakt de lasrook zichtbaar, is zeer fijn en daardoor gemakkelijk longtoegankelijk. Lasrook kan giftige bestanddelen bevatten, waardoor het bij inademing (blijvende) schade kan toebrengen aan de gezondheid.

De lasser mag gedurende een achturige werkdag aan een maximale hoeveelheid lasrook worden blootgesteld, de Maximaal Aanvaarde Concentratie ofwel MAC-waarde genoemd.

De definitie van de MAC-waarde is "die concentratie waaraan men mag worden blootgesteld gedurende een bepaalde tijd, zonder dat dit leidt tot schade aan de gezondheid op korte dan wel lange termijn, zowel voor de persoon zelf, alsook zijn nageslacht".

Per 1 januari 2003 geldt een MAC-waarde voor lasrook van ongelegeerd staal van 3,5 mg per m³ lucht. Voor gelegeerde materialen geldt de MAC-waarde voor de gevaarlijkste stof die in de lasrook aanwezig is.

Om het verschil tussen concentratie en MAC-waarde duidelijk te maken het volgende voorbeeld:

Stel:

- ▶ Een lasser last in een garage met een inhoud van 100 m³ met een elektrode die 36 gram lasrook per uur oplevert.
- ▶ De opsmeltijd van de elektrode is 60 seconden.
- ▶ De ontwikkelde lasrook verspreidt zich zeer snel over de inhoud van de gehele garage.

Per uur wordt 36 gram (= 36.000 mg) lasrook ontwikkeld ofwel per minuut 36.000:60 = 600 mg lasrook. Deze rook verdeelt zich gelijkmatig over de garage, zodat de concentratie na één minuut 600:100 = 6 mg lasrook per m³ is. Als MAC-waarde geldt 3,5 mg lasrook, dus binnen één minuut wordt de MAC-waarde die geldt voor een achturige werkdag overschreden.

Conclusie: met het verlossen van slechts één elektrode kan uw gezondheid schade oplopen.

Inademing van lasrook moet dus worden voorkomen. De meest effectieve methode hiertoe is toepassing van zogenaamde bronafzuiging. Hierbij wordt de lasrook vlak bij de boog (daar waar het ontstaat) afgezogen en naar buiten afgevoerd. Echter, in de hobbysfeer wordt bronafzuiging nauwelijks toegepast. Vandaar dat het buiten de lasrookpluim houden van het hoofd (zie figuur 11.1), in combinatie met ventilatie de beste oplossing is. Maak

daarbij gebruik van de natuurlijke ventilatie door u parallel aan de luchtstroom op te stellen, opdat de lasrook voor u langs wordt afgevoerd. Daarnaast is het dragen van een zogenaamd 'snuitje' (zie figuur 11.2) dat het stof filtert, aan te bevelen. Dit is een redelijk beschermingsmiddel, dat nauwelijks geld kost. Bedenk echter wel dat gassen zich niet laten filteren!

Voor meer informatie over lasrook, zie de site www.lasrook-online.nl, waarvan onder meer de brochure "Lasrook, hou 't buiten je lijf" kan worden gedownload.



figuur 11.1 Hou het hoofd buiten de lasrookpluim



figuur 11.2 Stoffilter door middel van een "snuitje"

Ad 2. Blootstelling aan straling

De lasboog zendt verschillende soorten straling uit: zichtbare en niet zichtbare straling.

Zichtbare lichtstraling

De elektrische boog zendt een fel licht uit, dat verblindend werkt op de ogen en waardoor het netvlies van de ogen geïrriteerd en zelfs beschadigd kan raken. Er kunnen overgevoeligheidsreacties optreden, waaruit staar kan ontstaan. De lasser zal zich van nature al willen beschermen met een donker glas met een juiste sterkte. De donkerte ervan is afhankelijk van de gebruikte lasstroomsterkte en wordt aangegeven in een zogenaamd "shadenummer". In figuur 11.3 is de donkerte van de lasglazen in de laskop aangegeven in relatie tot de gebruikte stroomsterkte voor de meest gebruikte las- en snijprocessen.

Niet zichtbare straling

Tot deze groep behoort de ultraviolette straling (UV-straling) die inwerkt op de huid en de ogen. De huid kan, zelfs al na korte tijd, verbrandingsverschijnselen vertonen. De intensiteit van de straling wordt bepaald door de stroomsterkte: hoe hoger de stroomsterkte des te hoger de intensiteit.

lasproces	stroomsterkte (A)																							
	0,5	1	2,5	5	10	15	20	30	40	60	80	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500
Bmbe											9	10		11		12					13		14	
MIG-lassen staal												10		11		12						13		14
MIG-lassen aluminium												10		11		12		13		14		15		
TIG-lassen											9	10	11	12	13	14								
MAG-lassen												10	11	12	13	14	15							
gutsen													10	11	12	13	14	15						
plasma- snijden													11	12	13									
plasma- snijden			5	6	7	8	9	10																

figuur 11.3 Overzicht van de aanbevolen filterwaarden (shadenummers) bij las- en snijprocessen

Blootstelling van de ogen kan al na zeer korte tijd het hoornvlies van de ogen doen ontsteken. Dit verschijnsel staat bekend als "lasogen": pijnlijke en rood ontstoken ogen, gepaard gaande met een hinderlijk gevoel of er zand in zit. Mocht u toch lasogen krijgen, hetgeen zich meestal openbaart tijdens uw nachtrust, dan kunnen watten gedrenkt in afgekoelde thee op uw ogen, helpen het verschijnsel te bestrijden; veelal is het de volgende ochtend verdwenen.

Voorwerpen met een temperatuur boven de 500 °C zenden, naast warmte, een voor het oog niet waarneembare straling uit, de zogenaamde infra rode (IR) straling. Deze straling tast op den duur het vocht in de ooglenzen aan en kan blijvend letsel veroorzaken, namelijk staar (ooglenzavertroebeling).

Bij het lassen zenden de boog en het gevormde smeltbad deze stralen uit.

Bescherming van huid en ogen tegen deze vorm van straling moet plaatsvinden via de beschermende kleding en een lashelm. Overige personen in de directe omgeving van de lasser moeten met lasschermen worden beschermd tegen de inwerking van de straling.

Naast de eerder genoemde straling treedt bij het lassen ook nog elektromagnetische straling op, opgewekt door een elektrische stroom in stroomvoerende kabels. De sterkte ervan is afhankelijk van de stroomsterkte in de kabel. Lassers kunnen worden blootgesteld aan grote doses straling, doordat het booglassen in het algemeen hoge lasstroomsterkten vraagt. Bovendien staat de lasstroombron veelal dicht bij de lasser en zijn de laskabels vaak in contact met het lichaam. Het is dus raadzaam bij het lassen de stroomvoerende kabels niet over de schouder te hangen.

Ad 3. Stroomdoorgang

De mens is buitengewoon gevoelig voor een elektrische stroom die door het lichaam vloeit. Zelfs zeer lage stroomsterkten kunnen al ernstig letsel veroorzaken. Daarnaast kan stroomdoorgang tot een schrikeffect leiden, zodat door onverwachte bewegingen gevaarlijke situaties kunnen ontstaan.

Als iemand in aanraking komt met onder spanning staande delen, hangt de stroomsterkte af van de elektrische totaalweerstand. Deze totaalweerstand is een som van de weerstand van de huid (nat of droog), de rest van het lichaam en de beschermende kleding. De weerstand van het menselijk lichaam is betrekkelijk laag. Droge lederen handschoenen en werkschoenen met een rubberzool hebben een hoge elektrische weerstand, zodat bij het dragen ervan de kans op stroomdoorgang aanzienlijk afneemt.

Als er niet wordt gelast, staat er een spanning tussen de elektrode en het werkstuk, de zogenaamde open spanning.

In het geval van wisselstroom mag de open spanning 80 V effectief niet overschrijden. Er zijn op deze regel enige belangrijke uitzonderingen:

- ▶ De open spanning mag bij gebruik in vochtige en nauwe ruimten 50 V niet overschrijden. De installaties moeten dan zijn voorzien van een relais dat de open spanning tot deze waarde verlaagt.
- ▶ Kleine stroombronnen voor het lassen met beklede elektroden, zoals bijvoorbeeld hobby-apparaten, mogen volgens de norm NEN-EN 50060 een open spanning hebben van 55 V.

Bij het lassen op gelijkstroom mag de lasstroombron een open spanning hebben van 110 Volt effectief. Vandaar dat het lassen op gelijkstroom uit oogpunt van veiligheid aan te bevelen is.

Lasaggregaten, lasomvormers en lastrafo's vallen buiten dit onderwerp.

Ad 4. Blootstelling aan geluid

Gehoorschade ontstaat geleidelijk als de sterkte van het geluid boven de 80 dB(A) uitkomt. De gezondheidskundige norm voor schadelijk geluid ligt op een gemiddeld geluidsniveau van 80 dB(A) over de achturige werkdag. Het dragen van gehoorbeschermingsmiddelen is wettelijk verplicht vanaf 85 dB(A), hoewel het ten zeerste aan te bevelen is ze reeds te gebruiken vanaf 80 dB(A). Tabel 11.4 geeft het geluidsniveau van een aantal lasprocessen weer, gemeten op de werkplek, in vergelijking tot enkele andere geluidsniveaus.

tabel 11.4 Geluidsniveaus van de lasprocessen in vergelijking met enkele ander geluidsniveaus

geluidsbron	geluidsniveau
Bmbe	85 - 90 dB(A)
MAG-lassen	80 - 90 dB(A)
TIG-lassen	65 - 74 dB(A)
slijpen	95 - 110 dB(A)
normaal gesprek	55 - 66 dB(A)
popconcert	95 - 100 dB(A)
pijngrens	125 dB(A)

Het zal duidelijk zijn dat de lasser zich in vele gevallen moet beschermen tegen de geluidsniveaus die optreden. Bescherming kan worden verkregen via oorpluggen of -propjes. Deze middelen dempen het geluid met 10 - 15 dB(A).

Ad 5. Brandgevaar

Bij het lassen maken we gebruik van warmte om de metalen te smelten. Het vloeibare materiaal dat onder meer als lasspatten wegspringt of (na stollen) als warme slak wordt afgebikt, kan u verwonden of kan, indien brandbaar materiaal in de directe omgeving is, aanleiding zijn tot brand. Controle van de omgeving, voordat met lassen wordt gestart, is dan ook altijd aan te bevelen. Daarnaast is het aan te bevelen om bij laswerkzaamheden een brandblusser bij de hand te hebben.

Ook is een controle van de omgeving raadzaam een tweetal uur nadat de laswerkzaamheden zijn afgesloten. Het zal niet de eerste keer zijn dat enkele uren nadat de laswerkzaamheden waren verricht brand uitbrak, doordat lasspatten in brandbaar materiaal waren gevallen, gingen smeulen en uiteindelijk tot ontbranding kwamen.

Ad 6. Inspannende werkhouding

Veel lassers zijn gedwongen te werken in moeilijke werkhoudingen. Pijn in de armen, schouders, rug en knieën komen vaak voor. Veelal zijn het zowel de zwaarte van de uitrusting, als de gedwongen lichaamshouding, die een schadelijke werking uitoefenen. Het lassen in moeilijke houdingen, die een langere tijd moeten worden aangenomen, leidt tot vermoeidheid. Deze beïnvloedt de kwaliteit van het laswerk en de kans op ongevallen neemt toe.

Enkele algemene regels ter verbetering van de werkhouding:

- ▶ neem een gemakkelijke, ontspannen houding aan, zodat gewrichten en spieren zo min mogelijk worden belast. Probeer steun te zoeken voor de armen en laat het gewicht van de laskabel zo min mogelijk op de armen rusten. Voor een goede houding is het raadzaam om hulpmiddelen zoals een rolsteiger, stoeltje, steun of rotatie-automaat te gebruiken. Zorg voor ondersteuning van het lichaam;
- ▶ gebruik voor het verplaatsen van apparatuur en werkstuk zoveel mogelijk hulpmiddelen, zoals hijsgereedschap, transportwagens en dergelijke. Als men iets moet tillen, doe dit dan met een rechte rug en gebogen knieën;
- ▶ verbeter de werkhouding door toepassing van éénzijdig lassen. Vermijdt het afbikken en uitslijpen van de onderzijde van de las. Vaak hoeft men dan ook niet in een bezwarende werkhouding te werken, bijvoorbeeld van onderaf in het geval het niet mogelijk is de plaat om te draaien;
- ▶ zorg voor een ordelijke werkomgeving. Voorkom dat materiaal en kabels over de grond slingeren. De lasbescherming (laskap) geeft beperking van het gezichtsveld. Voorkom struikelen en vallen.

Ad 7. Klimaat

Bij het lassen aan en in voorverwarmde werkstukken (tussen 100 en 400 °C) kunnen hitteproblemen optreden. Er zijn dan aangepaste werk-/rusttijden nodig. Tevens dient er dan te worden gezorgd voor voldoende zout- en vochttoevoer.

Bij het uitvoeren van laswerkzaamheden aan uitwendige oppervlakken in de buitenlucht zorgt de wind voor de afvoer van lasrook. Om de lasser en de las tegen weersinvloeden te beschermen worden echter tenten bij de werkzaamheden gebruikt, zodat zeker ook buiten bij de sterker verontreinigende lasprocedures persoonlijke adembescherming noodzakelijk blijft.

Zowel voor binnen- als buitenwerk is aangepaste beschermende werkkleding vereist om de kwaliteit positief te beïnvloeden.

Ad 8. Ioniserende straling

Radiografisch onderzoek (ook wel röntgenonderzoek genoemd) wordt gebruikt om de kwaliteit van het laswerk te bekijken. Dit radiografisch onderzoek wordt uitgevoerd met behulp van ioniserende straling uitzendende stoffen en/of toestellen.

Het gebruik van deze stoffen en/of toestellen kan gevaar opleveren voor mens, dier en plant. Om deze gevaren en hun eventuele gevolgen te beperken bestaat in Nederland de "Wetgeving ter Bescherming Volksgezondheid tegen Stralingsgevaar".

Deze wetgeving, de Kernenergiewet, bepaalt welke maatregelen moeten worden genomen, onder andere met betrekking tot:

- ▶ het voorhanden hebben van en het werken met ioniserende straling uitzendende stoffen/toestellen;
- ▶ de te treffen maatregelen ter bescherming van de omgeving en degenen die met deze stoffen/toestellen werkzaamheden verrichten;
- ▶ eisen waaraan onderzoekinstallaties en onderzoekpersoneel moeten voldoen;
- ▶ aanvaardbare stralingsdoses;
- ▶ controlemiddelen (registratie en meetapparatuur en medisch onderzoek van radiografische werkers).

Degenen die dus radiografische werkzaamheden uitvoeren zijn verplicht zich aan bovengenoemde wetgeving te onderwerpen.

Enkele eenvoudige maar belangrijke zaken ter bescherming kunnen zijn:

- ▶ het maken van een afzetting om de plaats van het onderzoek (wettelijk verplicht);

- ▶ het maken van een ruimte waarin deze onderzoeken verricht kunnen worden;
- ▶ een zo groot mogelijke afstand bewaren tot de bron/het toestel (wettelijke veilige afstand);
- ▶ het afschermen van de bron/het toestel met bijvoorbeeld lood.

Om met ioniserende straling te mogen werken bestaat in Nederland een vergunningstelsel (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer). Voorwaarde voor het verkrijgen van een vergunning is onder andere het hebben van aantoonbare deskundigheid op het gebied van ioniserende straling.

Door de Arbeidsinspectie worden regelmatig controles uitgevoerd.

11.2 Milieu

De milieu-eisen m.b.t. de lastechniek zijn ook in beweging. Recent zijn op milieugebied de volgende wijzigingen van kracht:

- 1) Bij het TIG-lassen kan geen W + Th stift meer worden toegepast.
- 2) Half 2002 is voor alle Europese lidstaten de Europese Afvalstoffenlijst van kracht (Eural).

Ad 1. Thoriumhoudende W-stiften

Bij het TIG-lassen (141) worden wolfram laselektroden gebruikt. Het kan daarbij gaan om pure wolfram laselektroden of om wolfram laselektroden waaraan bepaalde stoffen zijn toegevoegd. Als toevoegmaterialen worden gebruikt cerium, lanthaan, zirkonium en thorium. Met betrekking tot de thoriumhoudende wolfram laselektroden worden toevoegpercentages van 1, 2, 3 en 4 gewichtsprocent toegepast. De gebruikelijke typecoderingen voor deze elektroden zijn respectievelijk WT-10, WT-20, WT-30 en WT-40. De kleurcoderingen voor deze elektroden zijn respectievelijk geel, rood, lila en oranje.

Thorium is een radioactieve stof, waarvan het gebruik gereguleerd is in de Kernenergiewet en de nadere regelgeving op basis van de Kernenergiewet. Kort gezegd komt het er op neer dat voor het voorhanden hebben, het toepassen en het gebruik van thorium een kernenergievergunning vereist is. Alleen zeer kleine hoeveelheden zijn vrijgesteld van de vergunningplicht.

Met betrekking tot thorium in laselektroden heeft de wetgever expliciet bepaald dat de detailhandel in thoriumhoudende laselektroden geen gerechtvaardigde toepassing is. Door de detailhandel als niet-gerechtvaardigde toepassing aan te merken, heeft de wetgever beoogd tevens het gebruik uit te bannen.

Geadviseerd wordt voortaan stiften te gebruiken met Lanthaan of Ceriumoxide, waarbij de voorkeur naar Lanthaan uitgaat i.v.m. de langere standtijd. Mochten er nog thoriumhoudende laselektroden (WT 1,5%La₂O₂) in voorraad zijn, dan kan dit als radioactief afval afgevoerd worden (Centrale Organisatie voor Radioactief Afval, telefoon 0113 - 61 66 66).

Ad 2. Richtlijnen voor een verantwoorde verwerking van de bedrijfsafvalstromen ontstaan bij het lassen in relatie tot de Eural

De bij het lassen ontstane afvalproducten of milieu-onvriendelijke stoffen kunnen zijn (zie ook tabel 11.5):

- ▶ ongebruikte elektroden;
- ▶ elektroderestanten;
- ▶ laspoeder;
- ▶ restanten laspoeder;
- ▶ lasslakken;
- ▶ lasdraad;
- ▶ lasrookfilters;
- ▶ lasrookfilterstof;
- ▶ slijpstof van TIG-elektroden;
- ▶ verpakkingsmateriaal;
- ▶ lege draadhaspels.

De "ontdoener" is verantwoordelijk voor een juiste afvoer van zijn afvalstoffen.

Hoe te handelen in de praktijk.

- ▶ De als bedrijfsafval gekenmerkte stoffen mogen alleen worden afgegeven aan bedrijven met een vergunning voor het inzamelen, be- of verwerken van deze stoffen.
- ▶ Gevaarlijke afvalstoffen mogen alleen worden afgegeven aan een houder van een vergunning op grond van de Wet Milieubeheer, waarin is toegestaan dat van buiten

tabel 11.5 Indeling afvalgroepen

Indeling afvalgroepen	
Ongebruikte elektroden	
Eural afvalcode: 120113	bedrijfsafval
Elektroderestanten (peuken)	
Eural afvalcode: 120113	bedrijfsafval
Laspoeder (restanten)	
Eural afvalcode: 120113	bedrijfsafval
Laslakken	
Eural afvalcode: 120113	bedrijfsafval
Draden en draadresten	
Eural afvalcode: 120113	bedrijfsafval
Lasrookfilters en filterstof van: ^{1) 2)}	
Eural afvalcode: 150203 ¹⁾	bedrijfsafval
Eural afvalcode: 150202 ²⁾	gevaarlijke afvalstof
Slijpstof van TIG-elektroden	
Eural afvalcode: 120104	bedrijfsafval
Verpakkingsmaterialen	
Eural afvalcode: 150101, 105102, 150106 ¹⁾	bedrijfsafval
Eural afvalcode: 150110 ²⁾	gevaarlijke afvalstof
(Kunststof) draadhaspels	
Eural afvalcode: 150102 en 150104 ³⁾	bedrijfsafval
1) 150203 Alle ongelegeerde rutiel elektroden, massieve draden en metaal gevulde draden	
2) 150202 Alle typen lastoevoegmaterialen waarbij CrVI (klasse A), CrIII (klasse B), Ba- en F-verbindingen (klasse C) vrijkomen	
3) 150101 Papieren en kartonnen verpakkingen. 150102 Kunststof verpakkingen. 150106 Gemengde verpakkingen.	
4) 150110 Verpakking die resten van gevaarlijke stoffen bevat of daarmee is verontreinigd.	
5) 150102 Kunststof 150104 Metaal	

de inrichting afkomstige gevaarlijke afvalstoffen mogen worden bewaard, bewerkt of vernietigd. De vergunninghouder heeft registratie- en meldingsverplichtingen. Betreffende vergunningen worden door douane instanties, afhankelijk van de rolverdeling afgegeven.

Daarnaast heeft de producent voor het vervaardigen van gelaste constructies ook nog te maken met de Nederlandse Emissie Richtlijn Lucht (NeR) als het gaat om emissies naar de lucht. Toepassing van de NeR geschiedt in 8 stappen bij vergunningverlening.

Stap 1: Wanneer hanteert U de NeR en wanneer past u hem toe

Leidt de activiteit tot emissies naar de lucht. Als er geen wezenlijke emissies naar de lucht zijn, is de NeR niet van toepassing.

Stap 2: Gaat ander beleid voor de NeR

Wettelijke regels zoals amvb's (algemene maatregelen van bestuur) of centrale afspraken gaan voor de NeR.

Stap 3: Is een bijzondere regeling van toepassing

De NeR kent algemene eisen en enkele tientallen bijzondere regelingen voor specifieke branches of situaties. Als er geen bijzondere regeling van toepassing is, dan gelden de algemene eisen.

Stap 4: Hoe werken de algemene eisen

Om na te gaan of de algemene eisen gelden moet de stappen 4 t/m 6 worden doorlopen. Hierbij dienen de relevante ongereinigde emissies te worden vastgesteld, mogelijk op meerdere punten en m.b.t. meerdere stoffen (sommatiebepalingen).

Stap 5: Welke concentratie-eis legt U op

Door toetsing aan de grensmassaastroom is bepaald of de NeR van toepassing is. Bijzondere omstandigheden kunnen reden zijn voor afwijkingen naar boven of beneden. Ook wordt hier ingegaan op de minimalisatieverplichting voor diverse stoffen.

Stap 6: Hoe zit het met ALARA (as low as reasonably achievable)

In zijn algemeenheid vertegenwoordigen de eisen in de NeR de Stand der Techniek. In bijzondere gevallen kan het voldoen aan de eisen van de NeR leiden tot onredelijk zware inspanningen voor het bedrijf. In zo'n geval hoeven de eisen uit de NeR niet onverkort worden toegepast.

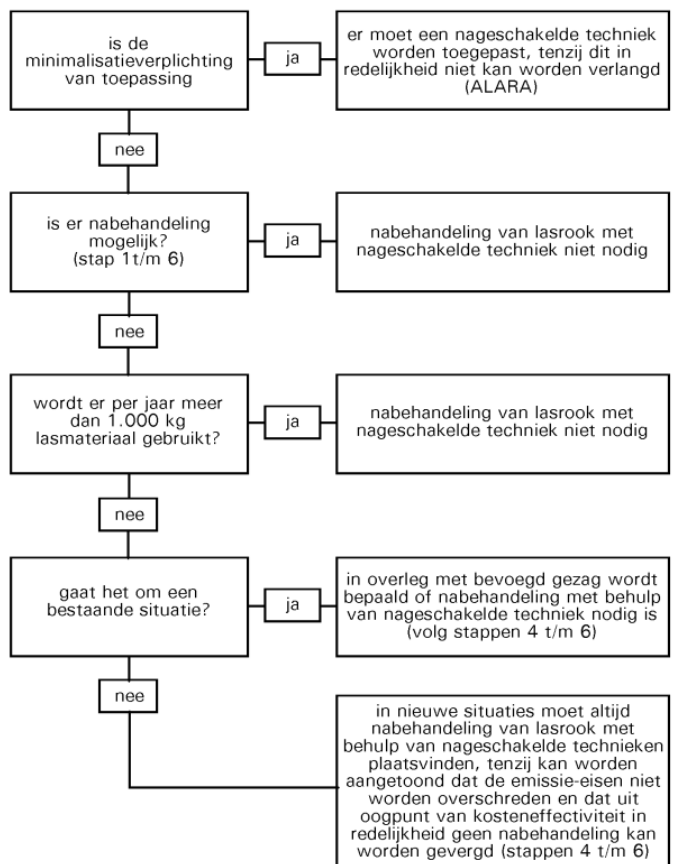
Stap 7: Welke vergunningvoorschriften

Als vastgesteld is of de NeR van toepassing is en welke eisen gesteld mogen worden, kan de vergunning worden verleend. In de vergunning moet ook duidelijkheid verschaft worden t.a.v. de controleerbaarheid van de emissies. Hoe groter de emissie bij een storing van de emissiebeperkende techniek, hoe meer een goede controle van belang is.

Stap 8: Wat op te nemen in de considerans

De kwaliteit van een vergunning wordt mede bepaald door de overwegingen. Bij een beroepsprocedure zal een goede considerans de vergunning meer stevigheid geven.

Resumerend kan het aanwijsschema in figuur 11.4 worden gehanteerd. De bepalingen van de NeR zijn hierin verwerkt.



figuur 11.4 Aanwijsschema

Indien blijkt dat alleen vanuit overwegingen van arbeidsomstandigheden een afzuiginstallatie noodzakelijk is en geen nabehandeling (filtering) van de afgezogen lucht wordt verlangd op grond van de NeR, dan is het raadzaam om bij de aanleg van nieuwe installaties of de vervanging van oude rekening te houden met toekomstige ontwikkelingen. Daar op elk gebied de grenswaarden naar beneden bijgesteld worden, zullen ook nieuwe inzichten wel eens tot gevolg

kunnen hebben dat filtering van afgezogen lasrook alsnog noodzakelijk wordt. Ook wijzigingen in het productieproces kunnen tot gevolg hebben dat tot filtering moet worden overgegaan. Heeft men bij het ontwerpen van de installatie hiermee rekening gehouden, dan kan tegen geringe meerkosten de installatie worden voorzien van een filtersysteem. Ook is het zinvol in dergelijke situaties contact op te nemen met de werkgeversvereniging, die u verder kan adviseren.

Hoofdstuk 12

Naspourbaarheid van materialen en kwaliteitsregistraties

Materialen

Essentiële materialen die worden verwerkt in een staalconstructie of drukvat hebben een uniek nummer (chargennummer) en een bijbehorend certificaat (geboortebewijs).

Hierin worden de unieke eigenschappen van het materiaal vastgelegd (bijvoorbeeld chemische samenstelling en mechanische eigenschappen). Als er in een latere fase (bijvoorbeeld bij de gebruiker van de staalconstructie) een mankement wordt geconstateerd, dan kunnen, mits het unieke nummer is vastgelegd, de eigenschappen nog worden achterhaald.

De certificaten worden omschreven in NEN-EN 10204 (zie tabel 4.2.10) met de volgende mogelijkheden (zie tabellen 12.1 en 21.2)

tabel 12.1 Verschillende vormen van materiaalcertificatie volgens NEN-EN 10204

NEN-EN 10204 (2004)	
Fabrieksverklaring Type 2.1	Producent verklaart, dat wordt voldaan aan de bestelling zonder resultaten van een keuring. (~ voormalige 2.1)
Fabriekscontrole-attest Type 2.2	Producent verklaart dat wordt voldaan aan de bestelling met resultaten van niet nader voorgeschreven keuring. (~ voormalige 2.2 en 2.3)
Fabrieksrapport Type 3.1	Voor keuring bevoegde vertegenwoordiger van de producent, die hiërarchisch onafhankelijk is van de productie, verklaart, dat wordt voldaan aan de bestelling met resultaten van de nader voorgeschreven keuring. (~ voormalige 3.1.B)
Keuringsrapport Type 3.2	Voor keuring bevoegde vertegenwoordiger van de producent, die hiërarchisch onafhankelijk is van de productie en, hetzij de bevoegde vertegenwoordiger van de koper of de keurder aangewezen door de officiële regelingen, verklaren dat wordt voldaan aan de bestelling met resultaten van de nader voorgeschreven keuring. (~ voormalige 3.1.A, 3.1.C en 3.2)

tabel 12.2 Vertalingen van de verschillende soorten certificaten

	Nederlands	Engels	Duits	Frans
2.1	Fabrieksverklaring, Certificaat van overeenkomst	Certificate of compliance with the order	Werksbescheinigung	Attestation de conformité à la commande
2.2	Fabriekscontrole attest	Test report	Werkszeugnis	Relevé de controle
3.1	Fabrieksrapport, specifiek beproevingsrapport	Specific test report	Werksprüfzeugnis	Relevé de controle spécifique
3.2	Keuringsrapport	Inspection certificate	Abnahme prüfprotokoll	Certificat de réception

Herwaarmerken

Tijdens de fabricage behoeven niet altijd de volle afmetingen te worden gebruikt, zodat de plaat of pijp hergemerkt dient te worden. Het hermerken ("doorstempelen") is het overbrengen van merken om, na het delen van een product, het attest (certificaat en alle delen van dat product op elkaar te kunnen betrekken).

De materialen die geherwaarmerkt moeten worden, dienen te worden uitgelegd en het chargennummer wordt overgenomen met daarbij een stempel van degene die is gemachtigd. Alvorens tot herwaarmerken over te gaan, dient het betreffende attest te worden gecontroleerd en te zijn afgestempeld. De meeste keuringsinstanties hebben eisen voor herwaarmerken!

Kwaliteitsregistratie

In de gehele organisatie zullen de kwaliteitsdocumenten worden opgeslagen die aantonen dat de vereiste productkwaliteit werd bereikt en dat het kwaliteitssysteem doeltreffend werkt. Zulke gegevens omvatten tevens de gegevens omtrent de verificatie van het kwaliteitssysteem, kalibratie van beproevings- en meetinstrumenten en onderzoeksrapporten, ontheffingen, corrigerende maatregelen, enz. De documenten zijn zo samengesteld dat deze goed leesbaar en toegankelijk zijn, zodat ze gemakkelijk kunnen worden geanalyseerd om het bereiken van de kwaliteitsdoelstellingen aan te tonen. Alle kwaliteitsdocumenten zullen tenminste vijf jaar bewaard blijven (tenzij anders is aangegeven in de procedures of in de opdracht van de klant). Het verwijderen van de verouderde documenten valt onder de verantwoordelijkheid van de systeembeheerder. Alle ordergerichte documenten bevatten het ordernummer, volgnummer en datum.

Beheer en controle van materiaalcertificaten (werk-instructies)

Het doel van deze instructie is het effectief beheren en controleren van het bestand van de materiaalcertificaten. Het beheer wordt verdeeld in twee groepen:

- ▶ materiaalcertificaten van artikelen op voorraad;
- ▶ materiaalcertificaten van artikelen bestemd voor bepaalde werkzaamheden.

Verantwoordelijkheden

De verantwoording tot naleving van deze instructie berust bij hoofd Kwaliteitsdienst en/of de projectleider op de bouwplaats.

Werkwijze

Alle certificaten zullen in ontvangst genomen worden door de Kwaliteitsdienst. Deze controleert de technische inhoud van het certificaat, stempelt deze voor goedkeuring of afkeuring en verzorgt de distributie van de certificaten naar de betreffende werklocatie. Certificaten bestemd voor de pre-fab en/of voorraadmagazijn zullen worden gefiled door de Kwaliteitsdienst. Indien de certificaten afgekeurd worden, treedt de procedure "bericht van afwijking" in werking. De certificaten worden gefiled volgens een numeriek systeem, beginnend bij nr.1 met daarvoor de eerste letter van het onderdeel, bijvoorbeeld: pijp = P1, P2, enz., elbow = E1, E2, enz., flens = F1, F2, enz.

Alle certificaten kunnen worden ingeschreven in de certificaten-indexlijst (CIL). Op de indexlijst zal bijvoorbeeld het volgende worden ingevuld:

- ▶ nummer index;
- ▶ diameter;
- ▶ wanddikte;
- ▶ materiaalsoort;
- ▶ identificatienummer (chargennummer);
- ▶ soort certificaat;
- ▶ walswerk leverancier.

Vastleggen kwaliteitsgegevens in fabricagerapporten

Uit het oogpunt van kwaliteitsbeheersing is het zinvol om keuringsresultaten vast te leggen in een document. In een later stadium kan desgewenst op meetresultaten worden teruggekomen. Deze paragraaf kan als een aanbeveling worden gezien voor het opzetten van een procedure voor het samenstellen van fabricagehandboeken. Belangrijk daarbij is vast te stellen wie wat doet, in welke fase, en of de resultaten op papier vastgelegd dienen te worden. Dit is onderwerp van gesprek tijdens de zogenaamde pre-inspectie meeting, een samenkomst van keuringsinstanties als vertegenwoordiger van de opdrachtgever en de fabrikant. Hierbij wordt het inspectie- en testplan besproken en wordt

bepaald welke kwaliteitsgegevens vastgelegd dienen te worden.

Verantwoordelijkheden

Een ieder die in dit plan wordt genoemd, dient duidelijk en volledig ingevulde en getekende documenten te verstrekken aan degene die de documentatie verzorgt (de documentalist). Het is de taak van de documentalist om de informatie te verstrekken aan een ieder met betrekking tot de voor een project of order benodigde documenten.

Eisen te stellen aan fabricagerapporten en documenten

Fabricagerapporten dienen als positieve bewijsvoering voor:

- ▶ het verkrijgen van toestemming tot inbedrijfstelling door overheden;
- ▶ het verzekeren van de installatie;
- ▶ ingeval er sprake is van conflicten en/of calamiteiten:
 - het feit welke materialen er werkelijk zijn toegepast, welke inspecties er zijn uitgevoerd en wat de resultaten waren;
 - geaccepteerde afwijkingen;
 - uitgevoerde reparaties.

Documenten dienen aan de volgende minimum eisen te voldoen:

- ▶ volledig ingevuld;
- ▶ leesbaar en kopieerbaar;
- ▶ waar mogelijk, origineel;
- ▶ geen vlekken veroorzaakt door correctievloeistof of onleesbare doorhalingen;
- ▶ geen aanwijzingen/aanvulling na ondertekening;
- ▶ paraaf samensteller;
- ▶ eventuele goedkeuring door middel van paraaf;
- ▶ bijlage(n) vermelden en toevoegen.

Reeds in een vroeg projectstadium zal de projectleider aan de documentalist de indeling van het fabricagehandboek, alsmede het aantal te leveren kopieën bekend maken (gebaseerd op specificatie klant of standaardmodel fabrikant). De handboeken worden reeds tijdens de productievoortgang bijgehouden, zodat na gereedkomen van het project ook de handboeken beschikbaar zijn. De WPQR's, lasserkwalificaties, WPS'-en en NDO-rapporten zijn ook onderdeel van het fabricagerapport.

Hoofdstuk 13

Onderhoud en het kalibreren van de lasapparatuur

Zoals uit hoofdstuk 11 "Veiligheid en Milieu" blijkt, wordt de lasser tijdens het lassen aan een aantal gevaren blootgesteld. Zeker indien het onderhoud aan de lasmachine achterwege blijft en indien er ruw met de machine en toebehoren wordt omgesprongen. Daarnaast zal een slecht onderhouden lasinstallatie eerder aanleiding geven tot kwalitatief minder laswerk. Regelmatige inspectie en onderhoud van de installatie is dus essentieel.

13.1 *Inspectie en onderhoud in verband met veiligheid*

Het zal duidelijk zijn, dat er onderscheid kan worden gemaakt tussen periodieke inspectie en onderhoud van industriële elektrische installaties en elektrische apparaten voor privé gebruik.

Voor industriële installaties bestaat de eis dat zij een inspectietermijn hebben waarover de norm NEN 3140: "Periodieke inspectie van elektrische arbeidsmiddelen" uitsluitsel geeft. Hier wordt verder niet ingegaan op deze wijze van bepaling van de inspectietermijn, noch op de te controleren punten tijdens deze inspecties.

Wel stelt deze norm dat de lasser verplicht is zelf een aantal controles uit te voeren, voordat hij het lasapparaat inschakelt. Het betreft de volgende punten:

- ▶ visuele inspectie van het apparaat en met name de conditie van de isolatie van de leidingen;
- ▶ het lasapparaat mag pas worden ingeschakeld als alle verbindingen zijn gemaakt (werkstuk kabel, afstandsbediening, enz.);
- ▶ bij niet gebruik moet het apparaat worden uitgeschakeld;
- ▶ bij het gebruik in nauwe en besloten ruimten moet de stroombron buiten deze ruimte worden geplaatst en mag de open spanning niet hoger zijn dan 50 V wisselstroom;
- ▶ bij onderhoud en reparatie moet het apparaat worden gescheiden van het net.

Bij de visuele controle dient vooral te worden gelet op:

- ▶ beschadiging of slechte reparatie van de netvoedingskabel;
- ▶ de aansluiting van de netvoedingskabel en de trekontlasting;
- ▶ of slijtage of breuk is opgetreden, of dat de behuizing zodanig is beschadigd, dat de veiligheid in het gedrang komt;
- ▶ of de schakelaars nog in takt zijn;
- ▶ of het apparaat nog schoon en droog is.

De NEN-EN-ISO 9001 verlangt onder het hoofdstuk "Infrastructuur" procedures om de beschikbaar gestelde middelen middels een plan te onderhouden. Het betreft de middelen die nodig zijn om te voldoen aan de producteisen. Preventief onderhoud van lasapparatuur speelt daarbij een belangrijke rol. De uitgifte van onderhoudsinstructies (en het juist uitvoeren ervan) is essentieel. Bij het installeren van nieuwe lasapparatuur is het zaak om vast te stellen of de apparatuur naar behoren functioneert en dit niet te doen als er productie gedraaid moet worden. Preventief onderhoud voor las- en snijapparatuur zal tenminste éénmaal per jaar plaats dienen te vinden.

Daarbij zullen tenminste de volgende handelingen verricht moeten worden:

- ▶ controle op de positie van de geleidingen bij het snijden of gemechaniseerd lassen;
- ▶ nauwkeurigheid vaststellen van de meters (stroom en spanning) die dagelijks worden gebruikt;
- ▶ de toestand van de laskabels, enz. controleren;
- ▶ het functioneren van numerieke besturingen en bijvoorbeeld lasrobots via een testprogramma controleren.

13.2 *Inspectie en onderhoud in verband met de laskwaliteit*

Bmbe

Bij het booglassen met beklede elektroden is de laskwaliteit hoofdzakelijk afhankelijk van de handvaardigheid en de kunde van de lasser. Uiteraard spelen elektrische verliezen in het stroomcircuit ook een rol, deze zijn echter van minder grote invloed. Gebruik van verlengkabels aan de primaire zijde van de bron kunnen leiden tot grote spanningsverliezen en/of spanningsvariaties, zeker als de kabels niet geheel worden uitgelegd. Hierdoor neemt het beschikbare lasvermogen aan de secundaire zijde af en een slechte laskwaliteit zal het gevolg zijn. Verder hebben de stroombronnen voor het lassen met beklede elektroden nauwelijks onderhoud nodig.

Als in de nabijheid van stroombronnen geslepen moet worden, moet dit geschieden van de stroombron af, zodat de vonkenregen niet op de stroombron komt. De transformator in de bron trekt ijzerslijpsel aan, waardoor inwendig kortsluiting kan optreden.

MAG-lassen

Naast een gastoevoer, een stroomtoevoer en een schakeldraad naar het handvat van het slangenpakket, bevatten vooral de MAG-installaties bewegende delen voor de draadaanvoer. Het merendeel van de problemen rond het gebruik van het MAG-lassen zijn terug te voeren naar de draadaanvoereenheid, de lastoorts en het slangenpakket.

Draadaanvoereenheid

Voor een goed verloop van het proces moet aan dit onderdeel van de installatie de nodige aandacht worden geschonken.

Allereerst moet de rem die in de haspelhouder is opgenomen juist worden afgesteld. Een te strakke rem leidt tot extra trekkrachten en onregelmatigheden in de draadaanvoer, terwijl bij een te slap afgestelde rem de draadrol nog enige tijd doordraait nadat het proces is gestopt (binnen een halve seconde). Een wirwar van lasdraad in de draadaanvoerkast en kortsluitingen kunnen het gevolg zijn.

Vaak komt het voor dat de aandrukkracht van de draadaanvoerrullen te hoog is voor het gebruikte draadtype. Als er een onregelmatige draadaanvoer is, heeft men de neiging de aandrukkracht te vergroten. Dit resulteert echter in vervorming van de dunne asjes waarop de rollen zijn gemonteerd, waardoor de draadaanvoer nog slechter verloopt. Bovendien wordt de draad zelf vervormd, met als gevolg een slechte stroomoverdracht in de contacttip.

De tijd die geïnvesteerd wordt in een zorgvuldige keuze en afstelling van deze onderdelen zal uiteindelijk leiden tot een kwaliteitsverbetering en een tijdsbesparing door het beperken van storingen in de draadaanvoer met als gevolg een constante en correcte lasstroom.

Slangenpakket

De verbindingen tussen de draadaanvoereenheid en het slangenpakket zelf moeten regelmatig worden gecontroleerd. Losse verbindingen leiden meestal tot oververhitting, maar veel belangrijker, de elektrische weerstand zal een sterk fluctuerende boogspanning tot gevolg hebben, hetgeen weer een directe negatieve invloed op de laskwaliteit heeft. De gebruikte draadgeleiding moet niet alleen voor de gebruikte draadsoort en draaddiameter geschikt zijn, maar bovendien de juiste lengte hebben. In de praktijk komt het vaak voor dat de lasser de draadgeleiding te kort afknijpt, met als gevolg kans op draadstoringen. Daarnaast is het regelmatig schoonmaken van de draadgeleider noodzakelijk. Een overmatige opeenhoping van vuil als gevolg van draadslijtage in de geleiding leidt tot onregelmatige draadaanvoer. De traditionele manier om de draadgeleiding schoon te maken, is deze met behulp van een gecompriëerde luchtstroom schoon te spuiten.

Contacttip

Ook de contacttip, het onderdeel dat er voor zorgt dat de lasstroom op de lasdraad wordt overgebracht, verdient de

nodige aandacht. In de praktijk komt het gebruik van een te grote contacttip regelmatig voor. Voor storingsvrij lassen is het gebruik van een contacttip die is afgestemd op de gebruikte lasdraaddiameter en lasdraadsoort noodzakelijk. Doordat de lasdraad tijdens de doorvoer slijtage aan de contacttip zal veroorzaken, is een regelmatige vervanging noodzakelijk. Veel gebruikers vinden het verbruik van de vele contactbuizen als gevolg van slijtage of onjuist gebruik een grote kostenpost. Dit is onterecht, zeker als de las-kwaliteit door een verkeerde zuinigheid afneemt!

Gasmondstuk

Het laatste onderdeel van de lastoorts dat de nodige aandacht verdient is het gasmondstuk. Allereerst moet deze zo schoon mogelijk en vrij van spatten gehouden worden. Is dit niet het geval, dan zullen de aanwezige spatten turbulentie in de gasstroom veroorzaken, met als direct gevolg dat porositeit in de las toeneemt. Een kleine hoeveelheid anti-spat-spray kan hierbij eventueel helpen. Ook het model van het gebruikte gasmondstuk is van belang, omdat deze in grote mate wordt bepaald door de gebruikte lasspanning en lasstroom. Zo is voor het kortsluitbooglassen een gasmondstuk met een wat conische vorm, waarbij de contacttip iets uitsteekt, de beste oplossing.

TIG-lassen

Bij het TIG-lassen is regelmatige inspectie van het slangenpakket en de lastoorts noodzakelijk. Hier gelden feitelijk dezelfde aanbevelingen als bij het MAG-lassen.

Onderhoudscontract

De stroombron moet nooit met perslucht worden schoongeblazen. Door een onderhoudscontract af te sluiten wordt vooraf veel narigheid voorkomen. Laat de stroombron éénmaal per jaar schoonmaken door een ter zake kundig bedrijf of bij degene waar de lasapparatuur is aangeschaft. Het apparaat wordt dan opengemaakt, gereinigd met een stofzuiger, op werking gecontroleerd en weer in elkaar gezet.

Over de lasprocessen, de vereiste inspecties en het nodige onderhoud wordt verder verwezen naar de website van het NIL (www.nil.nl) waar u onder de knop "Laskennis" meer informatie kunt vinden.

13.3 Kalibreren van lasapparatuur

Waarom kalibreren?

► Voorval 1

In een bedrijf worden vaatjes met een wanddikte van 10 mm onder poeder gelast met behulp van een I-naad. Aan de hand van een WPS (= Lasmethodebeschrijving) worden keurig de laag-tegenlaag gelast en daarna niet-destructief onderzocht. Dit is één van de moeilijkste naden voor de ketel- en apparatenbouw. De inbrandingsdiepte is sterk afhankelijk van de vooropening, de stroomsterkte, boogspanning en voortloopsnelheid. In hal 1 zijn de resultaten verbluffend goed, in hal 2 zonder meer slecht (onvoldoende doorlassing). De WPS geeft 550 ampère stroomsterkte aan. In hal 1 blijkt dit bij controle aan de hand van een gekalibreerde meter ook zo te zijn, in hal 2 blijkt dit echter 475 A te zijn. Een afwijking derhalve van 75 A en dus scheelt dat een inbrandingsdiepte van tenminste een millimeter. Daarmee zijn de slechte resultaten verklaard.

► Voorval 2

Hetzelfde bedrijf last P 355GH, 30 mm dikte en warmt voor op zo'n 120-150 °C. Temperatuurklokjes geven de gehele dag de vereiste voorwarmtemperatuur aan. De QC-inspecteur van het bedrijf is tevreden. Ze doen het toch weer goed. 's Avonds, als de naden zijn afgekoeld, geven de klokjes nog 120 °C aan. Dat doen ze altijd. Hier had de QC-inspecteur zelf een gekalibreerde meter bij zich moeten hebben en niet blind moeten vertrouwen op de klokjes. Het lijkt ver gezocht, maar dat is praktijk (geweest?). Met voornoemde gevallen is duidelijk het belang aange-toond van gekalibreerde meetapparatuur. Meten is weten; gissen is missen!

Beheer van test- en meetapparatuur

Veelal wordt binnen een bedrijf een instructie opgesteld voor het effectief beheren en kalibreren van test- en meetapparatuur. Met een vaste frequentie wordt bepaalde apparatuur geïkt door externe bedrijven of intern zelf. Dit laatste hangt af van het soort apparatuur.

Een indeling kan zijn:

- Groep A: kalibreren door externe organisatie;
- Groep B: kalibreren aan meetmiddel uit groep A en meetmid-delen die worden gebruikt bij inspectiedoeleinden;
- Groep C: meetgereedschap, gefabriceerd met een nationaal erkende standaard, dat kan worden gebruikt voor maatvoering in de productie.

De maatnauwkeurigheid wordt enerzijds aangegeven door de leverancier van de apparatuur, anderzijds door het toepassingsgebied. Van alle apparatuur wordt bij de aanschaf geregistreerd:

- naam;
- type;
- leverancier;
- uitvoering;
- fabrikant;
- meetgebied;
- nauwkeurigheid;
- kalibratiemethode;
- toepassingsgebied;
- kalibratieplanning;
- onderhoudsmethode en -planning;
- indeling in kalibratiegroep.

Kalibraties dienen te worden uitgevoerd volgens de planning en na elke reparatie. Vanzelfsprekend is goed onderhoud vereist.

Testfrequentie

Vaak wordt de vraag gesteld binnen welke periode de test- en meetapparatuur gekalibreerd dient te worden. De reeds vervallen Nederlandse norm NEN 2649 gaf in het verleden aan: *"Meetmiddelen en referentiematerialen moeten worden gekalibreerd met regelmatige tussenpozen, vastgelegd op basis van stabiliteit, doel en gebruik. De termijnen moeten zodanig worden vastgesteld dat de volgende kalibratie plaatsvindt, voordat kan worden verwacht dat de nauwkeurigheidsgrenzen worden overschreden"*.

Prachtig verwoord, maar als gebruiker heb je hier niet direct wat aan. Het vereist een hoeveelheid werk om vast te stellen of een kalibratietermijn moet worden ingekort of mag worden verlengd. Dan is het WTIA-technische handboek, nr. 19, duidelijker (A guide to quality assurance in welded fabrication, gepubliceerd door Welding Technology Institute of Australia). De kwaliteit van een gelast product (in dit geval een las) hangt af van o.a. twee belangrijke zaken:

- de juiste opgaven van lasparameters;
- een juiste controle tijdens de vervaardiging.

Het eerste punt wordt grotendeels geregeld middels de lasmethodekwalificaties en lasserkwalificaties, terwijl de tweede activiteit een kwestie is van meten en een dosis zelfdiscipline van de uitvoerenden.

Parameters die gecontroleerd dienen te worden, zijn:

- stroomsterkte;
- boogspanning;
- voortloopsnelheid;
- draadaanvoersnelheid;
- voorwarm- en interpasstemperatuur;
- temperaturen van de "droogkokers" en bewaarovens.

Andere parameters hebben betrekking op het lasproces zelf, bijvoorbeeld de frequentie bij het kortsluitbooglassen, piekstroom en basisstroom bij het pulserend MIG-lassen, enz. Het TWI (Britse lasinstituut) beschikt over veel informatie voor het meten van dit soort parameters. Recent is de NEN-EN-ISO 17662 op de markt gebracht met als titel Welding - Calibration, verification and validation of equipment used for welding, including ancillary activities. Per onderdeel wordt aangegeven of er sprake is van kalibratie, verificatie of validatie met daarbij een aangegeven tolerantie.

Hoofdstuk 14

Conformiteitverklaring voor gelaste producten

De Europese Commissie heeft ten behoeve van de technische harmonisatie in de gehele Gemeenschap, de zogenaamde "Nieuwe & Globale Benadering" als alles omvattende filosofie voor de kwaliteitsborging geadopteerd. Het concept, genaamd "Quality measures for industrial products", heeft ten doel de uitgangspunten te definiëren voor een Europese kwaliteitsfilosofie waarmee de fabrikant van industriële producten kan aantonen dat zijn producten aan de Richtlijnen ("Directives") van de Europese Commissie voldoen: de zogenaamde "Conformiteitverklaring".

De Nieuwe & Globale Benadering geeft via "modulen" alternatieve wegen aan om die conformiteit aan te tonen. Elke module beschrijft een specifieke route voor de borging van de kwaliteit.

Producten die zijn gefabriceerd in overeenstemming met een van deze modulen en die aan de essentiële eisen uit de Richtlijn voldoen, mogen het "CE" merkteken voeren. Producten die dit merkteken voeren mogen niet worden geweigerd op enige markt binnen de Gemeenschap.

De Nieuwe & Globale Benadering bevordert het gebruik van kwaliteitssystemen, zoals die zijn gedefinieerd in de ISO 9000-serie, aanzienlijk. Daarnaast geeft de Nieuwe & Globale Benadering aan dat er ook wegen zijn die kunnen worden bewandeld, zonder dat een kwaliteitssysteem volgens genoemde norm wordt gehanteerd.

14.1 Modulen

De route naar het CE-merk

Het type product dat wordt gefabriceerd, bepaalt welke module er van toepassing is. Dit kan variëren van een simpele conformiteitverklaring door de fabrikant, met als enige vereiste voor de fabrikant dat hij een dossier aanlegt en bijhoudt ten behoeve van een eventuele controle door daartoe aangewezen autoriteiten, tot een volledige certificatie van het product gebaseerd op beproevingen of de implementatie van een volledig kwaliteitssysteem. De mogelijkheden voor een specifiek product worden aangegeven door de "Richtlijnen" en de definitieve keuze is vervolgens aan de opdrachtgever of de fabrikant, voor zover deze passen binnen de door hem gestelde eisen.

Acht verschillende modulen worden aangegeven, drie daarvan A, G en H, kunnen zelfstandig worden toegepast, terwijl C, D, E en F tezamen met de basis typekeuring van de Europese Gemeenschap (EG), zoals beschreven in module B, moeten worden gezien. Aanvullende voorwaarden gelden binnen sommige modulen voor gebruik in combinatie met speciale producten.

Hieronder volgt een korte samenvatting van de voornaamste eigenschappen in de verschillende modulen, zoals die worden gegeven in het bijgevoegde schema. De referentie aldaar aan "Bevoegde Instantie" wordt aan het einde van deze paragraaf uitgelegd.

Module A: interne controle door de fabrikant

Dit dekt zowel de ontwerp- als de productiefase. De fabrikant (of zijn vertegenwoordiger) garandeert en verklaart dat producten aan de eisen van de "Richtlijn" voldoen.

De fabrikant moet een technische documentatie opstellen en bijhouden, zodat het ontwerp, de fabricage en de werking van het product kan worden gevolgd ten behoeve van de beoordeling van de conformiteit met de eisen van de "Richtlijn".

De fabrikant moet zeker stellen dat het fabricageproces overeenkomt met de technische documentatie. Hij kent het CE-merk toe en stelt een conformiteitverklaring op. Tussentijd is een bevoegde instantie (Notified Body, zie later) is niet noodzakelijk.

Module B: typekeuring

Dit dekt het ontwerp én de productiefase en zal gebruikt worden in combinatie met een van de productiemodules C, D, E of F. Een bevoegde instantie verklaart dat een representatief monster van het product aan de eisen van de "Richtlijn" voldoet en geeft een EG "Typekeuring certificaat" uit. De fabrikant moet technische documentatie samenstellen zodanig dat het ontwerp, de fabricage en de werking van het product kunnen worden gevolgd door de bevoegde instantie ter beoordeling van de conformiteit met de Richtlijn. De fabrikant moet de bevoegde instantie informeren over alle veranderingen aan het goedgekeurde product.

Module C: verklaring van typeovereenkomst

De fabrikant verklaart dat de producten overeenstemmen met de Richtlijn en onderneemt stappen om die overeenstemming te verzekeren. De fabrikant brengt het CE-merk aan en stelt de conformiteitverklaring op. De bevoegde instantie heeft de mogelijkheid om testen uit te voeren op willekeurige momenten.

Module D: kwaliteitsborging in de productie

De fabrikant verklaart dat het product met het type overeenkomt, maar werkt daarnaast met een kwaliteitssysteem dat is goedgekeurd door de bevoegde instantie en voldoet aan de eisen van de ISO 9002. De fabrikant brengt het CE-merk aan en stelt de conformiteitverklaring op.

Het werk is onderhevig aan inspectie door de bevoegde instantie die daarvan schriftelijk verslag opmaakt.

Module E: kwaliteitsborging van het product

De fabrikant onderhoudt een goedgekeurd kwaliteitssysteem voor onderzoek en inspectie van het eindproduct. Deze module zal normaal gesproken worden vereist in combinatie met een EG typekeuring (module B), maar in sommige bijzondere gevallen kan het op zichzelf staand worden uitgevoerd. De fabrikant stelt een conformiteitverklaring op en brengt het CE-merk aan.

De bevoegde instantie beoordeelt het kwaliteitssysteem, de technische documentatie en de kwaliteitsrapporten tijdens audits en maakt daar rapport van op.

Module F: productkeuring

De fabrikant verzekert conformiteit met de EG typekeuring. Een bevoegde instantie controleert en bevestigt dat de producten aan alle eisen van het EG "typekeur certificaat" of aan de technische documentatie voldoen. Dit laatste alleen wanneer de EG typekeuring niet wordt vereist door de "Richtlijn". Verificatie moet worden uitgevoerd door 100% onderzoek of door goedgekeurde statistische methoden. Wanneer producten die via statistische methoden worden getest veelvuldig falen, mag de bevoegde instantie deze methode afkeuren.

Module G: keuring van de eenheid

Dit heeft betrekking op het ontwerp en de productiefase en wordt gebruikt voor de productie van enkelstuks of van kleine series. Een bevoegde instantie controleert en verklaart dat het (ieder individuele) product voldoet aan de eisen van de Richtlijn. De bevoegde instantie geeft het CE-merk uit en stelt een conformiteitverklaring op.

Technische documentatie moet worden opgesteld en moet, indien relevant, beschikbaar worden gesteld aan de bevoegde instantie.

Module H: volledige kwaliteitsborging

De fabrikant werkt onder een kwaliteitssysteem voor ontwerp, fabricage en voor inspectie van het gereede product, dat is goedgekeurd door de bevoegde instantie en waarin het volgen van alle bewerkingen is ondergebracht. Hij moet volledig gedocumenteerde procedures hebben en

ook het certificaat van conformiteit uitgeven. In sommige gevallen zal de bevoegde instantie het ontwerp moeten keuren.

De bevoegde instantie moet audits rapporteren en een lijst van goedkeuringen bijhouden.

In tabel 14.1 vindt u de tekst over de modules A t/m H/H1 nog eens tabellarisch weergegeven.

14.2 *Bepaling Overeenstemmingsbeoordeling (OSB) procedure voor drukapparatuur (PED)* zie figuur 14.1

In hoofdstuk 15 is aangegeven welke drukapparatuur buiten de Richtlijn valt. Daarnaast is de PED alleen van toepassing voor nieuwbouw. De eerste vraag luidt voor deze procedure of de maximale toelaatbaarheid >0,5 bar is.

Voor het classificeren van de drukapparatuur gelden de volgende overwegingen:

- ▶ wat is het type drukapparatuur?
- ▶ wat is het medium in het drukapparaat?
- ▶ wat is de maximale toelaatbare druk?
- ▶ wat is het volume of diameter van de drukapparatuur?

De drukapparatuur wordt als volgt onderverdeeld:

- ▶ drukvaten;
- ▶ brandstofgestookte of anderszins verwarmde drukapparatuur (stoom en water);
- ▶ installatieleidingen.

Wat betreft het medium zijn er twee groepen, te weten:
Groep 1: gevaarlijke stoffen (ontpofbaar, ontvlambaar, giftig, oxiderend);

Groep 2: overige stoffen die als ongevaarlijk worden gekwalificeerd.

en daarnaast moet worden vastgesteld of er sprake is van gas/damp of een vloeistof.

De volgende stappen zijn de tabellen voor de overeenstemmingsbeoordeling (zie tabel 14.2). Vervolgens worden de druk en het volume vastgesteld, zodat de categorie kan worden vastgesteld (zie figuren 14.2 en 14.3) en daarop volgend de module.

Samenvatting van de stappen voor de keuze van de modules:

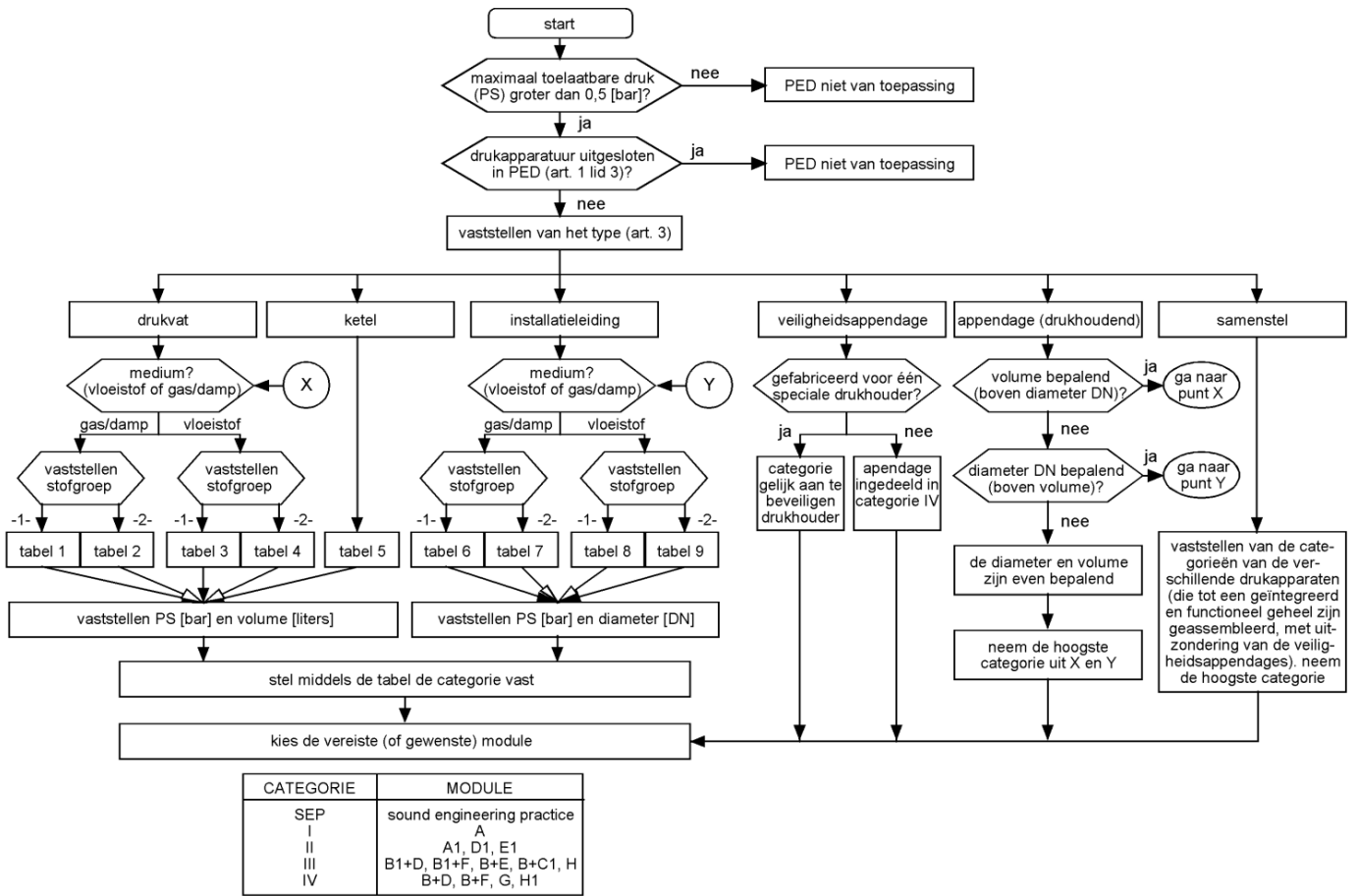
- ▶ 1) Druk >0,5 bar?
- ▶ 2) Betreft geen uitzonderingsgeval?
- ▶ 3) Bepaal type drukapparatuur.
- ▶ 4) Stel aggregatietoestand vast.
- ▶ 5) Bepaal stofgroep.
- ▶ 6) Bepaal m.b.v. Art. 3 de juiste tabel.
- ▶ 7) Bepaal in de tabel a.h.v. P*V (of DN) de categorie.
- ▶ 8) Kies de meest geschikte module in de categorie.

tabel 14.2 Overzicht van de tabellen voor de overeenstemmingsbeoordeling (zie richtlijn drukapparatuur)

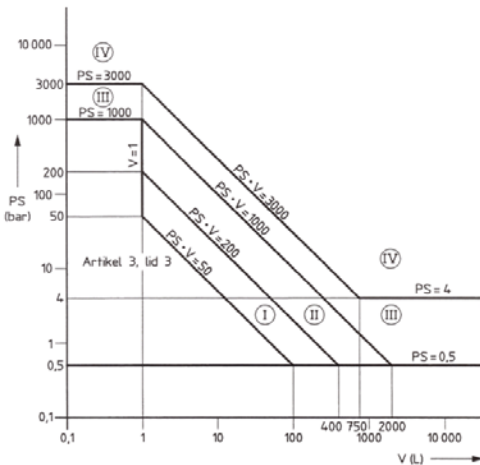
Drukvaten, gassen / Groep 1	tabel 1
Drukvaten, gassen / Groep 2	tabel 2
Drukvaten, vloeistoffen / Groep 1	tabel 3
Drukvaten, vloeistoffen / Groep 2	tabel 4
Brandstofgestookte apparatuur	tabel 5
Installatieleidingen, gassen / Groep 1	tabel 6
Installatieleidingen, gassen / Groep 2	tabel 7
Installatieleidingen, vloeistoffen / Groep 1	tabel 8
Installatieleidingen, vloeistoffen / Groep 2	tabel 9

tabel 14.1 Overzicht modules A t/m H/H1

A. (Interne fabricagecontrole)	B. (type keuring)				G. (Eenheidskeuring)	H/H1 (Volledige QA) ISO 9001
Fabrikant: houdt technische documentatie ter beschikking van de nationale autoriteiten	Fabrikant: legt de bevoegde instantie het volgende voor: ▶ technische documentatie ▶ type omschrijving				Fabrikant: voorziet in technische documentatie	Fabrikant: ▶ gebruikt goedgekeurd QA-systeem voor ontwerp.
Bevoegde instantie: Steekproeven van de bevoegde instantie	De bevoegde instantie: ▶ stelt overeenkomst met essentiële eisen vast ▶ voert proeven uit (indien noodzakelijk) ▶ geeft verklaring van EC type-onderzoek af					Bevoegde inst.: ▶ oefent toezicht uit op het QA-systeem ▶ controleert overeenstemming van het ontwerp ▶ geeft een EC ontwerp certificaat uit.
	C. (verklaring van type-overeenkomst)	D. (Productie QA) ISO 9002	E. (Product QA) ISO 9003	F. (Productiekeuring)		
Fabrikant: ▶ verklaart overeenkomst met fundamentele eisen ▶ brengt het CE-merk aan	Fabrikant: ▶ verklaart overeenkomst met goedgekeurd type ▶ brengt het CE-merk aan	Fabrikant: ▶ past goedgekeurd kwaliteitssysteem voor productie en keuring toe ▶ verklaart overeenstemming met goedgekeurd type ▶ brengt het CE-merk aan	Fabrikant: ▶ past goedgekeurd kwaliteitssysteem voor inspectie en keuring toe ▶ verklaart overeenstemming met een goedgekeurd type c.q. fundamentele eisen ▶ brengt het CE-merk aan	Fabrikant: ▶ verzekert overeenstemming met goedgekeurd type of met fundamentele eisen	Fabrikant: ▶ legt het product voor	Fabrikant: ▶ past goedgekeurd kwaliteitssysteem voor productie en keuring toe ▶ verklaart overeenkomst met eisen ▶ brengt het CE-merk aan
Bevoegde instantie: ▶ test specifieke aspecten van het product ▶ test product op willekeurige tijdstippen	Bevoegde instantie: ▶ test specifieke aspecten van het product ▶ test product op willekeurige tijdstippen	Bevoegde instantie: ▶ keurt het kwaliteitssysteem goed ▶ bewaakt het kwaliteitssysteem	Bevoegde instantie: ▶ keurt het kwaliteitssysteem goed ▶ bewaakt het kwaliteitssysteem	Bevoegde instantie: ▶ controleert overeenstemming ▶ geeft een certificaat van overeenstemming af ▶ brengt het CE-merk aan	Bevoegde instantie: ▶ verifieert overeenstemming met fundamentele eisen ▶ geeft certificaat van overeenstemming af ▶ brengt het CE-merk aan	Bevoegde instantie: ▶ bewaakt het kwaliteitssysteem
gedurende het ontwerp			gedurende de productie			
Opmerking: H heeft betrekking op categorie 3 en H1 op categorie 4 van de conformiteitsbeoordeling (zie figuur 14.1) H1 is een afgeleide van H en vereist naast de zaken die in H worden aangegeven aanvullend een ontwerpbeoordeling door de Nobo en steekproefsgewijs eindafnames door de Nobo.						



figuur 14.1 Overeenstemmingsbeoordeling (OSB) procedure voor drukapparatuur



figuur 14.2 Overeenstemmingsbeoordeling (OSB) procedure voor drukapparatuur (voorbeeld drukvaten groep 2, tabel 2)

overeenstemmingsbeoordelings-procedure

ONTWERP	A1	A1 II	D1 II	E1 II	B Typeond. NoBo	B1 Ontwpp Ond. NoBo	G IV	H III	H1 IV
FABRICAGE			NoBo (audit)		C1 III	D IV III	NoBo/UI		+ NoBo (9001)
EC		NoBo/UI	9001 (met uitzonderingen)	NoBo 9001 (met uitzonderingen)	NoBo/UI	NoBo 9001 (met uitzonderingen)	NoBo/UI	NoBo (9001)	+

figuur 14.3 Overeenstemmingsbeoordelings-procedure

14.3 **Welke keuringsinstanties zijn er nu betrokken bij de overeenstemmingsbeoordeling (OSB) en welke eisen worden er voor deze instanties gesteld**

In veel gevallen maken de modules tussenkomst van een bevoegde instantie mogelijk teneinde op onafhankelijke wijze de kwaliteit te bewaken. Het is natuurlijk in het belang van de Gemeenschap dat competente instanties deze service kunnen bieden. De regeringen binnen iedere lidstaat hebben de verantwoordelijkheid om bevoegde instanties aan te wijzen. De EN 45000-serie normen geeft het basisniveau aan voor inspectie en certificatie.

Bevoegde instanties zijn derhalve organisaties die aan de Commissie door de lidstaten zijn voorgesteld als geautoriseerd om inspecties en testen uit te voeren, zoals die vereist zijn in de Richtlijnen. Zij kunnen eveneens worden goedgekeurd voor het certificeren van kwaliteitssystemen van de fabrikant, hoewel dit ook door een ander bevoegde instantie kan worden uitgevoerd. Zij zelf worden goedgekeurd door een accreditatie lichaam (in Nederland: Raad voor Accreditatie), geautoriseerd om bevoegde instanties goed te keuren.

Bestrijkt een bevoegde instantie het gehele "leven" van een product van tekentafel tot het verschromen, de drukvatrichtlijn (Pressure Equipment Directive, PED) staat toe dat er twee kleine segmenten uit dat totaal mogen worden genomen, t.w. het segment van het niet-destructief onderzoek en het segment "lassen". Op deze twee vakgebieden wordt een afzonderlijke diepgaande deskundigheid verondersteld bij de uitvoerenden. Is een bevoegde instantie niet in staat dit in te vullen, dan kan de assistentie van een Erkende Onafhankelijke instelling (EO) worden ingeroepen. Het bestaan van een dergelijke structuur maakt het tevens mogelijk dat lassers en lasmethoden ("permanente bevestigingsmethoden") onafhankelijk door daartoe geaccrediteerde deskundigen (EO) worden beoordeeld. Het is vervolgens aan de bevoegde instantie om de aldus beoordeelde mensen en procedures op specifieke componenten of lasnaden toe te staan. Daarnaast hebben diverse gebruikers een eigen onafhankelijke inspectiedienst die in categorie 4 module G mogen opereren (zie figuur 14.3).

Er zijn dus drie soorten keuringsinstanties bij de nieuwbouw volgens PED betrokken, te weten:

- ▶ de Notified Body of NoBo;
- ▶ de User Inspectoraat of UI;
- ▶ de Erkende Organisatie (EO).

Vanzelfsprekend worden aan deze organisaties eisen gesteld. Zo moeten de NoBo en de EO voldoen aan de volgende zaken:

- ▶ onpartijdig zijn;
- ▶ integer en vakbekwaam;
- ▶ de instantie moet deskundig en ervaren personeel hebben dat bovendien onafhankelijk kan opereren en een geheimhoudingsplicht heeft;
- ▶ de organisatie moet WA verzekerd zijn;
- ▶ de NoBo-organisatie moet gekwalificeerd zijn volgens EN 45004/45012 en de EO volgens EN 17024.

Voor de UI gelden de volgende eisen:

- ▶ de UI moet identificeerbaar zijn;
- ▶ onpartijdig en onafhankelijk;
- ▶ de UI is niet verantwoordelijk voor ontwerp, levering, installatie en onderhoud;
- ▶ de UI moet voldoende kennis en middelen hebben;
- ▶ de UI moet WA verzekerd zijn en een geheimhoudingsplicht hebben;
- ▶ de UI moet gekwalificeerd zijn volgens EN 45004.

14.4 **PED QA-systeem module H/H1**

De PED geeft de mogelijkheid om een QA-systeem in te zetten om de overeenstemming met de PED aan te tonen. Voor de toepassing van module H en H1 is het noodzakelijk

dat het kwaliteitssysteem het ontwerp, fabricage en eindcontrole dekt. De eisen staan verwoord in PED; bijlage III; module H; §3.2. Derhalve dient het bestaande kwaliteitssysteem te worden aangevuld met procedures die conformiteit met de essentiële veiligheidseisen waarborgen. Deze conformiteit wordt door een NoBo getoetst. Als basis is een "ISO 9001 omgeving" vereist, echter, de PED schrijft deze niet expliciet voor.

Het kwaliteitssysteem zal dus moeten worden uitgebreid en worden gecertificeerd volgens het PED kwaliteitssysteem om module H/H1 toe te passen.

De formulering in de richtlijn (bijl. III, module H, §3.2) is van dien aard dat alle desbetreffende elementen van de ISO 9001 van toepassing zijn, tenzij ze door de fabrikant eenduidig zijn uitgesloten.

Referentie PED - H/H1 ↔ ISO 9001

In tabel 14.3 zijn de aandachtspunten weergegeven uit de PED. Op basis van de "ISO 9001 omgeving" zijn er vanuit de richtlijn een aantal specifieke eisen gesteld. Deze zijn hierna weergegeven, waarbij de referentie naar de diverse paragrafen uit de ISO 9001 is aangegeven.

Aanvullingen op een ISO 9001 kwaliteitssysteem

In deze paragraaf zijn de vereiste aanvullingen op een ISO 9001 kwaliteitssysteem, voortkomend uit de eisen van de PED, t.b.v. het PED kwaliteitssysteem in module H en H1 weergegeven. Het betreft een checklist, waaruit tevens de reeds geïmplementeerde items blijken, zodat duidelijk wordt waar het kwaliteitssysteem moet worden aangevuld.

- ▶ Gezien de specifieke verantwoordelijkheid in het kader van de Richtlijn Drukapparatuur dient dit in de beleidsverklaring tot uiting te komen.
- ▶ De verantwoordelijkheden en bevoegdheden van de bedrijfsleiding m.b.t. het ontwerp en de kwaliteit van de drukapparatuur liggen vast.
- ▶ Bij de contractbeoordeling vindt al een eerste globale beoordeling plaats van de gevaren (gevaar/risicoanalyse).
- ▶ Er dient een procedure te zijn om te controleren of de PED van toepassing is; het bepalen van de stofgroep; de categorie en de daarmee samenhangende module(s).
- ▶ De te hanteren methoden voor het uitvoeren van een gevaar/risicoanalyse dient beschreven te zijn. Daarbij dient de verantwoordelijkheid van het van toepassing verklaren c.q. uitsluiten van bepaalde gevaren (essentiële eisen) eenduidig vastgelegd te zijn.
- ▶ Het geheel van inspecties ligt vast in kwaliteitsplannen c.q. inspectieplannen, met vermelding van de specificaties en acceptatiecriteria. De inspecties dienen in lijn te zijn met verplichte elementen als vermeld in de PED (eindcontrole volgens par. 3.2). Via de eis dat de rapportage bij de eindcontrole dient aan te tonen dat aan de eisen van de Richtlijn wordt voldaan, worden deze aspecten onderdeel van de Technische Documentatie.
- ▶ Er wordt gebruik gemaakt van technische ontwerpsspecificaties.
- ▶ Waar niet van geharmoniseerde normen wordt gebruik gemaakt, is er een beschrijving en onderbouwing van de andere aangewende middelen en methoden om conformiteit met de eisen van de PED aan te tonen. Hiermee dienen de kwalificaties van het personeel dat hierbij betrokken is in beschouwing genomen te zijn.
- ▶ Er is een beschrijving van de controle- en keuringstechnieken voor het ontwerp. Met name zal hierbij worden gelet op de materiaalkeuze in relatie met de gebruikscondities, vervormen ervan tijdens fabricage en het verbinden van de materialen onderling.
- ▶ Materialen dienen toegepast te worden op basis van: geharmoniseerde normen, Europese materiaalgoedkeuring of aparte materiaalbeoordeling.
- ▶ Aparte materiaalbeoordeling in cat. III en IV dient door de notified body die het ontwerp beoordeeld te worden uitgevoerd.
- ▶ Waar van toepassing dient er een beschrijving te zijn van de wijze waarop de beveiliging van de drukapparatuur wordt uitgevoerd. Tevens dient daar bij de eventuele CE-markering van appendages te worden beschouwd.

tabel 14.3 Aandachtspunten uit de PED (Richtlijn: Module H + H1)

PED	§	Omschrijving	Element uit ISO 9001
	1	Op ieder drukapparaat dient de CE-markering aangebracht te worden, samen met het identificatienummer van de aangemelde instantie die belast is met het toezicht op de fabrikant m.b.t. zijn verplichtingen die voortvloeien uit het goedgekeurde kwaliteitssysteem.	
	3.2	Er is een beschrijving van de kwaliteitsdoelstellingen.	4.1
	3.2	Er is een organogram opgenomen in het kwaliteitssysteem.	4.1.2
	3.2	De verantwoordelijkheden en bevoegdheden van de bedrijfsleiding m.b.t. het ontwerp en de kwaliteit van de drukapparatuur ligt vast.	4.1.2.1
	3.2	De documentatie bevat de technische ontwerpspecificaties, inclusief de geharmoniseerde normen. Indien niet volledig van geharm. Normen gebruik wordt gemaakt, de middelen die worden gebruikt om te waarborgen dat aan de essentiële veiligheidseisen wordt voldaan.	4.4 4.5
	3.2	Er is een beschrijving van de controle- en keuringstechnieken voor het ontwerp.	4.4
	3.2	Er is voorzien in een beschrijving van de fabricageprocédés.	4.9
	3.2	Er is voorzien in kwaliteits-, beheersings- en borgingstechnieken, alsmede de in dat verband systematisch toe te passen technieken en maatregelen.	4.1.2.2; 4.6; 4.8; 4.9; 4.10; 4.11
	3.2	Het kwaliteitssysteem bevat een beschrijving van de onderzoeken en proeven die vóór, tijdens en na de fabricage worden verricht en de frequentie waarmee dit zal gebeuren.	4.2.3
	3.2	Het kwaliteitssysteem dient een beschrijving te bevatten van de kwaliteitsrapporten.	4.10; 4.11; 4.16
	3.2	Het kwaliteitssysteem bevat een beschrijving van de middelen om controle uit te oefenen op het bereiken van de vereiste ontwerp- en drukapparatuurkwaliteit.	4.6; 4.7; 4.8; 4.9; 4.10; 4.11; 4.12; 4.13; 4.14; 4.18
		Het kwaliteitssysteem bevat een beschrijving van de middelen om controle uit te oefenen op de doeltreffende werking van het kwaliteitssysteem.	4.1.3; 4.15; 4.17
	3.2	Het kwaliteitssysteem dient te waarborgen dat de drukapparatuur in overeenstemming is met de Richtlijn Drukapparatuur. a) Alle toegepaste beginselen, eisen en bepalingen dienen systematisch en ordelijk te zijn vastgelegd in een documentatie van schriftelijk vastgelegde maatregelen, procedures en instructies. b) Deze documentatie dient te zorgen dat de kwaliteitsprogramma's, -plannen, -handleidingen en -rapporten door iedereen op dezelfde wijze worden geïnterpreteerd.	4.2; 4.5; 4.2.2; 4.2.3; 4.3; 4.10.5; 4.11; 4.20
	3.3	De aangemelde instantie beoordeelt of het kwaliteitssysteem voldoet aan de in punt 3.2 genoemde eisen. De elementen die in overeenstemming zijn met de ISO 9001:1994, worden geacht in overeenstemming te zijn met de dienovereenkomstige eisen, bedoeld in punt 3.2.	
	3.4	De fabrikant verbindt zich ertoe de verplichtingen die voortvloeien uit het goedgekeurde kwaliteitssysteem na te komen en te zorgen dat het passend en doeltreffend blijft.	4.1.1
	3.4	De fabrikant stelt de aangemelde instantie die het kwaliteitssysteem heeft goedgekeurd op de hoogte van de wijzigingen.	
PED, art.3; 1.5		Controle op apparaten in cat. III en IV, vallend onder artikel 3; punt 1.1.a); punt 1.1.b) eerste streepje; punt 1.2.	
PED, art.3; 1.6		Bijwonen van de beproeving eenmalig geproduceerde vaten en apparatuur van categorie III, geproduceerd in module H, als bedoeld in art.3, punt 1.2.	

- ▶ Er dienen procedures te zijn, waarmee zeker gesteld wordt dat toeleveranciers ook aan de eisen van de PED voldoen.
 - ▶ In categorie II, III en IV dient de goedkeuring van lasmethoden en lasserskwalificaties door een vakkundige derde partij plaats te vinden.
 - ▶ Het personeel belast met de inspectie van de drukapparatuur dient daartoe gekwalificeerd te zijn (minimaal interne opleidingseisen aanwezig).
 - ▶ Materialen dienen geïdentificeerd en traceerbaar te zijn. In de cat. II, III en IV heeft het materiaalattest betrekking op de productvorm.
 - ▶ De materiaalattestsoort dient minimaal in overeenstemming te zijn met de toegepaste code. Waar dit toegelaten is, kan par. 4.3 van PED, bijlage 1 worden toegepast.
 - ▶ Personeel voor het uitvoeren van NDO dient gekwalificeerd te zijn. In cat. III en IV door een vakkundige derde partij.
 - ▶ Het bepalen van de aard en omvang van het NDO dient uit de documentatie af te leiden te zijn. Hier dient een eenmaal gekozen code of norm voor het ontwerp consequent te worden toegepast voor de bepaling van het NDO.
 - ▶ Inspectie- en testrapporten dienen te worden bewaard. Met name de Verklaringen van EG-ontwerponderzoek. Tevens de bezoekerapporten van notified bodies. De bewaartermijn dient minimaal 10 jaar te zijn.
 - ▶ Er dient een procedure te zijn voor de te nemen maatregelen in het geval van reeds geleverde producten met afwijkingen.
 - ▶ Bij de keuze van de notified body wordt zeker gesteld dat deze bevoegd is op het vereiste werkveld.
 - ▶ Er ligt eenduidig vast, welke partij (fabrikant c.q. zijn gemachtigde) wijzigingen in het kwaliteitssysteem, fabricagemethoden, directe en indirecte processen, technieken, enz. aan de notified body kenbaar maakt.
 - ▶ Voor apparatuur in cat. III en IV, vallend onder art. 3, punt 1.1.a); 1.1.b) eerste streepje en punt 1.2 dient een productieplanning te worden ingediend bij de notified body.
 - ▶ Er dient voorzien te worden in een procedure die voorziet in het laten bijwonen van de beproeving door een notified body in het geval van eenmalig geproduceerde vaten en apparatuur in cat. III, als bedoeld in art. 3, punt 1.2.
- Extra voor module H1:
- ▶ Inschakelen notified body voor het beoordelen van het ontwerp en het informeren van de notified body omtrent het productieschema, teneinde toezicht op de eindcontrole mogelijk te maken.

Hoofdstuk 15

Europese norm voor de fabricage van brandstofgestookte of anderszins onder-vuurde en verwarmde drukapparatuur

15.1 *Introductie*

Een mogelijke definitie van een drukvat is "omhulsel met zijn directe aansluitingen aan andere apparatuur, ontworpen en gebouwd om vloeistoffen, damp en/of gas onder druk te bevatten". In de loop van de jaren zijn er vele normen ontwikkeld voor het ontwerp, fabricage en beproeving van drukvaten, voornamelijk bedoeld om de gevaren in te schatten in het geval van mogelijk bezwijken van het drukvat. Als gevolg hiervan hebben in het verleden alle Europese landen hun eigen regels vastgesteld, rekening houdend met zowel de technische condities (vrijwel gelijk in ieder land) en de nationale industriële klanten.

Na het tot stand komen van de Europese markten en de bijbehorende harmonisatie van nationale normen teneinde technische en commerciële handelsbelemmeringen te voorkomen, is de Europese Richtlijn 97/23/CE voor drukvaten: "Pressure Equipment Directive" (PED) ontwikkeld, van toepassing op alle drukhoudende apparatuur met een inwendige of uitwendige overdruk hoger dan 0,5 bar.

De toepassing van deze richtlijn leidt tot afstemming en opstellen van normen, in het werkgebied van de richtlijn, als ondersteuning van de essentiële eisen en om conformiteit aan te tonen.

Binnen dit kader heeft de werkgroep CEN TC 54 "Unfired pressure vessels" de norm EN 13445 ontwikkeld, geharmoniseerd met de 97/23/CE richtlijn geldig voor drukvaten met een maximaal toelaatbare overdruk groter dan 0,5 bar en met maximaal toelaatbare temperaturen waarbij kruip-effecten nog niet optreden, d.w.z. voor maximaal toelaatbare temperaturen waarbij de rekgrens bij berekeningstemperatuur die van de kruipgrens bij 100.000 uur benadert.¹⁾

Deze Europese norm is niet geldig voor de volgende soorten drukvaten:

- ▶ Apparatuur waarbij ontwerp op sterkte, stijfheid en stabiliteit belangrijker is dan op druk;
- ▶ Drukapparatuur met flexibele buitenwand;
- ▶ Apparatuur dat valt onder ADR en RID (transport over de weg/spoor);
- ▶ Apparatuur voor de voortstuwing van schepen en daarop geïnstalleerd;
- ▶ Transportleidingen buiten de installatie;
- ▶ Drukvaten van eenvoudige vorm;
- ▶ Apparatuur cat. I, maar gevaar voor druk voldoende afgedekt door de volgende richtlijnen: Machine, Laagspanning, Liften, Gastoestellen.

De norm bestaat uit 6 delen en een technisch rapport, waarvan in de volgende paragrafen een korte samenvatting zal worden gegeven.

15.2 *EN 13445 - 1: Algemene regels*

Dit deel geeft de basisprincipes aan waarop de norm is gefundeerd.

De fabrikant wordt gevraagd te verklaren dat de technische ontwerpsspecificatie in overeenstemming is met de eisen van deze norm.

Onvoorziene omstandigheden kunnen optreden die aanpassing van het ontwerp en/of de fabricage-eisen vragen. Deze dienen op dezelfde wijze te worden beoordeeld als het originele ontwerp.

15.3 *EN 13445 - 2: Materialen*

Dit deel behandelt de algemene filosofie met betrekking tot materialen, materiaalgroepsindeling en laag temperatuur gedrag van materialen in relatie tot kamertemperatuur gedrag, zodoende de algemene eisen vervullen voor het bereik van de vereiste technische levering. Het is beperkt tot staal met voldoende taaiheid en sluit belasting in het kruipgebied uit.

Verder bevat dit deel bijlagen, welke meer details geven gerelateerd aan:

- ▶ materiaalgroepering systeem, (volgens ISO TR 15608) met een lijst van alle acceptabel materiaal specificaties, gebaseerd op de Europese materiaalnormen;
- ▶ informatie met betrekking tot de eisen ter voorkoming van brosse breuk in het basismateriaal en de lasverbinding (twee methoden gebaseerd op een praktijkrichtlijn ontwikkeld op basis van breukmechanica zijn bijgevoegd);
- ▶ informatie met betrekking tot de technische leveringsvoorwaarden van geplateerde producten;
- ▶ toezicht op normen voor Europese basismaterialen en componenten en de bijbehorende systematische naamgeving.

15.4 *EN 13445 - 3: Ontwerp*

Dit deel van de norm geeft de regels aan voor ontwerpen en berekenen onder interne of externe druk (indien van toepassing) van drukdragende delen van drukvaten, zoals bodems, in diverse vormen, vlakke wanden, flenzen, pijpplaten, inclusief gatversterking van openingen. Ook worden er regels gegeven voor onderdelen met plaatselijke belasting en belasting anders dan door druk.

Voor al deze componenten zijn er drie verschillende benaderingen toegestaan:

- ▶ Ontwerp op basis van formules (DBF), waarbij toepasselijke formules worden gegeven om spanningen vast te stellen die begrensd moeten zijn op veilige waarden. Deze formules zijn in het algemeen bedoeld voor hoofdzakelijk niet cyclische belasting, d.w.z. het aantal wisselingen naar volle druk komt niet boven de 500;
- ▶ Ontwerp door analyse (DBA), deze techniek kan worden gebruikt om ofwel componenten of belastingsgevallen te evalueren, waarin de DBF methode niet voorziet, of meer algemeen als een alternatief voor DBF.
- ▶ Ontwerp op basis van formules (DBF), gebaseerd op een beperkte analyse voor bepaalde componenten (zoals flenzen en pijpplaten).

Er worden ook methoden gegeven wanneer vermoeiingsanalyse vereist is en wanneer het aantal belastingen groter is dan 500. Er zijn twee alternatieve methoden:

- ▶ een eenvoudige methode gebaseerd op DBF (alleen geldig voor drukvariaties);
- ▶ een verfijnde methode gebaseerd op de gedetailleerde bepaling van de totale spanningen met behulp van bijvoorbeeld eindige elementen methoden, of experimentele methoden, te gebruiken als er andere belastingen dan druk in het geding zijn.

Deel 3 beperkt zich tot op heden tot componenten van staal, gebruikt bij temperaturen onder de kruipgrens van het toegepaste materiaal.

15.5 *EN 13445 - 4: Fabricage*

De filosofie van deel 4 is gebaseerd op bestaande praktijk van de huidige Europese normen, die fabricage-eisen relateren aan de fabricage van brandstofgestookte of anderszins verwarmde drukvaten en onderdelen daarvan, gemaakt van staal, inclusief de verbinding hiervan aan niet drukdragende delen. In de Europese Richtlijnen worden eisen gesteld aan de materiaal naspeurbaarheid, fabricage toleranties, lastechnische eisen, productieproeven, omvorming,

1) In het geval van ferritisch staal ligt de limiet bij ongeveer 380 °C

warmtebehandeling, reparatie en eindbewerkingen. Deel 4 is niet van toepassing voor drukvaten en drukdelen van het lamellaire type. Hiervoor zijn aparte eisen met betrekking tot fabricage vastgelegd in EN 13445-6.

15.5.1 *Specifieke eisen aan de fabrikant*

Conform de norm dient door de fabrikant aan de volgende eisen te worden voldaan:

- ▶ de fabrikant dient de organisatie (met bijbehorende verantwoordelijkheden) vast te leggen voor de controle van fabricageprocessen, inclusief speciale processen als lassen, omvormen en warmtebehandelen;
- ▶ de fabricageprocessen zoals lassen, omvormen en warmtebehandeling dienen geschikt te zijn voor het doel en het drukvat moet voldoen aan de eisen van EN 13445-4;
- ▶ de gebruikte machines en gereedschappen dienen geschikt te zijn voor de fabricage;
- ▶ de stafafdeling dient toereikend te zijn voor de toegewezen taken, in het bijzonder wat lascoördinatie betreft, de kwalificaties, taken en bevoegdheden kunnen door de fabrikant worden vastgesteld conform ISO 14731/EN 719 in de functieomschrijving;
- ▶ de kwaliteitseisen voor het lassen, zoals die omschreven zijn in ISO 3834-3:1994, gelden als een minimum;
- ▶ materiaal naspeurbaarheid naar de oorspronkelijke identificatiekenmerken moet door geschikte methode worden gegarandeerd;
- ▶ de lot/batch nummers van lastoevoegmaterialen moeten worden vastgelegd

15.5.2 *Eisen voor toelevering*

Wanneer lassen, omvorming, warmtebehandeling of niet-destructief onderzoek wordt uitgevoerd door een toeleverancier, moet aan de volgende eisen worden voldaan:

- ▶ de toeleverancier zal informatie verstrekken betreffende zijn mogelijkheden op het technisch vlak middels een daarvoor geschikte brochure of procedures;
- ▶ de fabrikant zal de toeleverancier degelijk (blijven) beoordelen, opdat de toeleverancier voldoet aan de eisen van dit deel en ISO 3834 - 3;
- ▶ op lasgebied zal de opdrachtgever (fabrikant) kopieën krijgen van de lasprocedures en de kwalificaties van de lasser en de lasmachinebedieners, of er anders voor zorg dragen dat de toeleverancier voldoet aan dit deel van de norm.

15.5.3 *Specifieke eisen voor lasactiviteiten*

Aanvullend aan wat gesteld is in ISO 3834-3, zal het lassen aan een component van een drukvat alleen worden uitgevoerd als aan de volgende voorwaarden is voldaan:

- ▶ voor ieder type las heeft de fabrikant een WPS beschikbaar;
- ▶ de lasprocedures zoals die geselecteerd zijn door de fabrikant zijn gekwalificeerd voor de toepassing;
- ▶ de lassers en operateurs zijn gekwalificeerd voor het door hen uit voeren laswerk en de certificaten zijn nog niet verlopen;
- ▶ van iedere lasnaad dient schriftelijk te worden vastgelegd wie deze heeft gelast.

Het type las en het ontwerp van het lasdetail zal worden gekozen op basis van:

- ▶ de wijze van fabricage;
- ▶ de gebruiksomstandigheden (bijv. corrosie gevaar);
- ▶ de mogelijkheid NDO uit te voeren zoals vereist conform EN 13445-5.

Voor de goedkeuring van lasprocedures zijn alleen lasmethodebeproeving en pre-productie testen toegestaan. Specifieke eisen en acceptatiecriteria voor de beproevingen worden aanvullend gesteld in ISO 15614. Dit is ook vereist in het geval van reparatielassen.

In het geval van laswerk dat direct aan het drukvat wordt gelast (steunringen, steunplaten van supports) mogen las-

procedures gebaseerd op eerder opgedane ervaring en/of standaard procedures voor het booglassen worden toegepast. Wanneer lassers worden ingezet die niet in dienst zijn bij de fabrikant, dienen ze direct onder de lastechnische borging te vallen en moeten de lastechnische regels van de fabrikant worden gevolgd.

Verder worden er eisen gesteld m.b.t. lastoevoegmateriaal, methoden van lasnaadvoorbereiding, aanbrengen van supports, verstijvingen en voorwarmen.

15.5.4 *Aanvullende eisen*

Dit deel van de norm beschrijft aanvullende eisen betreffende:

- ▶ materialen;
- ▶ fabricage toleranties;
- ▶ productieproefplaten;
- ▶ omvormen van drukhoudende delen;
- ▶ warmtebehandeling na het lassen (PWHT);
- ▶ reparatie;
- ▶ eindbewerkingen.

15.6 *EN 13445 - 5: Keuring en inspectie*

Dit deel betreft alle keuring en inspectieactiviteiten die deel uitmaken van de verificatie van het drukvat in overeenstemming met de norm, inclusief ontwerpbeoordeling door de fabrikant en onderbouwende technische documentatie. Diverse inspectieactiviteiten worden beschreven, aanvullend aan NDO, zoals documentbeheersing, materiaal naspeurbaarheid, lasnaadvoorbewerking en lassen.

De eisen voor keuring zijn voornamelijk gebaseerd op individueel ontworpen drukvaten. Er worden echter ook procedures aangegeven voor seriematig gefabriceerde drukvaten. De mate van keuring wordt vastgesteld aan de hand van de drukvat testgroep. Op basis hiervan wordt de wijze en mate van NDO vastgesteld, evenals de lasnaadcoëfficiënt in het ontwerp. Er zijn 4 testgroepen, die ontworpen zijn om dezelfde mate van veiligheid te bieden, door een combinatie van diverse factoren.

Testgroepen houden rekening met de moeilijkheidsgraad van fabriceren m.b.t. de diverse staalsoorten, de maximaal toelaatbare dikte, de lasprocessen, de bedrijfstemperaturen en de dikte door de lasnaadcoëfficiënt van de betreffende lasverbinding (bijv. een volledig doorgelaste stome las, dekt als gevolg van de lasnaadcoëfficiënt de totale materiaaldikte van de component). Tabel 15.1 geeft de testgroepen voor stalen drukvaten.

De testgroepen zijn genummerd met 1 t/m 4, waarbij het NDO steeds verder afneemt. De testgroepen 1, 2 en 3 zijn echter nog onderverdeeld in subgroepen 1a, 1b, 2a, 2b, 3a en 3b teneinde beter gedrag betreffende scheurgevoeligheid van eenvoudig lasbaar laag koolstofstaal en austenitisch RVS mee te nemen.

Testgroep 4 is alleen toepasbaar voor:

- ▶ Groep 2 vloeistoffen²⁾;
- ▶ $P_s \leq 20$ bar; en
- ▶ $P_s \leq 20\ 000$ bar \times L boven 100 °C; of
- ▶ $P_s \leq 50\ 000$ bar \times L indien de temperatuur gelijk is aan of lager dan 100 °C;
- ▶ een hogere testdruk;
- ▶ maximum aantal volle belasting cycli van 500;
- ▶ laag niveau van de nominale ontwerpspanning (conform EN 13445-3).

Er wordt meestal per drukvat 1 testgroep toegepast. Het is echter onder bepaalde condities mogelijk, dat een combinatie van testgroepen wordt toegestaan.

Tabel 15.1 geeft tevens de belangrijkste eisen aan in de testgroepen.

2) Volgens de richtlijn 97/23/Ce (PED), zijn groep 2 vloeistoffen ongevaarlijke vloeistoffen (d.w.z. niet explosief, niet extreem brandbaar of zeer brandbaar, niet giftig of zeer giftig, niet oxiderend).

tabel 15.1 Testgroepen en de belangrijkste eisen

vereisten	test groep and subgroep						
	1 a	1 b	2 a	2 b	3 a	3 b	4
toegestane materialen (ISO TR 15608)	1 tot 10	1.1, 1.2, 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 9.3, 10	1.1, 1.2, 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 10	1.1, 1.2, 8.1	1.1, 8.1
mate van visuele inspectie	100% van wat mogelijk is						
mate van NDO voor drukdragende lassen	100%	100% op de eerste, 10% na voldoende resultaten			25%	10%	0%
NDO van andere lassen	een specifieke referentie tabel staat in de norm (tabel 6.6.2-1)						
naad coëfficiënt (te gebruiken tijdens ontwerp)	1	1			0,85		0,7
maximum dikte voor ieder materiaal	geen aanvullende eisen met betrekking tot het testen		gr. 9.1, 9.2: 30 mm gr. 9.3, 8.2 ¹⁾ , 10: 16 mm	gr. 1.1, 8.1: 50 mm gr. 1.2: 16 mm	geen aanvullende eisen met betrekking tot het testen		
lasproces	geen aanvullende eisen met betrekking tot het testen		volledig gemechaniseerd of automatisch lasprocessen		geen aanvullende eisen met betrekking tot het testen		
gebruikstemperatuurgebied	geen aanvullende eisen met betrekking tot het testen						gr. 1.1: -10 + 200 °C gr. 8.1: -50 + 500 °C

1) 30 mm voor groep 8.2 materiaal is toegestaan indien deltaferriet bevattend lastoevoegmateriaal worden gebruikt voor de vullagen, maar niet voor de sluitlaag

In termen van kwaliteitsniveaus van lasonvolkomenheden is de filosofie om de volgende acceptatie criteria te adopteren:

- ▶ vooral niet-dynamische belaste drukvaten: ISO 5817:2004 kwaliteitsniveau 'C'
- ▶ drukvaten wel cyclisch belast: ISO 5817:2004 kwaliteitsniveau 'B'

Hiervoor wordt de volgende informatie gegeven:

- ▶ indeling van drukvaten in gevarenklassen;
- ▶ beoordelingsprocedures voor het vaststellen van de conformiteit, in relatie tot de keuze van de meest geschikte procedure en de betrokkenheid van verantwoordelijke autoriteiten;
- ▶ het aansturen van uitbestede activiteiten.

15.7 **EN 13445 - 6: Specifieke eisen voor drukvaten en delen gemaakt van nodulair gietijzer**

Dit deel bepaalt dat de fabrikant een testfactor van 0,8 zal selecteren (alleen visuele inspectie) of 0,9 (NDO inspectie) indien aan gegoten drukvat of drukdeel is ontworpen voor drukken tot 50 bar en een maximum temperatuur van 300 °C. Met betrekking tot lassen zal er geen productielaswerk of reparatielassen worden uitgevoerd op nodulair gietijzeren producten.

Met betrekking tot ontwerp van componenten, wordt de DBF methode meestal gevolgd, met inachtneming van de juiste formules en de spanningen begrensd tot veilige waarden. Deze formules zijn in het algemeen bedoeld voor statische belastingen, wat wil zeggen, niet meer dan 200.000 belastingswisselingen in het geval van nodulair gietijzer. Keuring en inspectievereisten zijn hetzelfde als in deel 5, behalve aanvullende eisen voor gietwerk en beproevingsdruk. Het samenspel tussen goed ontwerp en goed vakmanschap is zo belangrijk, dat voor gegoten drukvaten speciale eise zijn vastgelegd in dit deel.

Annex A geeft informatie over het vaststellen van de barstdruk en het bepalen van de vereiste minimale wanddikte.

15.8 **CR 13445 - 7: Ondersteuning bij het toepassen van conformiteitsprocedures**

Dit technische rapport biedt ondersteuning voor de conformiteitsbeoordeling procedures voor niet ondervuurde drukvaten zoals gedefinieerd in Artikel 1, § 2.1.1 van de Drukvaatrichtlijn (PED).

De PED vereist dat alle drukvaten die in de scope van de PED vallen worden beoordeeld op conformiteit, zowel wat betreft ontwerp als fabricage. Hiervoor is een aantal "beoordelingsprocedures op overeenstemming" gegeven in Artikel 10 van de Richtlijn, in het bijzonder in Aanhang (Annex) III (zie hoofdstuk 19).

Hoofdstuk 16

Europese norm voor het fabriceren van industrieel leidingwerk van metaal

16.1 Introductie

In het kader van de Europese Richtlijn 97/23/CEE voor drukvaten PED, dient ook leidingwerk van metaal aan zekere veiligheidseisen te voldoen, met betrekking tot materiaal, ontwerp, berekening, fabricage, installatie, keuring en inspectie.

Deze veiligheidseisen zijn afhankelijk van de "gevarenklasse", gebaseerd op het type vloeistof of gas, (onderverdeeld in gevaarlijk en niet gevaarlijk), in combinatie met het inwendige volume (in dit geval de pijpdiameter) en/of de maximaal toelaatbare druk (PS) van de leiding.

Dit heeft geleid tot de ontwikkeling van de norm EN 13480:2002 "Industrieel leidingwerk van metaal", voorbereid door Technische Commissie CEN/TC 267 "Industrieel leidingwerk en pijpleidingen", als een specifieke norm geharmoniseerd aan de Europese richtlijn.

Deze norm geldt voor metalen leidingen boven de grond, al dan niet met grond bedekt, onafhankelijk van de druk, maar geldt niet voor:

- ▶ pijpleidingen en de bijbehorende appendages;
- ▶ stromend water geleidingsystemen zoals spuileidingen, druk houdende tunnels, aanvoergangen voor hydro-elektrische installaties en de bijbehorende appendages;
- ▶ permanent gemonteerd leidingen voor schepen, raketten, vliegtuigen en mobiele offshore units;
- ▶ onderdelen, speciaal ontworpen voor nucleaire toepassing, waarbij falen kan leiden tot het vrijkomen van radioactiviteit;
- ▶ broncontrole apparatuur gebruikt in de olie, gas of geothermische ontdekking en winning industrie en de ondergrondse opslag, waarbij de bronndruk wordt beheerst c.q. toegelaten, inclusief de bijbehorende leidingwerken;
- ▶ leidingwerk voor injectie fornuizen, inclusief de fornuiskoeling, heet gas warmteterugwinners, stofreinigers en injectiefornuisuitlaatgaswassers, en directe reductie ovens, inclusief fornuiskoeling, gasconvertors en vacuüm;
- ▶ ovens en houders voor het smelten, hersmelten, ontgasen en gieten van staal en niet-ijzer metalen;
- ▶ behuizingen voor hoogspanningsapparatuur, zoals schakelunits, regelunits en transformatoren;
- ▶ leidingen onder druk voor het omvatten van transmissie systemen, zoals elektriciteits- en telefoonkabels;
- ▶ inwendige leidingen voor ketels en leidingen direct behorend bij drukvaten.

Deze norm is onderverdeeld in 6 delen; deel 1 is een algemene introductie van de standaard en de andere delen stellen specifieke eisen vast, waarbij een overzicht wordt gegeven in de volgende paragrafen.

16.2 EN 13480-2: Materialen

Dit deel specificeert de vereisten voor materialen (inclusief geplaatsteerd materiaal) voor industrieel leidingwerk en supports (niet gebruikt bij temperaturen in het kruipgebied), betreffende de keuze, keuring, inspectie en markeren van metalen materialen.

Alle materialen dienen voldoende taaiheid te bezitten, waarbij specifieke waarden voor de breukrek moeten worden aangegeven (bijvoorbeeld 16% in de langsrichting en 14% in de dwarsrichting).

Er zijn drie verschillende manieren voor de evaluatie van de kerftaaiheidseigenschappen, gebaseerd op de volgende benaderingen:

- ▶ technische eisen zijn ontwikkeld vanuit operationele ervaring en bruikbaar voor alle materialen, echter gelimiteerd tot een zekere wanddikte, tot waar de ervaring reikt;

- ▶ technische eisen zijn ontwikkeld vanuit de breukmechanica en vanuit operationele ervaring (alleen toepasbaar voor C, C-Mn en laag gelegeerd ferritisch staal met een gespecificeerde minimale rekgrens van ten hoogste 460 N/mm²);
- ▶ technische eisen zijn afgeleid van de toepassing van breukmechanische analyse (als enige) en alleen gebruikt na overeenstemming met alle betrokken partijen.

Maximum waarden voor de koolstof, zwavel en silicium gehalten worden aangegeven, afhankelijk van het betreffende materiaal (zie tabel 16.1).

tabel 16.1 Maximum gehalte van enige element in staal

materiaal	maximum gehalte van de analyse van de gieting		
	%C	%S	%P
Staal	0,23	0,025	0,035
Ferritisch Roestvast Staal	0,08	0,015	0,040
Martensitisch Roestvast Staal	0,06	0,015	0,040
Austenitisch Roestvast Staal	0,08	0,015	0,045
Austenitisch Roestvast Staal	0,10	0,015	0,035
Austenitisch-Ferritisch Roestvast Staal	0,030	0,015	0,035

Speciale aanwijzingen worden ook gegeven met betrekking tot lammellar tearing, ontwerptemperaturen boven 20 °C, voorkomen van brosse breuk, verbindingsmiddelen, alsmede inwendig beklede leidingen.

Het markeren van producten of afleverunits dient voor herleidbaarheid tussen het geleverde product of unit en het keuringsdocument. Voor Europees gestandaardiseerde materialen, dient het markeren te voldoen aan de eisen van de relevante norm; voor materialen die niet vallen binnen een Europese norm dient de markering ten minste te bevatten:

- ▶ de materiaalspecificatie (referentie, materiaal aanduiding);
- ▶ de naam van de fabrikant of zijn beeldmerk;
- ▶ het stempel van de keuringsvertegenwoordiger, indien van toepassing.

Voor materiaal dat geleverd wordt met een bepaalde keuring, dient de markering een identificatie te bevatten, waarmee de relatie duidelijk is tussen het geleverde product of leverunit en het betreffende keuringsdocument.

16.3 EN 13480-3: Ontwerp en berekeningen

De rekenregels in dit deel betreffen de werk en beproevingscondities, alsmede de ingestelde koude veerinstellingen, spoel en reinigingscondities.

Dit deel houdt alleen rekening met elastische spanningsberekeningen, alhoewel sommige delen plastisch gedrag kunnen vertonen.

De ontwerpbelasting zal één of meerdere van de volgende parameters omvatten:

- ▶ interne en/of externe druk;
- ▶ temperatuur;
- ▶ het gewicht van de leiding en de inhoud;
- ▶ klimatologische belastingen;
- ▶ dynamische effecten van de vloeistof;
- ▶ zettingen van grond en/of gebouwen;
- ▶ trillingen;
- ▶ aardbevingen.

In het specifieke geval van ander lassen dan rondlassen worden er, afhankelijk van de druk, type vloeistof, afmetingen en keuringsomvang verschillende waarden van de lasnaadefficiëntiefactor toegewezen.

16.4 EN 13480-4: Fabricage

ISO 3834 wordt niet direct toegepast, alhoewel sommige eisen overeenkomen met die van de norm.

16.4.1 *Algemene eisen te stellen aan de fabrikant*

De standaard vereist de aanwezigheid van lastoezicht, die voldoende kennis en ervaring moet hebben op lasgebied en kundig genoeg moet zijn om de lassers eenduidige duidelijke werkinstructies te geven.

Met betrekking tot de lastoevoegmaterialen en hulpmaterialen wordt van de fabrikant verlangd, aanvullend wat in deel 2 van de norm staat, dat er 2.2 testrapporten zijn conform EN 10204.

Voor identificatie en naspeurbaarheidsredenen dienen alle lassen direct gerelateerd te zijn aan de lasser die gelast heeft, door het lassernummer direct naast de las aan te brengen of door identificatie op de lasdocumentatie.

16.4.2 *Vereisten voor lasactiviteiten*

Lassers en operateurs moeten gekwalificeerd zijn volgens de relevante norm (EN 287-1 of EN 1418) voor het te gebruiken proces, materiaalgroep en range van afmetingen, en dienen in het bezit te zijn van een geldig lascertificaat. Lasprocedures dienen opgesteld te zijn in overeenstemming met de relevante norm (EN 15609) en mede informatie te verstrekken over het uit te voeren NDO op de lasnaad. Lasspecificaties dienen gekwalificeerd te zijn volgens een methode afhankelijke van de "leidingklasse" (gebaseerd op diameter, druk en type vloeistof). In het geval van de hogere leidingklassen (klasse II en III) wordt alleen kwalificatie op basis van beproeving of op basis van een pre-productietest toegestaan, met een keuringsinstantie als 3e partij. Voor lagere leidingklassen gelden minder stringente eisen. Tijdens het booglassen dient de leiding zo geaard te zijn, dat er geen stroom kan lopen door verende supports, balans supports, ophangkabels, machines, afsluiters, mechanische verbindingen, enz. Dit dient te worden uitgesloten om enerzijds lasdefecten (door boogafwijkingen) en anderzijds beschadigingen van mechanische delen als bijvoorbeeld kogelafsluiters te voorkomen door de hoge lasstroom.

Lasdefecten die reparatie vereisen, moeten worden verwijderd door slijpen, gutsen, hakken, brandsnijden, plasma snijden of machinaal bewerken van een gedeelte van de las of de gehele las. Wanneer thermische processen worden gebruikt, neemt het leidingmateriaal en het lasmetaal in kwaliteit af. Voor aanvang van het reparatielassen dient het oppervlak te worden gecontroleerd d.m.v. NDO, om er zeker van te zijn dat er geen scheuren of ander defecten zijn achtergebleven.

Lasreparaties dienen te worden uitgevoerd door goedgekeurde lassers met gekwalificeerde lasprocedures; Een lasdefect zal niet meer dan 2 x worden gerepareerd op basis van die procedure. Iedere verdere reparatie zal worden uitgevoerd op basis van een goedgekeurde, aangepaste en gedocumenteerde procedure.

Alle lasreparaties dienen gedocumenteerd te zijn, met het oorspronkelijke rapport dat de reparatie vermeldde, de betreffende film, de reparatieprocedure en het NDO-rapport van de gerepareerde las.

16.5 *EN 13480-5: Keuring en inspectie*

Dit deel van de norm specificiert de vereisten voor keuring en inspectie, welke uitgevoerd dient te worden op individuele leidingen of leiding-spools, inclusief ondersteuning, ontworpen in overeenstemming met deel 3 en 6 (indien van toepassing), en gefabriceerd en geïnstalleerd conform EN 13480-4.

Soort, mate van keuring, acceptatiecriteria worden vastgelegd op basis van de leidingklasse. De volgende inspectiestappen zijn vastgesteld:

- ▶ validatie van het ontwerp;
- ▶ inspectie tijdens fabricage en testen;
- ▶ NDO;
- ▶ eindkeuring;
- ▶ fabricagerapporten.

Tabel 16.2 geeft de algemene eisen voor NDO van het laswerk en de acceptatiecriteria.

tabel 16.2 Eisen voor niet destructief onderzoek aan lassen

NDT Techniek	Methode	Acceptatie criteria
Visueel Onderzoek (VT)	EN 970	tabel 8.4-2
Radiografisch Onderzoek (RT)	EN 1435:1997, klasse B ^{a),b)}	EN 12517:1998: Acceptatie niveau 2 en aanvullende eisen
Ultrasoon Onderzoek (UT)	EN 1714:1998, klasse B ^{b)}	EN 1712 :1997 ^{c)} en NEN-EN 1712/A1:2002; Acceptatie niveau 2 ^{d)}
Penetrant Onderzoek (PT)	EN 571-1: 1997	EN 1289 :1998 en NEN-EN 1289/A1:2002; Acceptatie niveau 1
Magnetisch Onderzoek (MT)	EN 1290: 1998 en NEN-EN 1290/A1:2000	EN 1291 :1998 en NEN-EN 1291/A1:2002; Acceptatie niveau 1

a Echter, het maximale gebied voor enkel opname dient te voldoen aan de eisen van EN 1435:1997, klasse A.
b Klasse A voor materiaalgroepen 1.1, 1.2, 8.1 indien leidingklasse I of II is.
c Voor de karakterisering van de indicaties kan EN 1713 worden gebruikt.
d Acceptatieniveau 3 voor materiaalgroep 1.1, 1.2, 8.1 indien de leidingklasse is I of II.

16.6 *EN 13480-6: Aanvullende eisen voor leidingen onder de grond*

Dit deel van EN 13480 stelt de speciale eisen vast voor industriële leidingen, geheel of gedeeltelijk onder de grond, of gedeeltelijk lopend door een geul of soortgelijke bescherming, werkende bij een procesdruk van maximaal 75 bar. Dit deel moet samen gebruikt worden met de andere 6 delen van EN 13480.

Wanneer een ondergrondse leiding, die valt onder deze norm wordt verbonden met een leiding, vallend onder een andere regelgeving, zoals bijvoorbeeld een transportleiding, dan moet de overgang worden gemaakt d.m.v. een scheidingsdeel, zoals een afsluiter, die de twee secties scheidt (vaak dicht bij de grens van de industriële installatie). Deze kan aan beide zijden van de scheiding geplaatst worden en wordt ook wel "batterylimit" genoemd.

De norm stelt hierbij extra eisen, op het gebied van:

- ▶ veiligheid;
- ▶ installatiediepte;
- ▶ markeren en documenteren van de leidingen;
- ▶ ontwerp en berekeningen;
- ▶ installatie (geulen, pijpleggen, weer opvullen);
- ▶ geul of behuizing;
- ▶ corrosie bescherming;
- ▶ keuring en beproeving.

Met betrekking tot het lassen worden er geen extra eisen gesteld.

16.7 *CR 13445 - 7: Praktijkrichtlijn voor het gebruik van conformiteitprocedures*

Dit technisch rapport geeft ondersteuning bij het gebruik van conformiteitbeoordelingsprocedures voor industrieel leidingwerk en pijpleidingen zoals aangeduid in Artikel 1, § 2.1.1 van de Drukvaatenrichtlijn (PED).

De PED vereist dat van alle drukhoudende installaties vallend onder de PED het ontwerp een de fabricage wordt beoordeeld op conformiteit in overeenstemming met de conformiteitbeoordelingsprocedures als gegeven in Artikel 10 van de Richtlijn en wel speciaal in die van aanhang III. Daarom wordt de volgende informatie gegeven:

- ▶ classificatie van industriële pijpleidingen in gevaar categorieën;
- ▶ conformiteitbeoordelingsprocedures, waardoor de keuze voor relevante procedure en mate van betrokkenheid van de verantwoordelijke autoriteit kan worden bepaald;

- ▶ het aansturen van uitbestede werkzaamheden.

Als extra wordt een bruikbare keuring & inspectie overzicht-lijst en de betrokkenheid van de verantwoordelijke autori-teiten met betrekking tot de P.E.D. conformiteitbeorde-lingsmodules gegeven in bijlage C (ter informatie).

Hoofdstuk 17

Europese normen voor de vervaardiging van staalconstructies

17.1 Introductie

Er zijn in de voorbije jaren veel normen ontwikkeld met betrekking tot criteria voor het ontwerpen, vervaardigen en onderzoeken van staalconstructies; met als gevolg dat alle Europese landen hun eigen normen hebben, met als referentie de technische achtergrond (vaak hetzelfde in alle landen) en nationale industriële gewoonten.

In hetzelfde kader als de drukvaten is, na het ontstaan van de Europese markt, en teneinde harmonisatie de nationale regelgeving te bewerkstelligen en technische en commerciële barrières te slechten, de Europese Richtlijn 89/106/CE voor bouwproducten (C.P.D. = Construction Products Directives) ontwikkeld.

Voor de toepassing van deze richtlijn geldt als, "bouwproduct" ieder product dat op een permanente wijze in een constructie is verwerkt, inclusief toepassing in gebouwen en in civiele constructies. "Bouwproducten worden hierna benoemd als 'producten'; Constructiewerken inclusief gebouwen en civiele constructies worden hierna benoemd als "Werken". Daarom verwijst de norm niet direct naar het gehele product, maar naar alle elementen (balken, verbindingstukken, enz.) die samengebouwd het werk realiseren. Lidstaten zullen aannemen dat producten geschikt zijn voor gebruik en dat als zij worden gebruikt in correct ontworpen en gebouwde werken, deze werken voldoen aan de essentiële eisen zoals weergegeven in Artikel 3 van de richtlijn. Het toepassen van deze richtlijn veronderstelt het opzetten van een serie normen, binnen het toepassingsgebied van de richtlijn en zo de essentiële eisen te ondersteunen, als een manier om overeenstemming aan te tonen.

In dit kader is technische commissie CEN TC 135 "Vervaardiging van staalconstructies" bezig met het opstellen van de norm (EN 1090) geharmoniseerd met de richtlijn 89/106/CE. Deze norm bestaat uit 3 delen:

- ▶ Deel 1: Staal en Aluminium constructie elementen - Algemene leveringsvoorwaarden.
- ▶ Deel 2: Technische eisen voor de vervaardiging van staalconstructies.
- ▶ Deel 3: Technische eisen voor de vervaardiging van aluminium constructies.

17.2 EN 1090 - 1: Staal en Aluminium constructie elementen - Algemene leveringsvoorwaarden

Deze Europese norm specificeert technische leveringseisen voor wat betreft de eigenschappen van stalen of aluminium constructie elementen in de markt gezet als constructieonderdelen. Deze componenten kunnen direct worden gebruikt of ingevoegd in constructiewerken, of als constructie-elementen in een kant en klaar bouwsysteem.

Deze norm stelt ook eisen aan de evaluatie van de overeenstemming van de gespecificeerde eigenschappen en aan de onderzoeksmethoden die moeten worden toegepast.

17.2.1 Eisen aan het ontwerp van de constructie

Constructieve eisen van een element hebben betrekking op het draagvermogen, vermoeiingssterkte en brandveiligheid.³⁾

Het draagvermogen van een element betreffen belastingen en combinaties van belastingen, waarbij deze voornamelijk statische zijn, zodat de invloed van repeterende belastingen niet behoeven te worden meegenomen in de berekening. De vermoeiingssterkte van stalen elementen moet worden

vastgesteld in overeenstemming met EN 1993 (Eurocode 3) voor staalconstructies en met EN 1999 (Eurocode 9) voor aluminium constructies en worden meestal uitgedrukt door te verwijzen naar S-N diagrammen.

De weerstand tegen brand moet worden vastgesteld aan de hand van het relevante deel van de Eurocodes.

Samenvattend kan worden gesteld dat de norm geen specifieke richtlijn geeft voor het ontwerp, omdat de constructie-eigenschappen als geheel moeten worden bepaald aan de hand van de relevante Eurocodes, en wel als volgt:

- ▶ EN 1990 (Eurocode 0)- Grondbeginselen van ontwerp van constructies;
- ▶ EN 1991 (Eurocode 1)- Belastingen op constructies;
- ▶ EN 1993 (Eurocode 3)- Ontwerp van staalconstructies, voor stalen elementen;
- ▶ EN 1994 (Eurocode 4)- Ontwerp van composiet elementen van staal en beton, voor de stalen delen;
- ▶ EN 1999 (Eurocode 9)- Ontwerp van Aluminium constructies, voor Aluminium elementen.

17.3 EN 1090 - 2: Technische eisen voor de vervaardiging van staalconstructies

Deze Europese norm stelt eisen op met betrekking tot de vervaardiging van staalconstructies.

Het overheersende onderwerp gedurende de realisatie van een project of constructie, is om de risico's te beheersen gecombineerd met het beheersen van mogelijke fabricagefouten. Omdat soort en mate van risico's specifiek zijn voor iedere constructie met betrekking tot het doel en de complexiteit van de constructie, zijn er vervaardigingsklassen gespecificeerd in deze Europese Norm, waarin bijbehorende fabricage-eisen worden gesteld met verschillende vervaardigingsklassen.

In overeenstemming met EN 1990:2001 zijn gevolgklassen voor constructie-elementen bepaald; onderverdeeld in 3 niveaus: CC1, CC2 and CC3. De gevolgklassen van de elementen van een constructie kunnen worden vastgesteld op basis van de indicatoren gegeven in tabel 17.1.

tabel 17.1 Definitie van gevolgklassen

Gevolgklasse	Omschrijving	Voorbeelden van gebouwen en civiele constructies
CC3	Hoog risico voor verlies van mensenlevens, of economische, sociale of milieutechnische schade; gevolgen zeer groot .	Grote instellingen, publieke ruimten waar gevolgen van falen groot zijn (bijvoorbeeld een concertgebouw).
CC2	Middelmatig Hoog risico voor verlies van mensenlevens, of economische, sociale of milieutechnische schade; gevolgen aanzienlijk .	Woon- en kantoorgebouwen, openbare gebouwen waar de gevolgen van falen middelmatig zijn (bijv. een kantoorgebouw).
CC1	Laag risico voor verlies van mensenlevens, of economische, sociale of milieutechnische schade; gevolgen klein of verwaarloosbaar .	Agrarische gebouwen waar mensen meestal niet binnen komen (bijvoorbeeld opslagruimten, kassen)

Er moet nog worden gesteld dat voor hetzelfde werk, of deel van het werk, elementen kunnen voorkomen met verschillend gevolgklassen.

Daarbovenop zal in de vaststelling van de producteisen (en de eisen gesteld aan de fabrikant) ook de gebruiksconditie van de componenten worden betrokken (vervaardiging en gebruik), Als gevolg hiervan definieert de norm vervaardigingscategorieën, gebaseerd op tabel 17.2.

3) Deze constructie-eigenschappen dienen te refereren aan nationaal vast te stellen gegevens, aangegeven met NPD (National Determined Parameters), dat zijn gegevens die worden vastgelegd in de nationale bijlage (National Annex) van de relevante Eurocode, gedefinieerd door de lidstaten.

tabel 17.2 Definitie van vervaardigingsklassen (1 t/m 4)

Vervaardiging en gebruikscategorieën	Gevolgklasse		
	CC1	CC2	CC3
E1 elementen waarvoor vermoeiingsanalyse nodig is.	1	2	2
elementen niet vallend onder E1 maar wel onder de volgende condities: <ul style="list-style-type: none"> ▶ werktemperatuur van de elementen < -20 °C, ▶ gelaste elementen vervaardigd uit staal S355 en een dikte > 25 mm; ▶ gelaste elementen vervaardigd uit staal S355 M of ML met een dikte > 50 mm; ▶ Hoofdelementen samengesteld door lassen op de bouwplaats; 			
E2 <ul style="list-style-type: none"> ▶ elementen vervaardigd door middel van warm vervormen die een warmtebehandeling ondergaan; ▶ elementen van CHS vakwerkliggers die naar een eindmaat moet worden gesneden; ▶ elementen van kraanbanen en andere skeletachtige structuren; ▶ elementen van constructies met meer dan 5 vloeren; ▶ elementen met draagvlakken onder vol contact. 	2	3	3
E3 elementen niet vallend onder C1 of C2.	2	3	4

17.3.1 Speciale eisen te stellen aan het vervaardigen van gelaste constructies

Lassen zal worden uitgevoerd in overeenstemming met de eisen uit het van toepassing zijnde deel van ISO 3834

"Kwaliteitsborgingseisen voor lassen - Smeltlassen van metalen" of EN ISO 14554 "Kwaliteitsborgingseisen voor lassen - Weerstandlassen van metalen" voor zover van toepassing.

Indien gebruik wordt gemaakt van EN ISO 15613 of EN ISO 15614-1 lasmethodekwalificaties, dan zijn de volgende voorwaarden van toepassing:

- a) indien kerfslageisen zijn vereist, dan zullen deze worden uitgevoerd bij de laagste temperatuur waarvoor de norm voor de staalsoort kerfslageisen stelt;
- b) voor staalsoorten volgens EN 10025-6 (Quenched en tempered staalsoorten), is er een monster voor micro-onderzoek vereist. Er zullen foto's van het lasmetaal, smeltlijn en warmte-beïnvloede zone worden gemaakt;
- c) Voor hoeklassen in staalsoorten hoger dan S355 die op trekspanning worden belast, moet een aanvullende beproeving op een kruisstuk worden uitgevoerd volgens prEN ISO 9018;

- d) indien gelast wordt op lasprimer, moeten er proeven worden uitgevoerd voor het vaststellen van de maximale (nominale + tolerantie) geaccepteerde laagdikte van de primer;
- e) indien een lasprocedurekwalificatie volgens EN ISO 15614-1 niet gebruikt is gedurende een zekere periode, dan gelden de volgende eisen:
 - ▶ voor staalsoorten tot en met S355, en indien de procedure langer dan 3 jaar niet gebruikt is, zal een pre-productietest worden uitgevoerd en beproefd;
 - ▶ voor staalsoorten, hoger dan S355, en indien de procedure langer dan 1 tot 3 jaar niet is gebruikt, is een productieplaat vereist, waarvan vorm en afmetingen overeenkomen met de eisen van EN ISO 15614-1, (keuring en beproeving zal omvatten: visueel onderzoek, radiografisch of ultrasoon onderzoek, oppervlakscheurdetectie, macro-onderzoek en hardheidstest).

Afhankelijk van de vervaardigingsklasse, zijn er verschillende eisen van toepassing, volgens tabel 17.3.

Voor de vervaardiging binnen klasse 1 & 2 moeten er, indien gebruik wordt gemaakt van lasprocessen met een diepe inbranding of van een laag/tegenlaag techniek zonder tegenslijpen, naast de WPQR aanvullend een macro of breekproef gemaakt worden volgens EN 1321 respectievelijk EN 1320 (mag niet ouder zijn dan 6 maanden).

17.3.2 Eisen voor keuring en inspectiecriteria

Keuring en inspectie volgt de algemene regels zoals die zijn uitgezet in EN ISO 3834; daarenboven zijn verschillende criteria vastgelegd voor hoeveelheid en tijdstip, afhankelijk van de volgende parameters:

- ▶ vervaardigingsplaats (werkplaats of montage);
- ▶ soort las (stompe lassen, langlassen, sterklassen);
- ▶ lasnaadgebruiksintensiteit factor - k (gedefinieerd als $k = \sigma / \sigma_{er}$, verhouding tussen "ULS spanning/vloeispanning" in de las);
- ▶ vervaardigingsklassen.

Visueel onderzoek zal worden uitgevoerd over de volledige laslengte, onafhankelijk van de bovengenoemde eisen.

Daarenboven is voor vervaardigingsklassen 1 tot en met 3 aanvullende onderzoek vereist, volgens tabel 17.4.

Er wordt geen specifieke richtlijn genoemd voor de onderzoeksmethode, behalve algemene criteria, genoemd in EN 12062 (Algemene regels voor metalen).

Tenzij anders gespecificeerd, zijn de acceptatiecriteria, gerelateerd aan de EN ISO 5817, als vermeld in tabel 17.5. Iedere speciale eis m.b.t. lasgeometrie en profiel moet in beschouwing worden genomen.

tabel 17.3 Eisen voor het lassen volgens vervaardigingsklassen

eisen	vervaardigingsklasse 1 tot en met 4			
	1	2	3	4
kwaliteitsborgingseisen voor smeltlassen	ISO 3834 - 2		ISO 3834 - 3	ISO 3834 - 4
lasmethodebeschrijving (WPS)	ISO 15609 - 1			
lasprocedurekwalificatie door:	vereist			niet vereist
▶ "lasmethodekwalificatie" ¹⁾ (EN ISO 15614-1)	aanbevolen		aanbevolen	-
▶ "pre - productie test" ¹⁾ (EN ISO 15613)	aanbevolen		aanbevolen	-
▶ gebruik van goedgekeurd lastoevoegmateriaal (EN ISO 15610)	NIET aanbevolen		aanbevolen	-
▶ eerder opgedane ervaring (EN ISO 15611)	NIET aanbevolen		aanbevolen	-
▶ standaard lasmethode (EN ISO 15612)	NIET aanbevolen		aanbevolen	-
kwalificatie van lassers en operateurs	Vereist volgens EN 287 en met EN 1418 ²⁾			
basismateriaal certificaten (EN 10204)	type 3.1		type 2.2	type 2.1
lascoördinator	vereist met uitgebreide technische kennis		vereist, alle niveaus worden geaccepteerd	niet vereist

¹⁾ Geldigheidsduur van de certificaten en kwalificatiestesten vallen onder speciale regels, verderop gespecificeerd.

²⁾ Voor het lassen van holle vakwerkliggers, dienen de lassers gekwalificeerd te zijn op een eenzijdige testlas uitgevoerd als verbindingsglas (branch connection).

tabel 17.4 Aanvullende eisen voor NDO uitbreiding bij klasse 1 t/m 3

Eisen, afhankelijk van de lasnaadvorm		Vervaardigingsklasse - werkplaats		Vervaardigingsklasse - montage	
		1 en 2	3	1 en 2	3
Onafhankelijk van het lasnaadtype, algemene uitbreiding van het NDO		De eerste 5 lassen van elk gelijk type ¹⁾ dient onderzocht te worden volgens de volgende eisen.		Alle naden dienen te worden onderzocht volgens de volgende eisen	De eerste 5 lassen van elk gelijk type ¹⁾ dient te worden onderzocht volgens de volgende eisen. De uitbreiding van aanvullend NDO is gereduceerd tot 50 % (minimum van 10%)
Stompe naad belast op trekspanning	$0,8 \leq k$	100%	50%	100%	100%
	$0,3 < k < 0,8$	50%	20%	100%	50%
	$k \leq 0,3$	10%	5%	20%	10%
Stompe naad, belast op drukspanning		10%	5%	20%	10%
Dwarse hoeklas aan het eind van een overlapnaad en bij verbindingsspien.		20%	10%	20%	10%
Langsnaden en lassen aan verstijvingen		10%	5%	20%	10%
Verbindingslassen (bijvoorbeeld voor steunen, handrails, enz.)		5%			

1) Dezelfde afmetingen, materiaal soort, lasgeometrie en gelast volgens dezelfde procedure.

tabel 17.5 Aanvaardingscriteria afhankelijk van de vervaardigingsklasse

Vervaardigingsklasse	Acceptatie criteria														
4	EN ISO 5817 - Kwaliteitsniveau D														
3	EN ISO 5817 - Kwaliteitsniveau C														
2	EN ISO 5817 - Kwaliteitsniveau B														
1	EN ISO 5817 - Kwaliteitsniveau B, met de volgende aanvullende eisen <table border="1" data-bbox="539 987 1209 1200"> <thead> <tr> <th>Soort defect</th> <th>Acceptatiecriterium</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>randinkarteling (5011)</td> <td>niet toegestaan</td> </tr> <tr> <td>overbodig lasmetaal (502)</td> <td>≤ 2 mm</td> </tr> <tr> <td>slechte aanvloeiing (505)</td> <td>$\leq 165^\circ$</td> </tr> <tr> <td>interne poriën (201)</td> <td>≤ 1 mm</td> </tr> <tr> <td>vaste insluitsels (300)</td> <td>niet toegestaan</td> </tr> <tr> <td>lineaire uitlijning (507)</td> <td>$< 0,05t$</td> </tr> </tbody> </table>	Soort defect	Acceptatiecriterium	randinkarteling (5011)	niet toegestaan	overbodig lasmetaal (502)	≤ 2 mm	slechte aanvloeiing (505)	$\leq 165^\circ$	interne poriën (201)	≤ 1 mm	vaste insluitsels (300)	niet toegestaan	lineaire uitlijning (507)	$< 0,05t$
Soort defect	Acceptatiecriterium														
randinkarteling (5011)	niet toegestaan														
overbodig lasmetaal (502)	≤ 2 mm														
slechte aanvloeiing (505)	$\leq 165^\circ$														
interne poriën (201)	≤ 1 mm														
vaste insluitsels (300)	niet toegestaan														
lineaire uitlijning (507)	$< 0,05t$														

17.4 EN 1090 -3: Technische eisen voor de vervaardiging van aluminium constructies ⁴⁾

Deze Europese norm stelt eisen op met betrekking tot de vervaardiging van aluminiumconstructies, vervaardigd uit gewalste, gelaste, gegoten, gesmede, getrokken of geëxtrudeerde producten en heeft betrekking op onderdelen die dikker zijn 0,6 mm en voor gelaste producten dikker dan 1,5 mm. Bovendien is het van toepassing op vaste en tijdelijke aluminium constructies.

Net als bij het staal zijn er verschillende vervaardigingsklassen vastgesteld die leiden naar een gevolgklasse (zie tabel 17.6) en de belastingintensiteit (conform EN 1999 - Eurocode 9).

Het lassen moet worden uitgevoerd conform ISO 3834 of volgens EN ISO 14554 voor zover van toepassing. Voor de eisen conform de vervaardigingsklassen gelden dezelfde eisen als voor staal volgens de relevante normen (tabel 17.3).

tabel 17.6 Vervaardigingsklasse voor aluminium constructies

gevolgklasse	Soort belasting		
	Vermoeiing	Standaard	Statisch
CC1	4	3	3
CC2	3	3	2
CC3	3	2	1 (2) ¹⁾

1) Vervaardigingsklasse I is van toepassing voor constructies of delen van een constructie waarbij het risico voor verlies van mensenlevens nihil is en de consequenties voor persoonlijk letsel, economische verliezen of vernieling te verwaarlozen is.

4) De ontwikkeling van EN 1090-3 is nog in een beginstadium, zodat de verwachting is dat er nog veranderingen worden aangebracht.



Vereniging FME-CWM
vereniging van ondernemers in de
technologisch-industriële sector

Boerhaavelaan 40

Postbus 190, 2700 AD Zoetermeer

T (079) 353 11 00

F (079) 353 13 65

E alg@fme.nl

I www.fme.nl