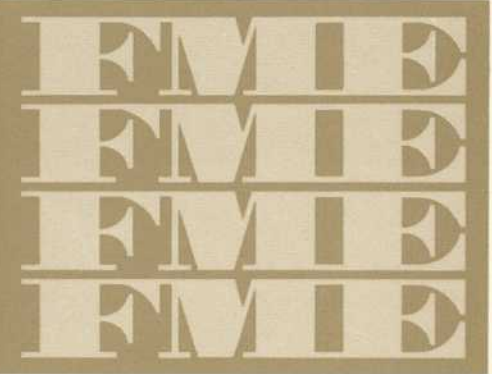
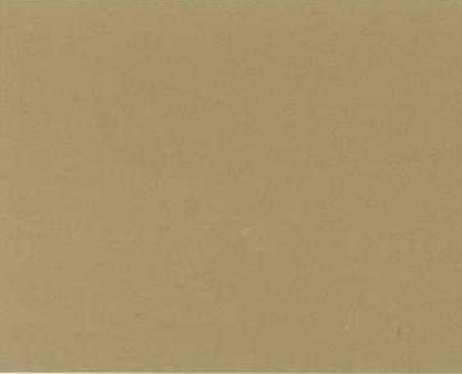
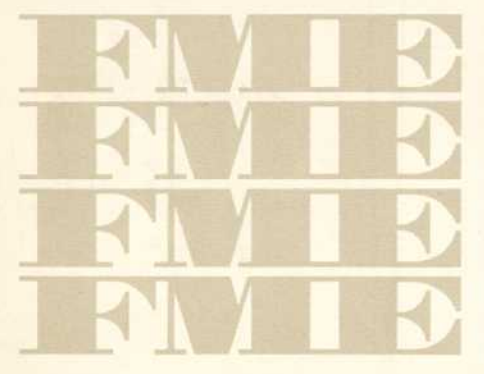
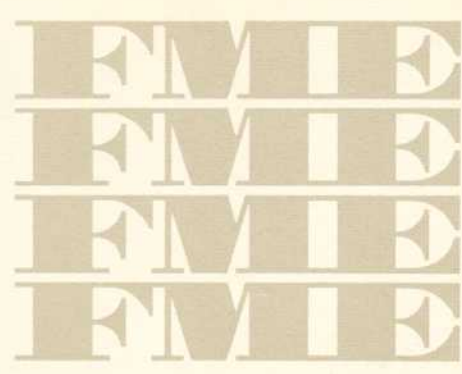
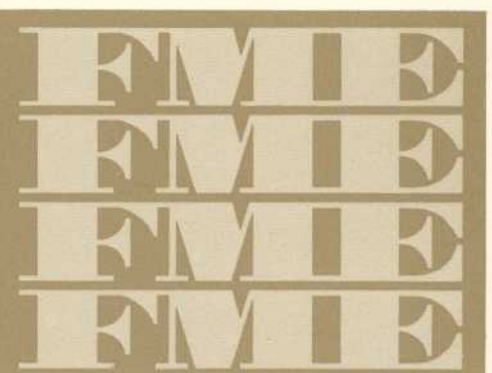
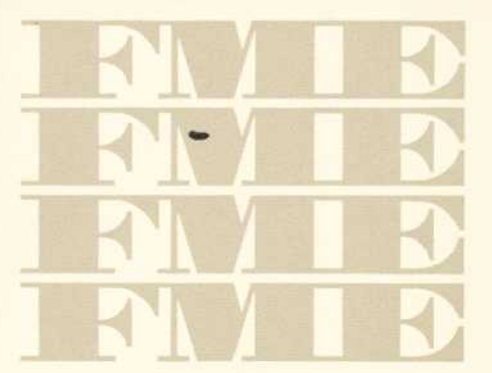
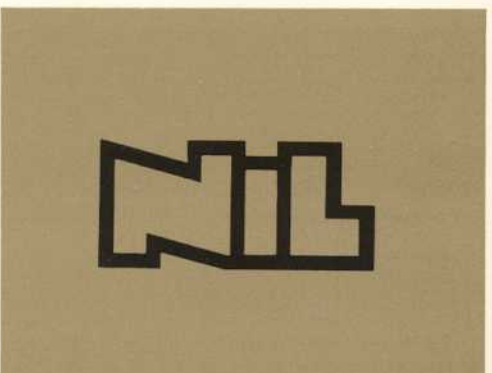
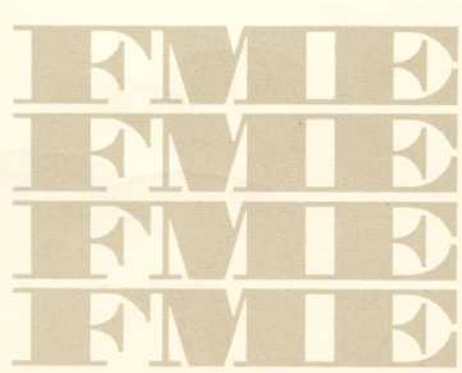
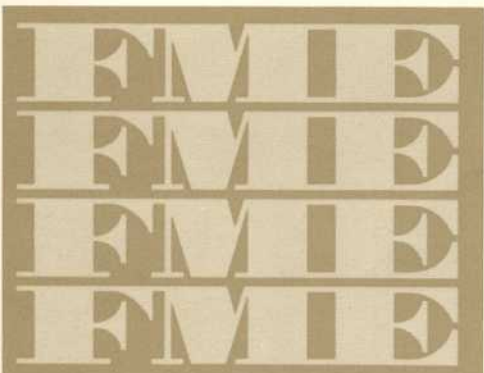




Gelaste constructies



VM 06



Deze bladen zijn samengesteld door een commissie van het Nederlands Instituut voor Lastechniek.

WERKPROGRAMMA

De taak van de commissie is het geven van voorlichting over de problemen die zich bij het ontwerp en de uitvoering van gelaste constructies voordoen ten aanzien van het bestek en de controle. Deze problemen zijn samen te vatten als kwaliteitszorg en betreffen:

- het ontwerp;
- de lastechnische uitwerking van het ontwerp;
- de vervaardiging van de constructie;
- de controle;
- de te maken afspraken.

SAMENSTELLING WERKGROEP

prof. ir. C. A. A. van der Woude,	Ned. Inst. voor Lastechniek, 's-Gravenhage
voorzitter	
ir. A. A. H. Gaster,	Ned. Inst. voor Lastechniek, 's-Gravenhage
techn. secretaris	Röntgen Technische Dienst N.V., Rotterdam
D. J. Binkhorst	Min. van Defensie, afd. Materieel, 's-Gravenhage
ir. W. P. H. de Jongh	Ned. Inst. voor Lastechniek, 's-Gravenhage
J. W. Kloppers	N.V. Nederlandse Staatsmijnen DSM, Geleen
E. G. de Koff	Ned. Electrolasch Mij. N.V., Leiden
J. N. Leupe	Kon. Ned. Hoogovens en Staalfabrieken N.V.,
ir. W. Semeins	IJmuiden
ir. R. Vellema	F. Kloos en Zonen's Werkplaatsen N.V.,
	Kinderdijk
C. J. Verzijlbergh	De Rotterdamsche Droogdok Mij. N.V.,
	Rotterdam
W. J. van der Wal	Rijkswaterstaat, Dir. Bruggen, 's-Gravenhage

ALGEMENE INLICHTINGEN

Federatie Metaal- en Elektrotechnische Industrie (FME), Nassaulaan 25, 's-Gravenhage, Tel. 070-614811

TECHNISCHE ONDERWERPEN

Nederlands Instituut voor Lastechniek, Zeestraat 62, 's-Gravenhage, Tel. 070-600937

BESTELLINGEN

Technische Uitgeverij H. Stam N.V., Postbus 48, Culemborg, Tel. 03450-3143, of bij de erkende boekhandel

© 1972 Technische Uitgeverij H. Stam N.V.
ISBN 90 11 93260 9 Educaboek N.V., Industrieweg 1, Culemborg,
The Netherlands
First published: 1972

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

No part of this book may be reproduced in any form, by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publisher.

Bindwerk: Boekbinderij J. A. v. d. Sanden N.V., Culemborg

Hoofdstuk 1	Inleiding	5
Hoofdstuk 2	Het ontwerp	6
2.1	Basisgegevens	6
2.2	Fabricage	6
Hoofdstuk 3	Lastechnische uitwerking van het ontwerp	8
3.1	Materiaalkeuze	8
3.1.1	Werkstukmateriaal	8
3.1.2	Toevoegmateriaal	9
3.2	Lastechnische overwegingen	9
3.2.1	Hoeveelheid laswerk	10
3.2.2	Lasnaadvorm	10
3.2.2	Verbindingsvorm	10
3.2.4	Lasstand	11
3.2.5	Krimpvervormingen en krimpspanningen	11
3.2.6	Discontinue overgangen	11
3.2.7	Invloed van laskruisingen en lasopeenhopingen	11
3.3	Andere verbindingsmethoden	11
3.4	Beoordeling van het ontwerp	12
Hoofdstuk 4	De uitvoering	13
4.1	Keuring van het werkstukmateriaal	13
4.2	Vaardigheid van de lasser	13
4.3	Keuze van het lasprocédé	13
4.4	Algemene aanbevelingen	14
Hoofdstuk 5	Controle en keuring	17
5.1	Toezicht	17
5.1.1	Toezicht door de uitvoerder	17
5.1.2	Toezicht door de opdrachtgever of door derden	17
5.1.3	Intensiteit van het toezicht	18
5.2	Keuring	18
5.2.1	Vormen van niet-destructief onderzoek	18
5.2.2	Toelaatbaarheid van discontinuïteiten	19
5.2.3	Klassering	19
5.3	Keuring bij overneming	20
5.3.1	Conventionele keuring	20
5.3.2	Statistische keuring	21
5.3.3	Enkelvoudige steekproefkeuring	23
Hoofdstuk 6	Opdrachtgever - uitvoerder	25
6.1	Verhouding opdrachtgever - uitvoerder	25
6.2	Garantiebepalingen en verzekeringsvoorzieningen	25

Hoofdstuk 7	Voorschriften en richtlijnen inzake de ontoelaatbaarheid van discontinuïteiten in laswerk	26
7.1	Gasholten	26
7.2	Slakinsluitsels	26
7.3	Bindingsfouten	28
7.4	Onvolkomen doorlassing	29
7.5	Scheuren	29
7.6	Inkartelingen	29
7.7	Niet in IIW-collectie genoemde discontinuïteiten	30
Hoofdstuk 8	Steekproefkeuringen	31
8.1	Normale steekproefkeuringen	31
8.2	Verscherpte steekproefkeuringen	32
8.3	Gereduceerde steekproefkeuringen	32
8.4	Volledige keuring	33
8.5	Richtlijnen voor de uitvoering van een keuring volgens statistische grondslagen (AQL-systeem)	34
8.6	Tabellen met voorschriften voor een enkelvoudige steekproefkeuring	36
8.6.1	Normale steekproefkeuring	36
8.6.2	Verscherpte en gereduceerde steekproefkeuring	36
8.6.3	Volledige keuring	36
	Literatuur	37
	Trefwoordenregister	39

Inleiding

Gelaste constructies kunnen, vergeleken met geklonken constructies, eenvoudiger en lichter zijn en in kortere tijd worden vervaardigd, vooral als automatische of halfautomatische lasprocessen worden toegepast. De constructeur heeft bij het ontwerpen meer vrijheid van vormgeving, maar moet met bepaalde eisen rekening houden, anders zullen er een soort "gelaste klinkconstructies" ontstaan die technisch niet verantwoord zijn. Als het bedrijf nieuwe staalsoorten wil toepassen waarmee het nog weinig ervaring heeft, moet de constructeur trachten er betrouwbare gegevens over te verkrijgen en daarbij vooral op de *lasbaarheid* letten; zóndig moet daarnaar door het nemen van proeven een onderzoek worden ingesteld.

Reeds bij het ontwerp dient rekening te worden gehouden met de eisen betreffende de *kwaliteit* van het laswerk (zie hoofdstuk 5 Controle en keuring). Invloed op de kwaliteit hebben o.a. de werkstukvoorbereiding, de uitvoerbaarheid van de lassen, de lasmethoden, de lasprocessen en de lasvorm. Het kwaliteitsniveau wordt echter vooral bepaald door de lasuitvoering, die dusdanig moet zijn dat steeds ruim wordt voldaan aan de

eisen. Een hoog fabricagepeil versterkt het vertrouwen in het bedrijf. Het is onjuist dat peil slechts achteraf, nl. bij de keuring, vast te stellen. Dan loopt men kans dat een aanvaardbaar aantal herstellingen moet worden overschreden. Dat moet worden vermeden omdat herstellingen vaak nevenverschijnselen met zich mee brengen die de kwaliteit ongunstig beïnvloeden en bovendien kostbaar zijn.

Als aan delen van de constructie verschillende kwaliteitseisen worden gesteld, dient men ook bij de secundaire delen een nauwkeurig onderzoek in te stellen naar eventuele lasfouten die spanningsconcentraties ten gevolge kunnen hebben. Door dergelijke concentraties kunnen namelijk na ingebruikneming van de constructie breuken worden ingeleid. Steeds moet, vooral tijdens de uitvoering van het laswerk en zo nodig ook daarna, worden gestreefd naar het vereiste kwaliteitsniveau.

Door kwaliteitszorg wordt het mogelijk dat men bij de keuring bij overneming, uitgevoerd volgens een niet-destructieve onderzoekmethode, met een statistisch verantwoorde steekproef kan volstaan.

Het ontwerp

2.1 Basisgegevens

Voor het ontwerpen van een constructie moet de constructeur beschikken over een aantal basisgegevens zoals:

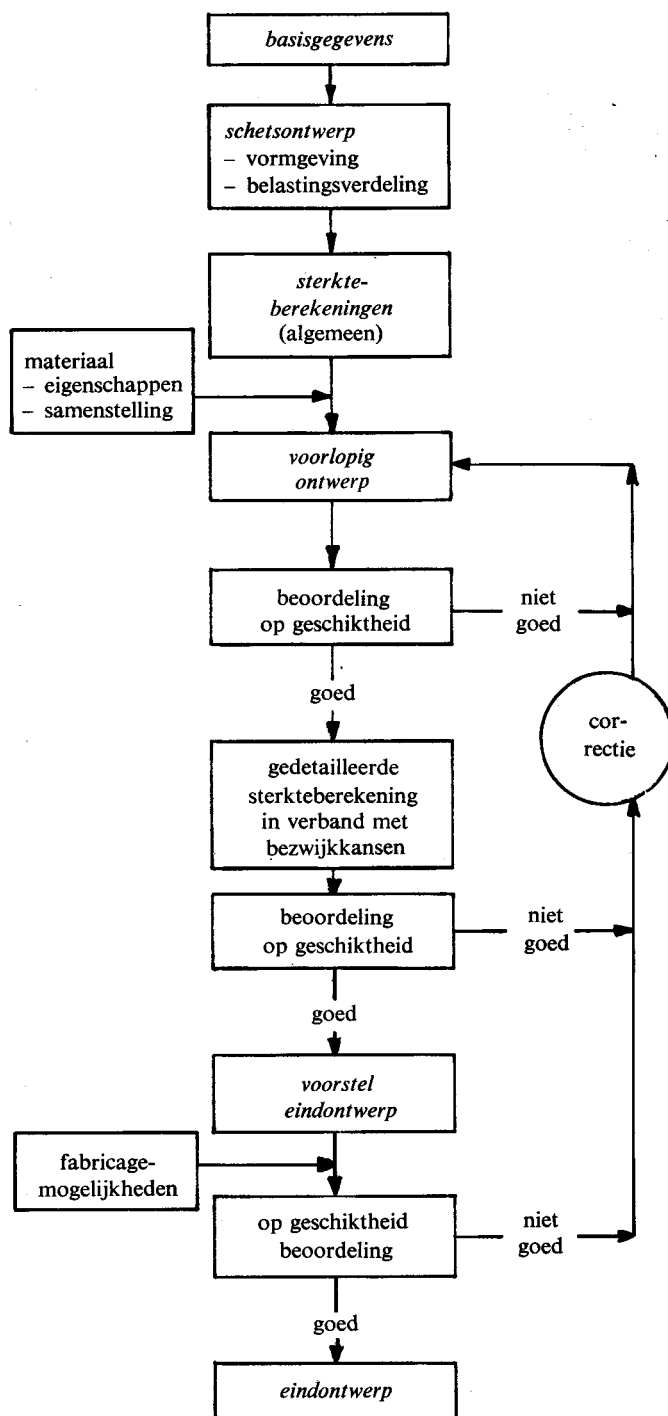
- het gebruiksdoel;
- de gebruikseisen;
- de plaats van opstelling;
- de wijze van transport;
- de aard en grootte van de belastingen (statisch of dynamisch);
- de keuringsvoorschriften of keuringsrichtlijnen.

In schema 1 is een overzicht gegeven hoe uit deze basisgegevens de constructeur tot een *definitief ontwerp* komt.

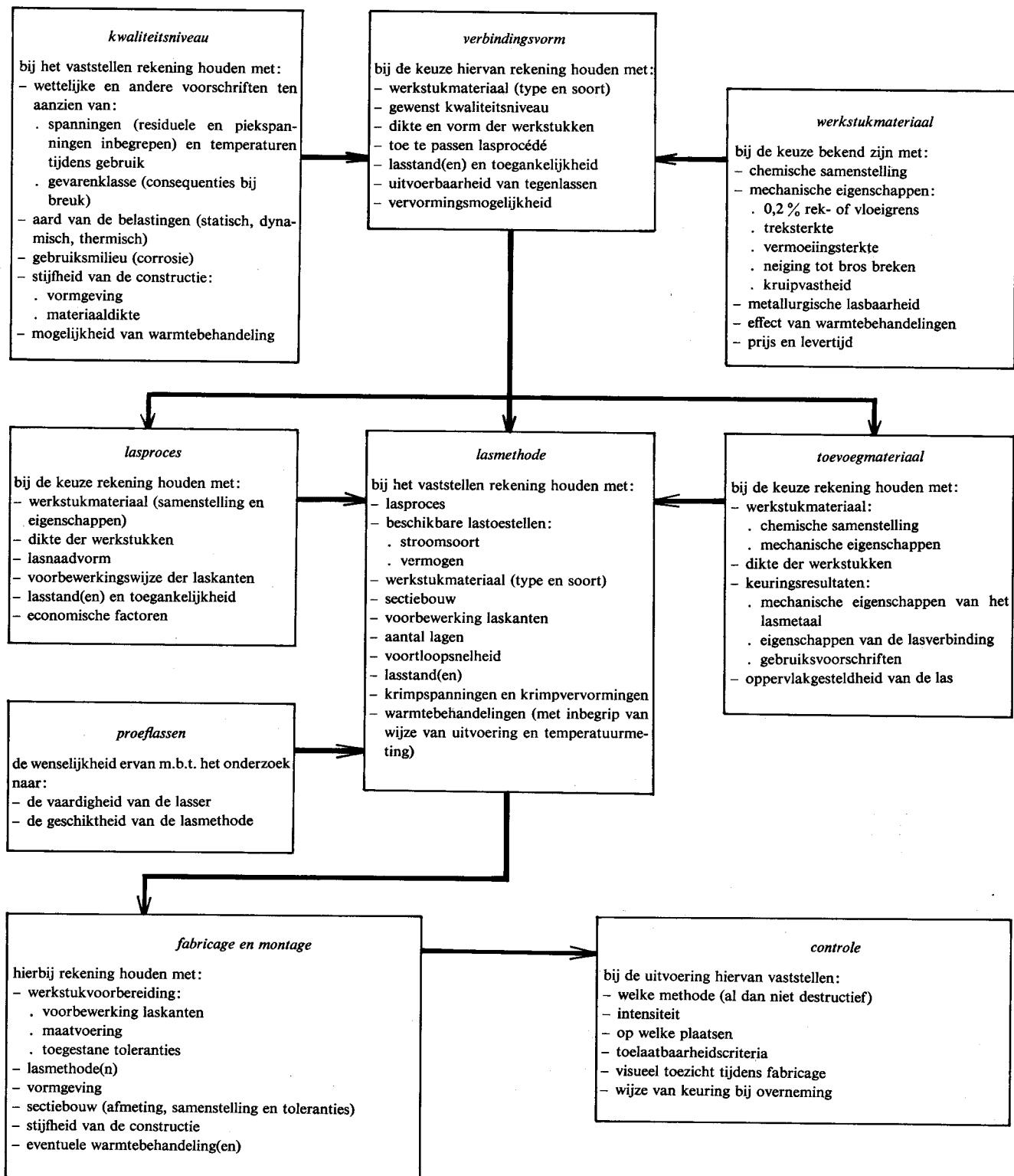
2.2 Fabricage

Hoewel in schema 1 de fabricage-uitvoering pas bij de beoordeling op geschiktheid van het voorstel aan de orde komt, moet reeds bij het *voorlopig ontwerp* aandacht worden besteed aan de *lastechnische aspecten* van de constructie. Dat is nodig omdat ze nauw verband houden met onder meer materiaalkeuze, vormgeving en verbindingvorm.

De voor ontwerp en fabricage van een gelaste constructie belangrijke lastechnische aspecten worden vermeld in schema 2. Uit het schema blijkt dat de aspecten elkaar overlappen.



Schema 1 Werkwijze voor het ontwerp



Schema 2 Lastechische aspecten

Lastechnische uitwerking van het ontwerp

3.1 Materiaalkeuze

3.1.1 Werkstukmateriaal

Als werkstukmateriaal komen in aanmerking:

- de ongelegeerde en zwak gelegeerde staalsoorten (groep a);
- de gelegeerde staalsoorten, b.v. roestvast staal (groep b);
- de niet-ijzermetalen en hun legeringen (groep c).

Voor de ongelegeerde en zwak gelegeerde staalsoorten gelden de Euronormen 25–67 en 27–62.

EIGENSCHAPPEN

De definitieve keuze wordt bepaald door de aard van de constructie en de daaraan te stellen eisen. Daarbij moet rekening worden gehouden met de volgende eigenschappen:

- *Mechanische eigenschappen.* Uit berekeningen van de vereiste sterkte van een bepaalde constructie kan volgen dat de van een bepaald materiaal te vervaardigen constructiedelen een zekere dikte en bepaalde andere afmetingen dienen te hebben. Dat kan aanleiding zijn de keuze te overwegen van een materiaal met gunstiger mechanische eigenschappen, waardoor lichter kan worden geconstrueerd. De constructie zal dan echter weer aan de daaruit voortvloeiende geringere afmetingen moeten worden aangepast, waarbij rekening moet worden gehouden met eventuele extra verstijvingen, warmtebehandelingen en andere voorzieningen. De technische en economische voordelen van beide ontwerpen zullen dus tegen elkaar moeten worden afgewogen.
- *Lasbaarheid.* Dit is een zeer gecompliceerd begrip. De lasbaarheid hangt van vele factoren af. De samenstelling en de kwaliteit (ongunstig beïnvloed door segregaties, dubbelingen, e.d.) van het materiaal zijn daarbij van grote betekenis. In verband daarmee kan het nodig zijn, op het werkstukmateriaal afgestemd toevoegmateriaal te gebruiken. Daarbij dient men zich de vraag te stellen of een automatisch lasproces (MIG- en TIG-booglassen, onder poederdek lassen, e.a.) mogelijk is. Verder moet worden over-

wogen of het wel zin heeft de constructie als zodanig te lassen. Anderzijds dient men, als b.v. in verband met de samenstelling en de dikte van het materiaal een warmtebehandeling ná het lassen noodzakelijk zou zijn, tevoren na te gaan of een dergelijke behandeling uitvoerbaar is.

- *Weerstand tegen brosse breuk.* Het verschijnsel brosse breuk is door de bijzondere gecompliceerdheid nog in menig opzicht onvoldoende doorgrond. Een dergelijke breuk ontstaat nagenoeg zonder of met geringe plastische deformatie. Dit houdt nauw verband met de materiaaleigenschappen (speciaal de kerfslagwaarde), spanningsconcentraties en temperatuuromstandigheden. Onderzoek heeft uitgewezen dat het in een gelaste constructie vaak de lasfouten zijn die aanleiding geven tot het optreden van brosse breuk (kerfwerking). Ook is gebleken dat de neiging tot bros breken toeneemt naarmate het materiaal dikker is. Het gevaar voor brosse breuk is minder groot als men materialen met voldoende hoge kerfslagwaarde gebruikt, spanningsconcentraties vermijdt en andere maatregelen treft voor het verkrijgen van de gewenste laskwaliteit.
- *Vermoeiingssterkte.* Bij wisselende belasting zijn het eveneens kerven in het werkstuk die de kans op een vermoeiingsbreuk vergroten. Als kerf werken ook discontinuïteiten in het lasmetaal of in de las, zoals onvoldoende insmelting, onvolkomen doorlassing, randinkarteling en ruw lasoppervlak. Men dient er rekening mee te houden dat de vermoeiingssterkte van een constructiedeel met een las maximaal ongeveer 70% bedraagt van die van ongelast materiaal.
- *Vervormbaarheid.* Bij een materiaal met goede vervormbaarheid kan door buigen en zetten veel laswerk overbodig worden. Door koudervormen kan echter brosheid optreden door veroudering, wat bij hiervoor gevoelige staalsoorten in de regel tot breuk leidt, zoals bij Thomasstaal en staal Fe 34.
- *Corrosievastheid.* De definitieve materiaalkeuze kan pas worden gedaan nadat tevens de corrosievastheid van de overige in aanmerking komende materialen in een corrosief milieu onder de gebruiksomstandigheden is vastgesteld. Hierbij wordt opgemerkt dat het gecombineerd optreden van corrosie en dynami-

sche belasting de materiaalkeuze bemoeilijkt. Als corrosie kan worden voorkomen door een geschikte oppervlakbehandeling, kan vaak een normale staal-soort van de vereiste sterkte worden gebruikt.

- *Geschiktheid voor oppervlakbehandeling en bekleding.* Bij een oppervlakbehandeling, zoals eboniteren en bekleden met kunststof of een plateerlaag, moet de constructeur de vormgeving en de afwerking van de constructie aan de gekozen behandeling aanpassen. Elke oppervlakbehandeling stelt eigen eisen aan de toegankelijkheid van het object. Kan aan deze eis niet of in onvoldoende mate worden voldaan, dan moet een materiaal worden gekozen dat zonder oppervlakbehandeling de voor het gebruiksdoel vereiste corrosievastheid heeft. Een kostbare oppervlakbehandeling of gebruik van een geplateerd staal is verantwoord als de extra kosten ervan minder bedragen door het verschil in prijs tussen ongelegeerd staal en een bijzonder materiaal.

RICHTLIJNEN

Voor de materiaalkeuze gelden dan de volgende richtlijnen:

- Voor niet te hoge belasting in een niet agressieve omgeving en bij niet te hoge temperatuur kan een ongelegeerde of zwak gelegeerde staalsoort worden gekozen.
- Voor dynamisch niet te zwaar belaste constructies kan eveneens een materiaal uit deze groep worden gekozen. In het algemeen gaan goede statisch-mechanische eigenschappen zelden samen met een hoge vermoeiingssterkte.
- Bij een lage gebruikstemperatuur dient, bij toenemende materiaaldikte, meer rekening te worden gehouden met het gevaar voor brosse breuk en moeten bijzondere eisen worden gesteld aan de kerfslagwaarde.
- In een agressieve omgeving en bij hoge temperatuur moet een gelegeerde staalsoort of een niet-ijzermetaal worden gekozen, tenzij een doelmatige oppervlakbehandeling een keuze uit de on- en zwak gelegeerde staalsoorten mogelijk maakt.

Voor een constructie die aan de gestelde eisen voldoet en economisch verantwoord is, is voorts een nauwe samenwerking nodig tussen opdrachtgever, constructeur en uitvoerder, alsmede met de lasdeskundige en de werkplaatstechnicus.

Ten slotte is het van belang dat alle materialen tijdig worden besteld, anders wordt de fabrikant door tijd-nood gedwongen minder geschikte materialen te gebruiken.

3.1.2 Toevoegmateriaal

Voor toevoegmateriaal gelden in het algemeen de volgende richtlijnen:

- Voor het lassen van *gelijksoortige* materialen moet toevoegmateriaal worden gebruikt waarvan de eigenschappen voldoen aan de in de desbetreffende normen gestelde eisen.
- Voor het lassen van *ongelijksoortige* materialen moet toevoegmateriaal worden gebruikt waarvan soort en eigenschappen voldoen aan bijzondere eisen.
- Voor het lassen van staalsoorten waarvan alleen de *samenstelling* verschilt, moet toevoegmateriaal worden gebruikt waarvan de eigenschappen voldoen aan de eisen die in de desbetreffende normen worden gesteld ten aanzien van de staalsoort met het laagste gehalte aan legeringselementen of de staalsoort met de laagste prijs.
- Voor het lassen van staalsoorten die zowel in *metaalkundig* opzicht als in *samenstelling* verschillen, moet een toevoegmateriaal worden gebruikt met zeer gunstige mechanische eigenschappen, dat bovendien niet gevoelig mag zijn voor scheurvorming.

Voor toevoegmateriaal voor *niet-ijzermetalen* (aluminium, nikkel, koper) wordt verwezen naar VM 11, 18 en 21.

Aard en soort van het toevoegmateriaal worden tevens bepaald door het lasproces en de oppervlakbehandeling. In bijzondere gevallen dient men advies in te winnen van een deskundige.

3.2 Lastechnische overwegingen

In het ontwerp moet, na de definitieve materiaalkeuze, de vorm van de constructie vastgelegd worden. Er moet rekening mee worden gehouden dat de in het ontwerp aan te geven delingen of secties afzonderlijk worden gelast. De vorm ervan is maatgevend voor het bij de vervaardiging te volgen lasprocédé. Wordt geen bepaald lasprocédé voorgeschreven, dan moet de constructeur weten over welke lasuitrusting(en) de uitvoerder beschikt, omdat daarmee rekening moet worden gehouden bij de keuze van de lasnaadvormen en plaatsen waar kan worden gelast.

Verder dient rekening te worden gehouden met:

- de hoeveelheid laswerk;
- de lasnaadvorm;
- de verbindingsvorm;
- de lasstand;
- krimpvervormingen en krimpspanningen;
- discontinue overgangen;
- de invloed van laskruisingen en lasopeenhopingen.

3.2.1 Hoeveelheid laswerk

Deze dient zo gering mogelijk te zijn. Technische en economische overwegingen daarbij zijn de volgende:

- De hoeveelheid ingebrachte *laswarmte* moet zo klein mogelijk zijn om vervorming van secties en van de constructie als geheel tot een minimum te beperken. De vervorming wordt bovendien tegengegaan door een zoveel mogelijk gelijkmatige verdeling van de *laswarmte*. Daarom moet ook aandacht worden besteed aan de *lasvolgorde*.
- De *lasvolgorde* moet zo zijn dat het lassen in een star geheel zoveel mogelijk wordt voorkomen. De plaats van de lassen in de constructie moet bovendien niet-destructief kunnen worden onderzocht.
- *Lasspanningen* (residuele spanningen) zijn helaas niet te vermijden. Daarom moet de constructie op die *lasplaats* worden gelast waar de spanningen ten gevolge van de belasting zo gering mogelijk zijn of waar de spanningen door de belasting worden verminderd. Dat geldt in het bijzonder voor dynamisch belaste constructies, omdat bepaalde discontinuïteiten in of aan de las spanningsconcentraties veroorzaken die breuk kunnen inleiden. In verband daarmee moet men er ook op letten dat in de werkplaats of op montage gelast wordt op toegankelijke plaat-sen.
- Zo weinig mogelijk laswerk betekent minder lastijd en minder lasmetaal, waardoor de *kosten* van het laswerk *lager* worden. Daarom is het behalve uit las-technisch ook uit economisch oogpunt aan te bevelen gebruik te maken van in de handel verkrijgbare *profielen*. De voorkeur verdienen profielen met even-wijdige flensoppervlakken. Tevens kan gebruik worden gemaakt van profielen uit plaatstaal. Het zetten van de plaat is hierbij soms goedkoper dan het lassen van de losse plaatdelen.

3.2.2 Lasnaadvorm

De constructeur moet er rekening mee houden dat er verband bestaat tussen *lasnaadvorm*, *laskwaliteit* en *prijs van de las*.

Voor de keuze van de lasnaadvorm zijn de volgende factoren van belang:

- de soort en dikte van het materiaal;
- de voorbereiding van de laskanten;
- de aard van het lasproces;
- de lasstand;
- de aard van de belasting op de constructie.

In NEN 1062-V is een aantal van de meest gebruikelijke lasnaadvormen opgenomen voor het booglassen met de hand van ongelegeerd en zwak gelegeerd staal. Is er sprake van een automatisch of halfautomatisch lasproces, wordt een ander materiaal verwerkt of b.v.

met een diepinbrandelektrode gelast, dan zal men aangepaste lasnaadvormen moeten kiezen.

Zijn hiervoor geen voorschriften of eisen gesteld, dan moet men volgens eigen ervaring en in overleg met de opdrachtgever vaststellen welke lasnaadvorm het gunstigt is in verband met de voor het laswerk vastgestelde aanvaardbare kwaliteit en de prijs van de las. Een zo gering mogelijke vulling vermindert de kosten.

Bij het vaststellen van de lasnaadvorm dient de constructeur op de hoogte te zijn van de in de werkplaats aanwezige outillage voor de voorbereiding. Het heeft geen zin machinaal te bewerken laskanten voor een U-naad op de tekening aan te geven wanneer hiervoor geen machines beschikbaar zijn.

Overleg tussen constructeur en werkplaats is dus gewenst.

3.2.3 Verbindingsvorm

Voor verbindingslassen worden de rechte verbinding met stompe las en de hoekverbinding met hoeklas(sen) het meest toegepast.

STOMPE LAS

Deze las zonder overdikte verstoort het krachtlijnenverloop niet, wat vooral voor sterk dynamisch belaste constructies van belang is. Indien een overdikte niet kan worden vermeden, dient deze zo gering mogelijk te zijn. Overdikte is uit sterkteoverwegingen overbodig omdat de treksterkte van lasmetaal, van de meest gebruikte staalsoorten, met of zonder discontinuïteiten, minstens gelijk is aan de treksterkte van het werkstukmateriaal.

Overdikte is bovendien ongewenst omdat door verstoring van het krachtlijnenverloop in het bijzonder bij spanningswisselingen de mechanische eigenschappen van de las ongunstig worden beïnvloed. Dat geldt ook als door een onvolkomen doorlassing spleten ontstaan; deze kunnen bovendien – indien toegankelijk voor vocht – aanleiding geven tot corrosie. Men moet niet trachten de mechanische eigenschappen van een las te verbeteren door overdikte. Het is bovendien niet economisch omdat de kosten van toevoegmateriaal hoog zijn.

HOEKLAS

Hoeklassen zijn in het algemeen gemakkelijk uit te voeren, in het bijzonder als ze “onder de hand” worden gelegd. Gezorgd moet worden voor een positieve-hoekinsmelting, aanvloeiing aan de laskanten zonder randinkarteling en voor een gelijkbenige dwarsdoorsnede van de las. Een positieve-hoekinsmelting kan bij het verticaal neergaand lassen niet altijd worden verwezenlijkt.

Fouten in de grond van de last moet men vermijden door te zorgen voor een zo goed mogelijke aansluiting van de te lassen constructiedelen. De voorbereiding van de laskanten beperkt zich tot het plaatselijk reinigen van de plaatoppervlakken en plaatkanten. Deze kanten moeten vlak zijn.

Opmerkingen:

- Indien constructief mogelijk, dienen de krachten via *hoeklassen* als schuifkrachten overgebracht te worden.
- Een *hoekverbinding* veroorzaakt onvermijdelijk een zekere kerfwerking in de grond van de las als deze dwars op de krachtlijnen komt te liggen.
- *Verspringende hoeklassen* in een vochtig milieu kunnen aanleiding geven tot corrosie, tenzij de spleten met zorg zijn geconserveerd.
- Zogenaamde *dichtingslassen*, die ook hoeklassen zijn, moeten eveneens krachten kunnen overbrengen.

3.2.4 Lasstand

Toegankelijkheid van de lasplaats is een eerste vereiste. Het *onder de hand* (horizontaal) lassen verdient vrijwel steeds de voorkeur.

Het is daarom gewenst dat de werkplaats over voorzieningen beschikt om het constructiedeel of de constructie in de gewenste stand te brengen. Het lassen in andere standen is wel uitvoerbaar maar vergt een grotere vaardigheid van de lasser. De kans op discontinuïteiten in de las is groter.

3.2.5 Krimpvervormingen en krimpspanningen

Door het lassen ontstaat krimp, waardoor de afstand tussen de gelaste delen kleiner wordt en hoekverdraaiing tussen de delen plaatsvindt. Ook andere, meer gecompliceerde vormveranderingen zijn mogelijk.

Door de krimp kunnen *krimpvervormingen* ontstaan. Bij de maatvoering moet met deze krimp rekening worden gehouden. Dit is op grond van ervaring of door middel van empirische formules mogelijk. De krimpvervormingen kunnen vrijwel worden vermeden door het toepassen van symmetrische lasnaadvormen of van in de constructie symmetrisch aangebrachte lassen. Door de lasvolgorde kunnen de vervormingen worden beperkt.

Wordt in een te star geheel gelast, dan zullen *krimpspanningen* ontstaan, aangezien de lassen niet goed kunnen krimpen. Na het gereedkomen van het laswerk blijven hierin spanningen achter, de zogenoemde *residuele* of *restspanningen*. Reeds bij het ontwerp en ook bij de lasuitvoering moeten maatregelen worden genomen om deze spanningen zo laag mogelijk te houden (zie 3.2.1 Hoeveelheid laswerk).

3.2.6 Discontinue overgangen

Naarmate een constructie dynamisch zwaarder wordt belast, dient men meer aandacht te schenken aan het vermijden van discontinue overgangen in vorm en afmeting van de constructiedelen. De overgangen dienen zo vloeiend mogelijk te zijn. Soms kan dat zelfs om andere redenen reeds noodzakelijk zijn door verschil in afkoelingssnelheid en het optreden van hoge lasspanningen (residuele spanningen).

Omdat een uitvoering met vloeiend verlopende overgangen vaak tot hogere kosten leidt, moet de constructeur wel overtuigd zijn van de technische noodzaak van een dergelijke uitvoering.

3.2.7 Invloed van laskruisingen en lasopeenhopingen

Waar lassen dicht bij elkaar liggen, ontstaat een gebied van residuele spanningen die gevaarlijk hoge waarden kunnen aannemen. Concentraties van lassen dienen dan ook te worden vermeden. Als dat door de aard van de constructie niet mogelijk is, moet worden overwogen of een dergelijke constructie wel aanvaard kan worden. Zo niet, dan dient men na te gaan of een spanning verlagende warmtebehandeling na het lassen mogelijk is. Anders moet men een andere oplossing kiezen, b.v. toepassing van een gietstuk, smeedstuk of machinaal gevormd stuk.

3.3 Andere verbindingsmethoden

Het is niet altijd mogelijk alle verbindingen aan constructiedelen door middel van lassen tot stand te brengen. Het kan noodzakelijk zijn bepaalde gedeelten door *bouten* of *klinken* aan elkaar te verbinden. De in de werkplaats gelaste secties of onderdelen kunnen vaak economischer door bouten op de bouwplaats worden verbonden. Soms moet een deel van de constructie demontabel zijn en zijn boutverbindingen noodzakelijk.

Worden voor één constructie *verschillende verbindingsmethoden* toegepast, dan moet steeds en weloverwogen een scheiding worden gemaakt tussen de te lassen en de te bouten (of klinken) delen. Het is gevaarlijk en dus onjuist als een kracht wordt overgebracht door een combinatie van een las en een bout- of klinkverbinding. De wijze waarop de kracht zich verdeelt over de verschillende verbindingen is namelijk moeilijk vast te stellen en kan zeer ongunstig zijn.

Meestal moet de lasverbinding het grootste deel van de belasting opnemen. Een uitzondering vormt waarschijnlijk de combinatie lasverbinding – verbinding met voorgespannen bouten. Deze uitvoering verkeert nog in een experimenteel stadium.

Bij de vervaardiging van gelaste constructiedelen die daarna in een min of meer star geheel moeten worden verbonden door middel van klinken of bouten, moet men de daartoe benodigde gaten pas boren ná het gereedkomen van elk constructiedeel, dus ná het lassen. Doet men het ervóór, dan bestaat de kans dat de gaten na het lassen iets ten opzichte van hun oorspronkelijke positie verschoven zullen zijn en het klinken of bouten moeilijkheden oplevert. Tijdens het lassen is namelijk een zeer exacte maatvoering erg moeilijk. Is later aanbrengen van de gaten niet uitvoerbaar, dan moet men behalve aan de maatvoering ook bijzondere aandacht schenken aan het lassen van de eindstukken in verband met de krimp; dit met het oog op een goede aansluiting.

3.4 Beoordeling van het ontwerp

Wanneer het ontwerp van de constructie gereed is, waarbij besproken richtlijnen zijn gevolgd, moet het kritisch worden beoordeeld, zowel in onderdelen als in zijn geheel. De beoordeling dient te geschieden vanuit het standpunt van de constructeur, vanuit dat van de uitvoerder en dat van de opdrachtgever. De laatste moet het eindoordeel geven.

De *constructeur* dient na te gaan of voldoende rekening is gehouden met de wensen van de opdrachtgever en de uitvoerder, met de eventuele wettelijke voorschriften en tevens met de voor een doelmatig onderhoud en mogelijke reparaties te stellen eisen.

De *uitvoerder* zal het definitieve ontwerp moeten beoordelen op uitvoerbaarheid van de constructie, ook nadat hij reeds in een vroeger ontwerpstadium door de constructeur werd geraadpleegd. Voor de uitvoerder zijn bovendien belangrijk de loon- en onkostenpost,

de hanteerbaarheid van constructiedelen en secties, de hijscapaciteiten in loodsen en op fabrieksterreinen, de transportmogelijkheden, de fabrieksuitrusting, de ruimte voor de constructie, de plaats van de hijsogen (waar nodig reeds op tekening aan te geven), de toegankelijkheid van de constructie in verband met lassen, hakken en gutsen.

De *opdrachtgever* zal de bruikbaarheid moeten beoordelen en moeten nagaan of aan de door hem gestelde eisen is voldaan. Beschikt de opdrachtgever niet over deskundigen die het ontwerp technisch kunnen beoordelen, dan kan het nodig zijn een *onpartijdige deskundige* te raadplegen. Hij dient ook te beoordelen of de constructie voldoende toegankelijk is voor later uit te voeren werkzaamheden als conservering, controle, onderhoud, eventuele reparaties en of aan de gewenste afwerking (o.a. vlak hakken, slijpen) is voldaan. Het gebruik van een "afkruislijst" is nuttig om er zeker van te zijn dat geen van de punten die beoordeeld moeten worden, wordt vergeten.

Nadat alle gewenste wijzigingen, voor zover mogelijk, in het ontwerp zijn verwerkt, wordt het ontwerp aan de *opdrachtgever* ter *definitieve goedkeuring* aangeboden. De meest gebruikelijke werkwijze is, dat het origineel van de ontwerptekeningen door de opdrachtgever van een goedkeuringsstempel en handtekening wordt voorzien of dat hij twee afdrukken van de ontwerptekeningen ontvangt, waarvan er één wordt teruggezonden, voorzien van zijn goedkeuringsstempel en handtekening. In het eerste geval zijn tevens alle afdrukken van de goedkeuring voorzien. De uitvoering van de werkzaamheden zal in het algemeen, tenzij de opdrachtgever schriftelijk anders heeft bepaald, pas mogen aanvangen als de ontwerp- en constructietekeningen door de opdrachtgever zijn goedgekeurd.

De uitvoering

4.1 Keuring van het werkstukmateriaal

In het *bestek* dienen (in verband met het gestelde in 3.1 Materiaalkeuze) keuringseisen te worden vermeld voor de gekozen werkstukmaterialen. Ook als geen bijzondere eisen worden gesteld – nl. wanneer kan worden volstaan met materiaal van handelskwaliteit – is het gewenst dit in het bestek te vermelden. Ten aanzien van dit materiaal moet wel de eis van lasbaarheid worden gehandhaafd. Daar de fabricagekosten stijgen met de eisen die aan het materiaal worden gesteld, dienen de eisen verantwoord te zijn.

Het voorgeschreven werkstukmateriaal moet duidelijk in het bestek worden omschreven. Het wordt daar aanbevolen slechts genormaliseerd d.w.z. gecodeerd materiaal voor te schrijven, met de nodige aanwijzingen ten aanzien van de desbetreffende norm. Voorbeelden: St 37, DIN 17100, oktober 1957; Fe 52 C3, EU 25-66.

Het is gewenst dat een duidelijke materiaalomschrijving reeds in de *offerte-aanvraag* wordt opgenomen om de inschrijver in de gelegenheid te stellen een juist inzicht te krijgen in de gestelde eisen.

4.2 Vaardigheid van de lasser

Een voorwaarde voor het verkrijgen van goed laswerk is de vaardigheid van de lasser, van wie men kan verlangen dat hij in het bezit is van een *NIL-diploma*. Van de uitvoerder kan worden verlangd dat hij aantoonst dat zijn lassers voor hun taak berekend zijn. Voor eenvoudig laswerk kan worden volstaan met verwijzing naar recent gebleken vaardigheid daarin. Voor belangrijk werk moeten *proefstukken* worden gelast in de standen die zich bij de vervaardiging van de constructie zullen voordoen, met gebruik van de voorgeschreven c.q. overeengekomen werkstuk- en toevoegmaterialen. De proeflassen kunnen zowel met de hand als (half)automatisch worden uitgevoerd voor zover deze lasprocedures bij de vervaardiging zullen worden toegepast. De beoordeling van de proeflas(sen) dient te geschieden (volgens een daarvoor geldende norm of richtlijn) door een deskundige die tevens bij het proef-

lassen aanwezig moet zijn. Als Nederlandse norm komt in aanmerking NEN 1062-IV. De proeflassen worden gewoonlijk beoordeeld aan de hand van een visueel, een niet-destructief, een mechanisch en/of een metaalkundig onderzoek. Een en ander dient in het bestek te worden opgenomen.

4.3 Keuze van het lasprocédé

In het bestek dient tevens te worden opgenomen welk lasprocédé kan of welke lasprocedures kunnen worden toegepast. Een en ander hangt nauw samen met de materiaalsoort. Tabel 1 geeft hiervoor een leidraad. Het in aanmerking komende lasprocédé wordt of de in aanmerking komende lasprocedures worden mede bepaald door de dikte van de werkstukdelen en de lasstand. Richtlijnen voor dit onderlinge verband zijn in tabel 2 gegeven.

Bij de keuze van een lasprocédé zijn de volgende factoren van belang:

- *Structuur van het lasmetaal van de warmte-invloedszone.* De aard van het lasproces en de toegepaste lasmethode met de daarmee in verband staande ingebrachte warmte zijn van grote invloed op de structuur van het lasmetaal en op die van de warmte-invloedszone, hoewel er ook verband bestaat met de samenstelling van het werkstukmateriaal. Van beslissende invloed op deze structuren en daarmee op de mechanische eigenschappen van de lasverbinding is de *afkoelingssnelheid* die zelf weer in sterke mate afhankelijk is van vorm en afmetingen van het werkstuk.
- *Kwaliteit van het laswerk.* In 5.3 wordt een omschrijving gegeven van het begrip “kwaliteit van laswerk”. Daaruit blijkt dat het de reciproke is van het aanvaardbare uitvalpercentage. Bij de lasuitvoering dient op zijn minst aan de volgens deze omschrijving in het bestek voorgeschreven kwaliteit te worden voldaan. Deze kwaliteitseis houdt tevens in dat zodanige maatregelen moeten worden genomen dat het laswerk “technisch beheerst” wordt uitgevoerd, waardoor te grote aantallen plaatselijke gebreken in de las worden vermeden.

In het algemeen kan aan deze eis gemakkelijker worden voldaan bij het machinaal of automatisch lassen (als de lasmachine of het automatische las-toestel maar goed is afgesteld en alle overige om-standigheden gunstig zijn) dan bij het halfauto-matisch lassen en hierbij soms weer gemakkelijker dan bij het lassen met de hand.

De kwaliteit wordt ongunstig beïnvloed door vocht, verontreinigingen aan of in het werkstukmateriaal, de wijze van voorbereiding van de laskanten e.d. Bovendien moet rekening worden gehouden met eerder voorkomende vermoeidheid van de lasser wanneer in een andere dan de horizontale stand wordt gelast. De lasstand kan daardoor de kwaliteit ongunstig beïnvloeden.

Bij het *weerstandlassen* wordt de kwaliteit van de afzonderlijke las behalve door de kwaliteit van het werkstukmateriaal mede bepaald door de opper-vlakgesteldheid van dat materiaal en door de voor-schriften van de lasuitvoering (druk, lasstroom, las-tijd en eventuele vóór- en naverwarmingstijd).

De kwaliteit is bovendien afhankelijk van het elek-trodemateriaal. Bij toepassing van een elektronische besturing kan een hoge gemiddelde kwaliteit van de afzonderlijke lassen worden bereikt als het werk-stukmateriaal maar goed lasbaar is.

De keuze van het lasprocédé wordt dan bepaald door:

- de aard van het laswerk in verband met de aard van de constructie en van de delen;
- de plaats van de lasuitvoering nl. in de werkplaats, in het veld of op montage;
- de betrouwbaarheid van de benodigde lasinstalla-tie(s);
- de omvang van het bedrijf;
- de vaardigheid van de lasser.

De automatische lasprocessen (onder poederdek lassen, booglassen in een beschermend gas, elektroslaklassen, weerstandlassen) komen in het algemeen slechts in aanmerking bij herhaling van gelijksoortig en betrek-kelijk eenvoudig laswerk en voor seriewerk. Hierbij wordt de constructie die moet worden gelast, naar de vast opgestelde automaat gebracht of, andersom, een transportabele lasmachine naar de te lassen constructie.

4.4 Algemene aanbevelingen

Afhankelijk van de vereiste kwaliteit van het laswerk dient in het bestek een aantal aanbevelingen te worden opgenomen voor een technisch beheerste lasuitvoering. Deze aanbevelingen hebben betrekking op de volgende facetten:

- *Vorbewerking van de laskanten.* Methoden van voorbereiding zijn: autogeen snijden zonder of met poeder; snijden met de plasmastraal; mechanische voorbereiding zoals schaven, knippen, slijpen of hakken. Afhankelijk van de vereiste nauwkeurigheid kan een bepaalde methode worden aangeraden.
- *Wals- en gloeihuiden, oxyde- en roestlagen.* Het is soms nodig dat deze worden verwijderd; het is dan gewenst dat de wijze waarop dit moet geschieden, wordt vermeld.
- *Beschermende lagen.* Om de oppervlakken van te lassen werkstukken tijdens opslag tegen roesten te beschermen worden ze door de fabrikant wel voor-zien van een laag "lasmenie", zink of zinkcompound. In dat geval dienen, als ook de laskanten daarmee zijn bedekt, rapporten te worden overgelegd waaruit moet blijken dat de gebruikte lasmenie de kwaliteit van het laswerk niet nadelig beïnvloedt en geen ge-vaar oplevert voor de gezondheid van de lasser.
- *Uitlijnen.* Bij het uitlijnen van de constructiedelen moet een maximummaat worden aanbevolen voor het verspringen van de laskanten. Deze maat mag niet worden overschreden. Bij constructiedelen uit geplateerd staal mag verspringen van de scheidings-lijn tussen platering en basismateriaal niet worden toegelaten.
- *Hechtlassen.* Deze dienen met betrekking tot kwali-teit en afmetingen zodanig te worden uitgevoerd dat zij aan hun doel kunnen beantwoorden. Dat doel bestaat hierin dat ze de vooropening vóór het lassen zo constant mogelijk houden en licht transport mo-gelijk maken. Hechtlassen moeten, zodra met de las-uitvoering wordt begonnen, successievelijk geheel worden verwijderd.
- *Ogen voor stelwiggen.* Het aanlassen en later ver-wijderen hiervan moet met zorg geschieden. In het bestek dient te worden opgenomen waar de ogen moeten worden aangebracht en hoe ze worden ver-wijderd.
- *Weersinvloeden.* In het bestek dienen aanbevelingen te worden opgenomen ten aanzien van voorzieningen bij weersomstandigheden waaronder de handvaar-digheid van de lasser en de kwaliteit van het laswerk nadelig kunnen worden beïnvloed.
- *Startplaatjes en uitlopers.* Indien de aard van het werkstukmateriaal en van de constructie dit nodig maken, moet het gebruik van startplaatjes en uit-lopers in het bestek worden aanbevolen.
- *Opslag van het toevoegmateriaal.* Vooral bij gebruik van beklede elektroden moet worden geadviseerd dat deze door de uitvoerder direct na ontvangst van de fabriek in een droogkast worden opgeslagen. Bij langdurige laswerkzaamheden te velde of tijdens montage is het gewenst dat de lasser de elektroden

lasproces		staal			niet-ijzer metalen	bijzondere metalen
		onlegeerd	zwak geleg.	gelegeerd		
booglassen	met beklede elektrode	+	+	+	○	–
	in edelgas met massieve draadelektrode (MIG-lassen)	–	–	+	+	+
	in actief gas met massieve of gevulde draad-elektrode (MAG-lassen)	+	+	+	–	–
	met W-elektrode; al of niet met toevoegmetaal (TIG-lassen)	○	+	+	+	+
onder poederdek lassen		+	+	+	–	–
elektroslaklassen		+	○	○	–	–
elektrogaslassen (bekist lassen)		+	○	–	–	–
autogeen lassen		+	+	○	○	–
weerstandlassen		+	+	○	○	○

verklaring der tekens: + goed mogelijk ○ beperkt mogelijk – niet mogelijk

Tabel 1 Samenhang tussen lasproces en werkstukmateriaal

lasproces			lasstand					werkstuk- dikte (in mm)	
			horizon- taal	staande hoeklas	horiz. vert.	vert. opgaand	vert. neergaand		boven het hoofd
booglassen	met beklede elektrode		+	+	+	+	+	+	≥ 1,5
	in bescher- mend gas	met massieve draadelektrode	+	+	+	+	+	+	> 1
		met gevulde draadelektrode	+	+	+	-	-	-	> 5
		onder poederdek lassen		+	+	+	-	-	-
elektroslaklassen			-	-	-	+	-	-	> 15
elektrogaslassen			-	-	-	+	-	-	> 10
autogeen lassen			+	+	+	+	+	+	≤ 5-6
weerstandlassen			puntlassen alleen met een lastang in alle standen mogelijk						5-6**

verklaring der tekens: + mogelijk – niet mogelijk

* Voor het in een andere dan de horizontale stand lassen een speciale lasmethode toepassen (met kortsluitboog of pulserende stroom).

** De werkstukdikte bepaalt het vermogen van de machine; het puntlassen wordt ook reeds voor werkstukken van grotere dikte toegepast. Het vermelde gebied van de werkstukdikte heeft betrekking op het punt-, doordruk(nok)- en rollassen. Voor het stuiklassen gelden grotere werkstukdikten.

Tabel 2 Verband tussen lasproces, lasstand en werkstukdikte

voor direct gebruik betreft uit een afsluitbare koker. Kleine voorraden moet men opslaan in zo dicht mogelijk bij de lasplaats op te stellen droogkastjes. Op de grond of elders liggende restanten van elektroden of gehele elektroden mogen niet meer worden gebruikt. Ook massieve of gevulde draadelektroden en laspoeders moeten schoon en droog zijn bij gebruik.

- *Overdikte en overbreedte.* Overdikte en overbreedte dragen niet bij tot de sterkte van de las en moeten dus worden vermeden. In elk geval moeten maximumwaarden daarvoor in het bestek worden opgenomen. Overdikte moet in geval van dynamische belasting zo mogelijk geheel worden vermeden, aangezien door eventuele kerfwerking de vermoeiingssterkte nadelig kan worden beïnvloed.
- *Onderbreken van het laswerk.* Het is gewenst de werkzaamheden zo te regelen dat het laswerk niet wordt onderbroken. Als daar toch niet aan valt te ontkomen, is het voor het hervatten van het lassen soms vereist, ter plaatse van de onderbreking, het lasmetaal en de directe omgeving opnieuw te verhitten tot de temperatuur waarbij werd onderbroken. Of dat nodig is, hangt af van de aard van het materiaal en de constructie.
- *Nabewerken van het lasoppervlak.* Als het lasoppervlak door slijpen moet worden nabewerkt, moet de richting van de slijpgroeven overeenkomen met die van de trekspanningen tijdens gebruik van de constructie.

- *Warmtebehandeling.* Bij toepassing van een of meer warmtebehandelingen (vóór, tijdens of na het lassen) moeten daarvoor adviezen – ook voor de wijze van temperatuurmeting – in het bestek worden opgenomen.
- *Richten.* Als na het lassen moet worden gericht, moet in het bestek worden opgenomen welke methode(n) daarvoor is (zijn) toegestaan.
- *Discontinuïteiten aan het lasoppervlak en in het lasmetaal.* Ter beoordeling van de al of niet aanvaardbaarheid van de afzonderlijke lasstroken die aan een radiografisch onderzoek worden onderworpen, moeten richtlijnen in het bestek worden opgenomen voor de toelaatbaarheid zowel van uitwendige discontinuïteiten aan de lasstroken als van inwendige in het lasmetaal. Ten aanzien van deze richtlijnen kan ook worden verwezen naar normen of richtlijnen die betrekking hebben op één bepaalde soort constructie (zie 5.2: Keuring).
- *Reparaties.* De lasuitvoering moet zo zijn dat het aantal reparaties het op grond van het vereiste kwaliteitsniveau toelaatbare niet overschrijdt. In het bestek moet worden vastgelegd in welke gevallen mag worden gerepareerd en hoe een reparatie moet worden uitgevoerd. Reparaties leiden niet altijd tot verbetering van de lasstrook, mede omdat door het opnieuw inbrengen van warmte de lasspanningen plaatselijk groter kunnen worden. Daarom moet het aantal reparaties sterk worden beperkt.

Controle en keuring

In het bestek moeten controlevoorschriften worden opgenomen. Deze maatregelen omvatten toezicht en keuring.

5.1 Toezicht

Tijdens de fabricage dient toezicht te worden uitgeoefend door de uitvoerder en door de opdrachtgever of, uit naam van deze, door derden.

5.1.1 Toezicht door de uitvoerder

Dit toezicht omvat:

- voorschriften door de uitvoerder zelf gesteld;
- eisen van de opdrachtgever;
- wettelijke of bestuursrechtelijke eisen, b.v. veiligheidseisen.

Het is noodzakelijk dat de uitvoerder de eisen van de opdrachtgever en laatstgenoemde eisen kent voordat hij aan het werk begint.

De opdrachtgever dient zich te realiseren dat achteraf gestelde eisen prijsverhogend werken; het is ook mogelijk dat aan deze eisen niet of nauwelijks kan worden voldaan, waardoor voor beide partijen moeilijkheden kunnen ontstaan.

De voorschriften van de uitvoerder kunnen van bedrijf tot bedrijf verschillen en worden bepaald door de eisen van de opdrachtgever en de wettelijke c.q. bestuursrechtelijke eisen alsmede door het niveau waarop het bedrijf normaal werkt. Opdrachten waaraan hoge eisen worden gesteld met betrekking tot het kwaliteitsniveau en die daardoor moeilijk uitvoerbaar zijn, kunnen alleen worden verstrekt aan bedrijven met een hoog fabricagepeil die voor dergelijke opdrachten voldoende geoutilleerd zijn.

De interne controle omvat:

- de materialen, aan de hand van de bijbehorende certificaten;
- het merken van de verschillende materialen om verwisseling te voorkomen;
- de werkvolgorde;
- de toepassing van de in aanmerking komende lasprocessen en de overeengekomen lasmethode;

het gebruik van de voorgeschreven soorten toevoegmateriaal;

- de lasuitvoering;
- de eventuele warmtebehandelingen.

Ten aanzien van de laatste vier punten dient de controle te worden uitgevoerd door een *lasdeskundige*. In kleine bedrijven wordt dit werk vaak aan een ervaren lassersbaas opgedragen. De opdrachtgever moet de eis stellen dat de toezichthouder deskundig is door b.v. te eisen dat hij in het bezit is van een door het NIL verstrekt "getuigschrift toezichthoudend lastechnisch personeel" of een ander gelijkwaardig getuigschrift.

5.1.2 Toezicht door de opdrachtgever of door derden

De gemachtigde van de opdrachtgever die bij het toezicht op de naleving van de bestekvoorwaarden de controle op het laswerk uitoefent, dient deskundig te zijn en voldoende praktische laservaring te hebben en bij voorkeur in het bezit te zijn van een door het NIL af te geven bewijs van bekwaamheid. Valt de constructie onder van overheidswege gestelde eisen, dan zal op de naleving daarvan door een ambtenaar worden toegezien (b.v. van de Dienst voor het Stoomwezen). De controle door derden ontheft de uitvoerder niet van zijn verantwoordelijkheid ten aanzien van het voor het werk vereiste kwaliteitsniveau.

Overigens geschiedt dit toezicht in nauwe samenwerking met de uitvoerder. Het omvat:

- kritische punten in de constructie;
- de tewerkstelling van lassers die voor het werk geschikt zijn;
- de lasuitvoering;
- de maatvoering;
- de eventuele warmtebehandelingen;
- het aanwezig zijn bij elk onderzoek van meegelaste proefstukken, gelaste constructiedelen of de gehele constructie;
- het aanwijzen van de plaatsen voor het niet-destructieve onderzoek; het bespreken van de resultaten van dit onderzoek en het plegen van overleg over eventuele reparaties.

De uitvoerder moet zorg dragen voor de nodige maat-

regelen die erop gericht zijn dat het toezicht door derden de produktie niet stoort. Wordt het om een of andere reden gewenst een neutrale deskundige in te schakelen, dan verdient het aanbeveling deze in onderling overleg aan te wijzen.

5.1.3 Intensiteit van het toezicht

De intensiteit van het toezicht, vooral namens de opdrachtgever, is afhankelijk van de kennis die de uitvoerder heeft van het fabricagepeil. Is dat peil niet voldoende bekend, dan dient reeds vóór de lasuitvoering een onderzoek daarnaar plaats te vinden, o.a. onderzoek van de vaardigheid van de lasser(s) (zie ook 4.2). Voor de uitvoerder is het doelmatig bewust te streven naar een bepaald fabricagepeil dan dat wordt volstaan met het achteraf constateren van een kwaliteit van het laswerk waarbij dan soms te veel reparaties nodig zijn.

De intensiteit van het toezicht op de uitvoering van een laswerk wordt tevens bepaald door de aard van de constructie, b.v. de toegankelijkheid van het werk. Minder goede toegankelijkheid kan aanleiding zijn dat men de intensiteit vergroot, maar ook dat dit toezicht niet naar behoren kan worden uitgeoefend. In het laatste geval dient men andere maatregelen te nemen om tijdens de lasuitvoering inzicht te krijgen in het fabricagepeil. In het algemeen zal de eerst wel noodzakelijke intensiteit van het toezicht gedurende de uitvoering van het werk kunnen worden vermindert, als weinig risico bestaat voor daling van het fabricagepeil. Het toezicht moet door beide partijen worden besproken. Dit overleg zal te meer nodig zijn naarmate:

- de constructie ingewikkeld is en tijdens de vervaardiging minder toegankelijk wordt;
- materiaal gekozen is (b.v. met betrekking tot corrosieve aantasting) waarbij de lasuitvoering bijzondere aandacht vraagt;
- in de constructie hogere dynamische belastingen een rol spelen en dus kans op vermoeiing kan optreden.

Deze omstandigheden kunnen het nodig maken dat anders gericht toezicht moet worden uitgeoefend dan het gebruikelijke. In dat geval is intensief overleg tussen de produktie-afdeling, de interne controledienst en betrokken derden zeer gewenst.

Bij alle eisen (o.a. veiligheidseisen) ten aanzien van het kwaliteitsniveau moet men bedenken dat het ook onjuist is dit niveau hoger te stellen dan voor het gebruiksdoel van de constructie nodig is. Te hoge eisen leiden tot overbodig toezicht en onnodig hoge kosten. Het is gewenst dat men over aard en omvang van het toezicht (in het bijzonder met betrekking tot het toezicht door derden) afspraken maakt en deze in het

bestek opneemt, waarbij tevens moet worden vastgelegd voor wiens rekening de kosten zijn.

5.2 Keuring

Voor de keuring van gelaste constructies komt alleen in aanmerking het *niet-destructieve onderzoek*.

5.2.1 Vormen van niet-destructief onderzoek

Niet-destructief onderzoek bestaat uit de volgende vormen:

- *Visueel onderzoek*. Indien enigszins mogelijk moet vóór, tijdens en ná de lasuitvoering door een of meer lasdeskundigen een visueel onderzoek worden uitgevoerd. Vóór de lasuitvoering houdt dat in: onderzoek naar de lasvaardigheid en naar de geschiktheid van de te gebruiken las en andere uitrusting. Dit onderzoek is een belangrijk onderdeel van de keuring.

- *Radiografisch onderzoek*. Dit onderzoek vindt, indien het laswerk daarvoor toegankelijk is, als documentair onderzoek de meeste toepassing. Van de te onderzoeken lasstroken worden radiografieën gemaakt, waarmee discontinuïteiten in de las zichtbaar worden gemaakt.

Radiografisch onderzochte lasstroken worden in Nederland maar ook in het buitenland meestal nog geklasseerd volgens de "IIW (International Institute of Welding)-collection of reference radiographs". Deze algemene filmklassering is evenwel uitsluitend bestemd voor instructiedoeleinden.

Radiografisch onderzochte lasstroken moeten echter worden beoordeeld naar de Categorie van de constructie en het daarmee samenhangende vereiste kwaliteitsniveau (zie ook hoofdstuk 7).

- *Ultrasoon (u.s.)-onderzoek*. Deze onderzoeksmethode heeft zekere grenzen in het aantonen en het herkennen van discontinuïteiten. Het vormt een aanvulling op het radiografisch onderzoek. De grens die aan het radiografisch onderzoek wordt gesteld door de materiaaldikte, bezit het ultrasoononderzoek niet. De waarde van het u.s.-onderzoek neemt zelfs toe naarmate het te onderzoeken materiaal dikker is (meer dan 6 mm). Het u.s.-onderzoek als universele methode mag echter niet worden overschat. De waarde ervan ligt meer op het gebied van het met grote waarschijnlijkheid signaleren van bepaalde te verwachten discontinuïteiten, op voorwaarde dat de echohoogte ten minste 2 mm is.

De interpretatie van door u.s.-onderzoek verkregen resultaten hangt sterk af van de ervaring der controleurs en van de hun ter beschikking staande installaties. Het onderzoek vereist een grondig las-

technisch inzicht en een voorkennis van het te onderzoeken object (zie VM 07: Ultrasoon onderzoek van lassen).

- *Penetrant en magnetisch onderzoek.* Deze onderzoeksmethoden worden slechts beperkt toegepast; zij zijn geschikt voor het constateren van fouten aan of zeer dicht onder het oppervlak. De methoden lenen zich goed voor controle tijdens de uitvoering van het werk.

5.2.2 Toelaatbaarheid van discontinuïteiten

De vraag in hoeverre discontinuïteiten in de las een ongunstige invloed uitoefenen op de lasverbinding, kan niet eenduidig worden beantwoord. Naar de maatstaven voor deze beoordeling wordt nog gezocht.

Rekening moet worden gehouden met de volgende factoren:

- *Aard van de belasting.* Deze kan statisch of dynamisch zijn. Tot de eerste rekent men, behalve de constante belastingen, ook de langzaam en geleidelijk van grootte en richting veranderende belastingen. Onder de laatste vallen onder meer de schok- en stootbelastingen.
- *Gebruikstemperatuur.* Bij lage gebruikstemperatuur neemt in het algemeen de kans op brosse breuk toe; bij hoge temperaturen kan kruip een rol spelen.
- *Te verwachten corrosie of erosie.* De aan een las te stellen eisen zullen strenger worden naarmate meer aantasting wordt verwacht.
- *Dichtheid van de las.* Deze wordt uitgedrukt in verhouding tot een standaardlek voor het desbetreffende medium.

De *toelaatbaarheid* van een discontinuïteit en van een aantal tegelijk optredende discontinuïteiten wordt bepaald door het gebruiksdoel van de constructie en door de vier genoemde omstandigheden. Het is daarbij noodzakelijk zich rekenschap te geven van de invloed van de verschillende soorten discontinuïteiten op de aanvaardbaarheid van de afzonderlijke las of lasstrook.

Opmerkingen (over de aanvaardbaarheid):

- *Gasholten.* Dit zijn ronde of nagenoeg ronde holle ruimten in de las. Zij verkleinen de lasdoorsnede waardoor de spanning hoger wordt. Gasholten hebben alleen bij dynamische belasting soms een ongunstige invloed op de sterkte.
- *Gaskanalen.* Dit zijn langgerekte gasholten, loodrecht of nagenoeg loodrecht op het lasoppervlak. Hierdoor wordt de lasdoorsnede kleiner en de kans op lek bij aantasting groter.
- *Slakinsluitels.* Dit zijn met slak gevulde ruimten in de las. Ze zijn vooral gevaarlijk bij de scherpe hoeken door de optredende concentratie van span-

ningen (kerfwerking), waardoor scheurvorming kan worden ingeleid. Slakinsluitels zijn een maatstaf voor de zorgvuldigheid waarmee is gelast. Bij het *booglassen met de hand* kunnen ze het gevolg zijn van:

- . onvoldoende slakverwijdering voor het lassen van de volgende laag;
- . uithakken met een te scherpe beitel;
- . zwaarfouten;
- . fouten bij het verwisselen van elektroden (aansluitingsfouten);
- . fouten bij naadaansluitingen.

Slakinsluitels dienen strenger te worden beoordeeld bij constructies die bij lagere temperatuur worden gebruikt.

De ligging van het insluitel, in het hart van de las of dicht onder het oppervlak, is vooral bij dynamische belasting belangrijk.

Slakinsluitels kunnen als aaneengesloten banen voorkomen. Dergelijke banen zijn ongunstiger dan afzonderlijke insluitels. Vastgelegd moet worden bij welke onderlinge afstand slakinsluitels nog als afzonderlijk, dan wel als baan moeten worden aangemerkt.

In een corrosieve omgeving bevorderen zichtbare slakinsluitels de aantasting.

- *Bindingsfouten.* Dit zijn gedeelten in een las waar het lasmetaal of het lasmetaal en het werkstuk niet zijn samengevloeid. Bindingsfouten zijn even gevaarlijk als scheuren (zie hierna bij: scheuren).
- *Onvolkomen doorlassing.* Deze fout komt in de grond van een las voor als een bindingsfout of als een kerf. Dat kan het gevolg zijn van onvoldoende doorlassen van een V-naad of onvoldoende uithakken van een V- of een X-naad met te hoge staande kant. De fout wordt naar zijn lengte beoordeeld. In korte stukken zijn de fouten doorgaans van weinig betekenis; een grote lengte is echter ongunstig. In een corrosieve omgeving en bij wisselende belasting kan deze fout snel lek of breuk veroorzaken.
- *Scheuren.* Doorgaans worden scheuren als grove fouten aangemerkt, ongeacht de richting en de grootte. In niet-corrosieve omgeving, bij drukbelasting en als de omgevingstemperatuur niet beneden de overgangstemperatuur (dat is de temperatuur waarbeneden het materiaal tot brosse breuk neigt) daalt, zijn korte scheuren van weinig betekenis.

Aard en afmetingen van discontinuïteiten die voor een bepaalde constructie niet toelaatbaar zijn, moeten in het bestek worden genoemd.

5.2.3 Klassering

In de tabellen 3 en 4 zijn beschrijvingen van disconti-

nuïteiten uit 12 verschillende voorschriften verzameld. Hiermee kan men in voorkomende gevallen zinvolle kwaliteitseisen voor laswerk opstellen.

Er wordt uitdrukkelijk tegen gewaarschuwd dat deze in tabel 3 en 4 genoemde (film)klassering niet zo maar als waarderingscijfer voor de las mag worden beschouwd.

De filmklassering berust op een aantal factoren die onafhankelijk van elkaar moeten worden beoordeeld. Men heeft namelijk in de tabel achtereenvolgens:

- een geleidelijke uitbreiding van mogelijke fouttypen;
- een graduele toeneming in grootte en/of aantal van telkens in een voorgaande omschrijving reeds genoemde fouttypen.

In tabel 4 is dit aanschouwelijk voorgesteld. Hierbij wordt erop gewezen dat in feite dus elk der onderscheiden fouttypen aanleiding kan zijn tot klassering in 1 tot en met 5.

Het klasseringscijfer met de bijbehorende codering geeft een bruikbare maar onvolledige indruk van de kwaliteit van de las. Als criterium voor de aanvaardbaarheid van het laswerk als geheel is deze klassering *onbruikbaar* nl. wanneer b.v. klasseringen 1 en 2 als wel en klasseringen 3, 4 en 5 als niet aanvaardbaar worden gesteld.

De aanvaardbaarheidscriteria dienen de toelaatbaarheid voor elke fout te omschrijven en de maximale grootte en frequentie ervan aan te geven. Deze eisen zijn afhankelijk van het gebruiksdoel.

5.3 Keuring bij overneming

Vergeleken worden:

- de conventionele keuring;
- de statistische keuring.

5.3.1 Conventionele keuring

Aan een bepaald maar overigens geheel willekeurig gekozen percentage van het gereedgekomen laswerk wordt, als het daarvoor toegankelijk is, een *radiografisch onderzoek* uitgevoerd. Dit percentage wordt groter genomen (maximaal 100%) naarmate aan de constructie hogere eisen worden gesteld, b.v. aan de veiligheid.

De lascontroleur of keurmeester selecteert de plaatsen waar de radiografieën worden gemaakt, b.v. daar waar bij visuele keuring twijfel is gerezen ten aanzien van de kwaliteit van het laswerk. Als *kwaliteitscriterium* van de radiografisch onderzochte afzonderlijke lassen of lasstroken geldt meestal de *IIW-klassering van röntgenfilms*.

Het procentuele keuringsvoorschrift bevat geen goedkeurcriterium, dat wil zeggen dat het hierbij toelaat-

omschrijving der lasfouten	klassering
– homogene las of las met een enkele verspreid liggende gasholte (Aa)	1 (zwart)
– zeer geringe afwijkingen in homogeniteit d.w.z. één of meer fouten in de vorm van . gasholten (Aa...Ab) . slakinsluitsels (Ba...Bf) . inkartelingen (F)	2 (blauw)
– geringe afwijkingen in homogeniteit d.w.z. één of meer fouten in de vorm van . gasholten (Aa...Ab) . slakinsluitsels (Ba...Bf) . inkartelingen (F) . fouten in de grond van de las (C)	3 (groen)
– opvallende afwijkingen in de homogeniteit d.w.z. één of meer fouten in de vorm van . gasholten (Aa...Ab) . slakinsluitsels (Ba...Bf) . inkartelingen (F) . fouten in de grond van de las (C) . bindingsfouten (D)	4 (bruin)
– zeer ernstige afwijkingen in homogeniteit d.w.z. één of meer fouten in de vorm van . gasholten (Aa...Ab) . slakinsluitsels (Ba...Bf) . inkartelingen (F) . fouten in de grond van de las (C) . bindingsfouten (D) . scheuren (E)	5 (rood)

Opmerking

De achter de omschrijving tussen () vermelde letters zijn de internationale hiervoor gebruikte coderingen.

De achter de klasseringscijfers vermelde kleuren zijn de overeenkomstige kleurcoderingen volgens bovengenoemde IIW-collectie.

Tabel 3 Omschrijving en klassering van lasfouten

baar geachte aantal niet-aanvaardbare films niet wordt vermeld.

Deze keuring heeft de volgende *bezwaren*:

- Hoewel niet in een voorschrift opgenomen, wordt in de regel als criterium voor goedkeuring van het gehele laswerk de eis gesteld dat het *procentuele deel geen niet-aanvaardbare lasstroken* bevat. Procentuele hoeveelheden van verschillende omvang laten dan allerlei schattingen toe van het percentage niet-aanvaardbare lasstroken in het gehele laswerk.
- Maar zelfs deze schatting, d.w.z. inzicht in de kwaliteit van het gehele laswerk, wordt onmogelijk doordat ten gevolge van het selecte, niet strikt objectieve onderzoek, de mogelijkheid bestaat dat b.v. *een te*

lasfouten	klassering					
	codering	1	2	3	4	5
<i>gasholten</i> poreusheid gaskanalen <i>slakinsluitels</i> van willekeurige vorm slakkenbanen zwaarfouten uithakfouten fouten bij elektrodewisseling fouten bij aansluitingen <i>bindingsfouten</i> <i>onvolkomen doorlassing</i> <i>onvolkomen doorlassing</i> langsscheuren dwarsscheuren <i>inkartelingen</i>	Aa					
	Ab					
	Ba					
	Bb					
	Bc					
	Bd					
	Be					
	Bf					
	C					
	D					
	Ea					
	Eb					
	F					

Opmerking

Voor elk fouttype wordt de frequentie of de ernst van de fout aangegeven door de horizontale arceringen

Tabel 4 Cumulatie van lasfouten

geringe hoeveelheid aanvaardbare lasstroken bij de keuring wordt betrokken.

- De beslissing inzake goed- of afkeuring van het laswerk kan diensgevolge alleen *intuïtief* zijn.

De conventionele procentuele keuring kan *nooit* – tenzij bij 100% – grondslag zijn voor een objectieve, verantwoorde beoordeling van laswerk bij overneming.

5.3.2 Statistische keuring

De bezwaren van conventionele keuring kunnen worden vermeden door als grondslag voor decisiekeuring (normale steekproefkeuring) een statistisch systeem te kiezen. Daarvoor is nodig dat eerst het *vereiste kwaliteitsniveau* voor de gelaste constructie wordt vastgesteld. Dit niveau kan door een getal worden uitgedrukt en vormt de grondslag van het statistische systeem.

METHODE EN BEOORDELINGSCRITE RIUM

De statistische keuring wordt in beginsel *steekproefsgewijze* uitgevoerd. De *steekproefgrootte* wordt statistisch bepaald, waarbij als *steekproefeenheid* dient de

afzonderlijk radiografisch te onderzoeken lasstrook of las van bepaalde lengte. De steekproefgrootte, dus het aantal radiografieën, neemt wel toe met de omvang van het gehele laswerk, maar niet evenredig.

Afhankelijk van het vereiste kwaliteitsniveau, maar ook van de omvang van het laswerk en van andere factoren, kan de steekproef vervangen worden door een radiografisch onderzoek van het gehele laswerk.

De steekproef wordt, indien mogelijk, a-select uitgevoerd. Hiermee wordt bedoeld dat de radiografieën worden gemaakt van volkomen willekeurige plaatsen in het laswerk. Als dat niet mogelijk is, wordt een benaderingsmethode toegepast.

De beoordeling van de radiografie geschiedt volgens een der richtlijnen genoemd in hoofdstuk 7 of, als deze voor een bepaalde categorie constructies nog niet bestaat, volgens een daarvoor alsnog vast te stellen richtlijn. De beoordeling geschiedt *niet* volgens de IIW-klassering van röntgenfilms, omdat deze uitsluitend een waardering van de film als zodanig is.

Het *goed- resp. afkeurcriterium* – dat is het toelaatbare aantal niet-aanvaardbare radiografisch onderzochte lasstroken of lassen in de steekproef – wordt statistisch

verantwoord vastgesteld. Het is tevens het criterium voor goedkeuring voor het gehele laswerk. Het laswerk wordt afgekeurd als het criterium wordt overschreden.

BETEKENIS

Een statistische steekproefkeuring van laswerk heeft echter alleen reële betekenis indien de lasuitvoering zo goed mogelijk wordt beheerst. Dit betekent dat plaatselijke opeenhopingen van discontinuïteiten moeten worden vermeden en systematische discontinuïteiten niet mogen voorkomen. Dit laatste kan het gevolg zijn van een onjuiste toepassing van een bepaald lasprocédé, het gebruik van ongeschikt toevoegmetaal of een onjuiste lasuitvoering. Op deze wijze kan bij benadering worden voldaan aan een procesbeheersing uit statistisch oogpunt, d.w.z. aan een toevallige verdeling van discontinuïteiten in het laswerk. Hiermee is tevens het *fabricagepeil* te klasseren. Dat peil dient ten minste in overeenstemming te zijn met het *vereiste kwaliteitsniveau*. Daarover kan worden opgemerkt, dat elke constructie een compromis is tussen:

- een economisch of technisch niet te verwezenlijken volmaaktheid en
- een zeker risico dat voortspuit uit onvermijdelijk met het fabricageproces samenhangende gebreken.

PRAKTIJK

In de praktijk zal men ermee rekening moeten houden dat in een laswerk onvermijdelijk een (beperkt) aantal discontinuïteiten aanwezig is. Dit geldt eveneens voor de radiografisch onderzochte lasstroken waarvan een bepaald percentage, het *uitvalpercentage*, niet kan worden aanvaard. Dit uitvalpercentage wordt bepaald door het fabricagepeil, dat weer afhankelijk is van de beheersing van de lasuitvoering.

Het uitvalpercentage heeft twee betekenissen:

- als maat voor het *fabricagepeil*; het is dan het *percentage als onvoldoende geklasseerde radiografieën* dat bij een volledig radiografisch onderzoek zou worden gevonden;
- als maat voor het *vereiste kwaliteitsniveau*; het is dan het *aanvaardbare uitvalpercentage*, d.w.z. de grens waarboven afkeuring volgt; dit aanvaardbare uitvalpercentage is omgekeerd evenredig met het kwaliteitsniveau.

Het bestek dient het *steekproefvoorschrift* te bevatten, behorende bij een vooraf vastgesteld aanvaardbaar uitvalpercentage of kwaliteitsniveau. De fabrikant neemt daarmee op zich een fabricagepeil te handhaven dat minstens overeenkomt met het vereiste niveau.

Behalve wanneer men op ervaring berustende kennis

heeft van het fabricagepeil van een bepaald bedrijf moet, voordat met de uitvoering van een laswerk wordt begonnen, door de opdrachtgever een onderzoek worden ingesteld naar dat peil. Hierbij moet ook de fabrieksoutillage worden betrokken en de vaardigheid van de lasser(s) en de geschiktheid van het (de) toe te passen lasprocédé(s) worden beoordeeld.

Tevens dient men bij het begin van de fabricage een klein deel van het gereedgekomen laswerk volledig radiografisch te onderzoeken om een inzicht te krijgen in het fabricagepeil. Dit is de zogenaamde *niveaukeuring*, die tevens een indicatie geeft of visuele controle op de juiste wijze is uitgevoerd.

Tijdens de verdere uitvoering van het laswerk moet in het algemeen ook de opdrachtgever visuele controle uitoefenen om vast te stellen of het vereiste kwaliteitsniveau al of niet zal worden bereikt. Hierbij is samenwerking met de fabriekscontroleurs gewenst. Als deze controle niet of vrijwel niet mogelijk is, moet een ander statistisch keuringsvoorschrift worden gehanteerd, met een "scherpere" keuring (zie hoofdstuk 8).

Blijkt het fabricagepeil te dalen of grote schommelingen te vertonen, dan dient men maatregelen te nemen om het peil ten minste in overeenstemming te brengen met het vereiste kwaliteitsniveau. Deze maatregelen kunnen van de fabrikant uitgaan of van de opdrachtgever in de vorm van instructies en aanwijzingen. Dat mag echter niet ontaarden in een algehele opleiding.

Het is uiteraard noodzakelijk dat de controle wordt uitgevoerd door lasdeskundigen.

De reeds tijdens of na beëindiging van het laswerk uit te voeren decisiekeuring moet, als controlemaatregelen tijdens het werk mogelijk waren, worden beschouwd als toets van de verwachting dat het fabricagepeil ten minste in overeenstemming is geweest met het vereiste kwaliteitsniveau.

SAMENVATTING

Bij een statistische decisiekeuring hangt de grootte van het daarvoor te onderzoeken deel van het laswerk in beginsel uitsluitend af van de omvang van dit laswerk (de *partijgrootte*) en niet, zoals bij de conventionele keuring, uitsluitend van het vereiste kwaliteitsniveau. Het laatste wordt bepaald door het goedkeurcriterium, waarbij tevens de goedkeurkans een belangrijke rol speelt (zie 5.3.3).

De kernspreuk "Quality cannot be inspected into a product, it has to be built in" geeft het verschil tussen beide keuringsmethoden duidelijk weer.

Statistische keuringen, ook die met behulp van radiografieën, kunnen als enkele, dubbele of meervoudige

steekproefkeuringen worden uitgevoerd. Alleen de enkelvoudige worden hier nader behandeld.

5.3.3 Enkelvoudige steekproefkeuring

BEPALENDE GROOTHEDEN

De enkelvoudige steekproefkeuring wordt bepaald door:

- de *steekproefgrootte* (n): het aantal voor de steekproef te vervaardigen radiografieën;
- het *goedkeurcriterium* (c): het grootste aantal in de steekproef toegestane als onvoldoende geklasseerde radiografieën; is dit aantal groter dan c , dan wordt het laswerk afgekeurd.

Uitvoerder en opdrachtgever moeten tevoren duidelijk afspreken door wie het radiografisch onderzoek wordt uitgevoerd en volgens welke richtlijnen de radiografieën worden beoordeeld.

De steekproefgrootte (n) en het goedkeurcriterium (c) worden afgelezen uit een tabel (zie hoofdstuk 8, tabel 8) die deze grootheden geeft als functie van:

- de *partijgrootte* (N): het totale aantal mogelijke radiografieën;
- het *aanvaardbare uitvalpercentage*: $100 p_a$, ook AQL (Acceptable Quality Level) genoemd; p_a is de totale hoeveelheid toegestane uitval (de fractie uitval) gedeeld door N .

In NEN 1132 is de AQL genoemd de "grenskwaliteit voor de leverancier" en gedefinieerd als "de slechtste kwaliteit die bij geregelde levering zonder voorbehoud aanvaardbaar is voor de overnemer".

GOEDKEURKANS

Een steekproefkeuring is nooit volmaakt. Een partij met een aanvaardbaar uitvalpercentage bezit bij een steekproefkeuring een bepaalde kans te worden goedgekeurd. Deze kans noemt men de *goedkeurkans* (P); deze is in feite de som der kansen dat in de steekproef 0, 1, ... of c niet-aanvaardbare lasstroken worden aangetroffen.

De goedkeurkans neemt af bij een toenemend uitvalpercentage van de partij bij gelijkblijvende n en c . Zet men bij een bepaalde n en c de goedkeurkans uit tegen dit uitvalpercentage, dan verkrijgt men een zogenaamde *keuringskarakteristiek*, waarop hier niet nader wordt ingegaan.

Het is voorts duidelijk dat bij gelijkblijvende steekproefgrootte en gelijkblijvend aanvaardbaar uitvalpercentage, de goedkeurkans groter wordt naarmate het goedkeurcriterium hoger wordt gesteld.

Een steekproefkeuring volgens het AQL-systeem be-

tekent dat een partij die, i.c. laswerk dat bij benadering voldoet aan het vereiste kwaliteitsniveau, vrijwel steeds moet kunnen worden geaccepteerd; d.w.z. dat met een hoge goedkeurkans moet worden gekeurd. Deze goedkeurkans wordt bepaald door uitvalpercentage, steekproefgrootte en goedkeurcriterium te zamen.

De steekproefgrootte neemt in het algemeen toe met de partijgrootte, evenwel – in tegenstelling met de procentuele keuring – niet evenredig.

Steekproefgrootte en goedkeurcriterium zijn bij een vooraf vastgesteld aanvaardbaar uitvalpercentage zo gekozen dat de goedkeurkans toeneemt van kleine partijen naar grote. Daardoor wordt het risico van het ten onrechte afkeuren naarmate de partijgrootte toeneemt, verminderd. Dit is juist omdat de afkeuring van grote partijen hogere kosten meebrengt dan die van kleine.

Om aan het vereiste kwaliteitsniveau te voldoen is het evenwel niet mogelijk, zoals uit de tabellen in hoofdstuk 8 blijkt, alle steekproefgrootten te gebruiken die aanvankelijk voor de reeksen partijgrootten werden vastgesteld. Dit betekent dat sommige steekproefgrootten voor meer dan één reeks partijgrootten moeten worden gebruikt.

AFKEURING

Indien een groter aantal niet-aanvaardbare steekproefeenheden wordt aangetroffen dan het goedkeurcriterium aangeeft, geschiedt de afkeuring:

- terecht, als het werkelijke uitvalpercentage groter is dan het vastgestelde aanvaardbare uitvalpercentage;
- ten onrechte, als het werkelijke uitvalpercentage gelijk is aan of lager is dan het aanvaardbare uitvalpercentage.

Ondanks de verwachting dat het fabricagepeil bij benadering in overeenstemming zal zijn met het vereiste kwaliteitsniveau, kan het aantal afkeuringen bij een reeks keuringen aanwijzingen geven dat het fabricagepeil is gestegen of is gedaald:

- Het fabricagepeil is *gedaald*. Er moet dan een ander steekproefvoorschrift worden toegepast, waarmee scherper wordt gekeurd, d.w.z. met een lagere goedkeurkans en dus met een hogere afkeurkans, hetgeen de opdrachtgever beter beschermt tegen ten onrechte goedkeuren.

In zo'n geval is het aan te bevelen dat in de betrokken fabriek een nader onderzoek wordt ingesteld naar het fabricagepeil en maatregelen ter verbetering worden getroffen.

- Het fabricagepeil is *gestegen*. Ook nu kan op een ander steekproefvoorschrift worden overgegaan, ge-

baseerd op een gereduceerde keuring. Deze keuring is enerzijds gekenmerkt door hoge goedkeurkansen, begunstigt dus de uitvoerder, beschermt evenwel anderzijds de opdrachtgever door de speciale opstelling van het keuringsvoorschrift.

BIJZONDERHEDEN OVER DE STEEKPROEFVOORSCHRIFTEN EN HET STEEKPROEFSYSTEEM

Aan de hand van voorbeelden (zie hoofdstuk 8) zal de praktische toepassing van de beschreven steekproefvoorschriften worden behandeld. In een tweetal tabellen worden steekproefvoorschriften gegeven respectievelijk voor normale keuringen van laswerk met verschillende kwaliteitsniveaus en voor een verscherpte en gereduceerde keuring. Beide laatste hebben betrek-

king op een keuring van laswerk van middelmatig hoge kwaliteit.

Bij steekproefvoorschriften spelen, zoals reeds werd opgemerkt, de keuringskarakteristieken een belangrijke rol; deze zijn evenwel als zodanig niet bij de tabellen opgenomen.

Het voor de keuring van laswerk gekozen enkelvoudige steekproefstelsel is analoog aan dat van de "Military Standard 105-D, Sampling Procedure and Tables for Inspection by Attributes", van 29 april 1963. De indeling der partijgrootten is echter meer aan de keuring van laswerk aangepast. In verband met het vereiste kwaliteitsniveau kan het voorkomen dat de steekproefomvang groter is dan de partijgrootte of daaraan gelijk. In dat geval zal de steekproefkeuring een volledige (of 100%) keuring moeten zijn.

Opdrachtgever - uitvoerder

6.1 Verhouding opdrachtgever - uitvoerder

De taken van de opdrachtgever en de uitvoerder worden in het algemeen vastgelegd in een bestek en de daarbij behorende tekeningen. Hierin is aangegeven welke werkzaamheden de uitvoerder moet verrichten en welke materialen hij moet leveren. Voor de overeengekomen aanneemsom zal de uitvoerder het werk geheel compleet en voor gebruik gereed moeten opleveren.

Indien de uitvoerder zowel het ontwerp als de uitvoering geheel in eigen hand heeft, is hij voor hetgeen hij oplevert volledig verantwoordelijk, ook al heeft hij de plannen vooraf ter goedkeuring aan de opdrachtgever aangeboden en houdt deze toezicht op de uitvoering.

De uitvoerder mag echter verwachten dat, als de opdrachtgever regelmatig toezicht uitoefent op de kwaliteit van het werk, deze zijn verlangens tot eventuele correcties in het bestek tijdig kenbaar maakt, zodat die met zo min mogelijk kosten kunnen worden aangebracht.

Worden de tekeningen en berekeningen daarentegen door of vanwege de opdrachtgever gemaakt, dan is deze hiervoor verantwoordelijk, ook al zou in het bestek het tegendeel worden bepaald.

De uitvoerder blijft echter verantwoordelijk voor de uitvoering binnen het kader van het bestek behoudens andersluidende bindende voorschriften. Goedkeuring van de uitvoering door de opdrachtgever, ook al wordt deze goedkeuring in het bestek geëist, ontheft de uitvoerder niet van de plicht tot eventuele verantwoording.

Ook voor onderaannemingen en de aankoop van materialen is de uitvoerder verantwoordelijk, tenzij deze zaken door de opdrachtgever worden geregeld. Verantwoordelijkheden zoals bij de wet vastgelegd, kunnen nooit door een onderlinge overeenkomst tussen opdrachtgever en uitvoerder worden gewijzigd.

6.2 Garantiebepalingen en verzekeringsvoorzieningen

De opdrachtgever kan met de uitvoerder overeenkomen, dat het werk niet alleen compleet wordt opgeleverd maar tevens dat het gedurende een zekere periode wordt gegarandeerd.

Verborgene gebreken die zich in die periode openbaren, zijn dan nog voor rekening van de uitvoerder.

Na deze periode is de uitvoerder alleen nog aansprakelijk voor grove fouten, die op de duur tot ernstige gebreken leiden en waarvan mag worden aangenomen dat de opdrachtgever hierop tijdens de uitvoering niet hoefde te letten.

Tijdens de uitvoering zijn alle *normale risico's* voor rekening van de uitvoerder, tenzij anders is overeengekomen. Aangezien tegen normale risico's verzekeringen kunnen worden afgesloten, kan de opdrachtgever met de uitvoerder overeenkomen, dat dit zal geschieden.

Buitengewone risico's, waarvan mag worden aangenomen dat de uitvoerder hiermee geen rekening behoeft te houden, zijn niet voor zijn rekening.

Het in het voorgaande gestelde is zeer algemeen gehouden. In de praktijk kunnen bij het opstellen van het bestek juridische aspecten een belangrijke rol spelen. De behandeling hiervan valt buiten het kader van deze voorlichtingsbladen. Voor opdrachten van enige betekenis en voor grote in het bijzonder is het dan ook aan te raden, dat men zich van deskundige voorlichting op juridisch gebied verzekert.

Ten slotte wijzen wij nog op de "Algemene leverings- en betalingsvoorwaarden van de FME", die in de metaal- en elektrotechnische industrie veel worden gebruikt.

Voorschriften en richtlijnen inzake de ontoelaatbaarheid van discontinuïteiten in laswerk

Dit hoofdstuk wil een vergelijking geven betreffende de ontoelaatbaarheid van discontinuïteiten tussen de volgende Amerikaanse, Engelse en Nederlandse voorschriften voor gelaste constructies:

- 1 ASME-code section VIII: Unfired pressure vessels, subsection B, part UW.
- 2 ASME-code section III: Nuclear vessels, article N 624-8.
- 3 ASME-code section I: Power boilers, par. PW 51.
- 4 USAS B: Oil transportation/piping, par. 427.4.2.
- 5 ISO/TC 11 195 E, section W2 85.
- 6 USAS B: Petroleum refinery/piping, par. 327.4.2.
- 7 USAS B: Gas-transmission-piping system, par. 829.
- 8 British Standard 1515, part 1: Fusion welded pressure vessels, par. 5.2.3.
- 9 API 650: Welded steel tanks for oil storage, par. 6.1.11.
- 10 API 620: Large welded low pressure storage tanks, par. 5.15.13.
- 11 API 1104: Standard for welding pipe lines, par. 6.
- 12 VKR 7 van de Dienst voor het Stoomwezen: Beoordeling van de grenzen van de toelaatbaarheid van radiografisch aangetoonde inhomogeniteiten.

Naar deze voorschriften zal in het nu volgende telkens worden verwezen door het noemen van het nummer waaronder ze hierboven geplaatst zijn.

7.1 Gasholten

IIW-symbool A

Niet toelaatbaar volgens:

nr 1, 2 en 3:

Totale oppervlakte van de gasholten groter dan $0,06 \times$ materiaaldikte in vierkante inches per 6" laslengte (tabel 5).

Voor steekproefsgewijs radiografisch onderzochte lasstroken zijn gasholten geen reden tot afkeuring.

nr. 4:

Gasholten met een maximumafmeting groter dan $\frac{1}{16}$ "

en groter of talrijker dan aangegeven op afbeelding 427.4.2 (b) (5) (Porosity chart).

nr. 5:

Gasholten groter of talrijker dan aangegeven op afbeelding W2 85 A tot E (Porosity chart).

nr. 6:

Gasholten met een maximumafmeting groter dan $\frac{1}{16}$ " en een totale oppervlakte van gasholten groter dan 0,01 vierkante inches per vierkante inches lasoppervlakte per 1" wanddikte.

nr. 7:

Gasholten met een maximumafmeting groter dan $\frac{1}{16}$ " en een groter aantal gasholten dan aangegeven in API 1104 (Porosity chart).

nr. 8:

Een totale oppervlakte van de gasholten groter dan 0,01 vierkante inches per vierkante inches lasoppervlakte per 1" wanddikte.

nr. 9 en 10:

Gasholten groter in aantal en afmetingen dan volgens afbeeldingenreeks (Porosity chart).

nr. 11:

Gasholten met een maximumafmeting groter dan $\frac{1}{16}$ " en groter in aantal en afmetingen dan volgens afbeeldingenreeks (Porosity chart).

nr. 12:

Gasholten groter of talrijker dan aangegeven in afbeelding W2 85 A tot E (Porosity chart) van nr. 5.

7.2 Slakinsluitels

IIW-symbool B

Niet toelaatbaar volgens:

nr. 1:

Slakkenbanen langer dan:

- . $\frac{1}{4}$ " voor platen met een dikte van $\frac{3}{4}$ ";
- . $\frac{1}{3}$ van de plaatdikte, voor platen met een dikte van $\frac{3}{4}$ " tot $2\frac{1}{4}$ ";
- . $\frac{3}{4}$ " voor platen met een dikte groter dan $2\frac{1}{4}$ ".

Verspreide lijnvormige slakkenbanen met een gezamenlijke lengte groter dan $1 \times$ de plaatdikte over een laslengte van $12 \times$ de plaatdikte.

Slakinsluitels met een onderlinge afstand kleiner dan $6 \times$ de lengte van het langste slakinsluitel in de groep. Voor steekproefsgewijs radiografisch onderzochte lasstroken:

- . slakinsluitels langer dan $\frac{2}{3}$ van de plaatdikte of langer dan $\frac{3}{4}$ ";
- . slakinsluitels waarvan de gezamenlijke lengte groter is dan $\frac{1}{2}$ van de plaatdikte en de afstand tussen de gasinsluitels kleiner dan $3 \times$ de lengte van het langste slakinsluitel in de groep.

nr. 2 en 3:

Slakkenbanen langer dan:

- . $\frac{1}{4}$ " voor platen met een dikte tot $\frac{3}{4}$ ";
- . $\frac{1}{3}$ van de plaatdikte, voor platen met een dikte van $\frac{3}{4}$ " tot $2\frac{1}{4}$ ";
- . $\frac{3}{4}$ " voor platen met een dikte groter dan $2\frac{1}{4}$ ".

Verspreide slakkenbanen met een gezamenlijke lengte groter dan $1 \times$ de plaatdikte over een laslengte van $12 \times$ de plaatdikte.

Slakinsluitels op een onderlinge afstand kleiner dan $6 \times$ de lengte van het langste slakinsluitel in de groep.

nr. 4:

Slakkenbanen langer dan:

- . 2" en $\frac{1}{16}$ " breed;

- . 2" over een laslengte van 12";

- . 4" over 2 opeenvolgende laslengten van 12".

Evenwijdige slakkenbanen breder dan $\frac{1}{32}$ " moeten worden beschouwd als aparte fouten.

Slakinsluitels van willekeurige vorm en richting met een maximumbreedte groter dan $\frac{1}{8}$ " of met een gezamenlijke lengte groter dan $\frac{1}{2}$ " over een laslengte van 12".

Meer dan 4 slakinsluitels met een maximumafmeting groter dan $\frac{1}{8}$ " over een laslengte van 12".

Een totale lengte aan slakinsluitels van meer dan 1" over een laslengte van 24".

Slakinsluitels op een onderlinge afstand kleiner dan 2".

nr. 5:

Slakkenbanen langer dan:

- . $\frac{1}{4}$ " voor platen met een dikte tot 1";
- . $\frac{1}{3}$ van de plaatdikte en langer dan $1\frac{1}{2}$ " voor platen met een dikte groter dan 1".

Onderbroken slakkenbanen met een gezamenlijke lengte groter dan de plaatdikte over een laslengte van $12 \times$ de plaatdikte.

Onderbroken slakkenbanen op een onderlinge afstand kleiner dan $6 \times$ de lengte van het grootste slakinsluitel in de groep.

nr. 6:

Slakkenbanen met een grootste slakafmeting groter dan $\frac{1}{2}$ van de plaatdikte.

Slakkenbanen met een breedte groter dan $\frac{1}{16}$ ".

Slakinsluitels met een gezamenlijke lengte groter dan $\frac{1}{2} \times$ de plaatdikte over iedere laslengte van 6".

Weld Thickness (Inches)	Total Area of Permitted Porosity (Square Inches)	Large			Medium			Fine		
		Pore Size (In.)		No.	Pore Size (In.)		No.	Pore Size (In.)		No.
		Approx. Fraction	Decimal Value (1)		Approx. Fraction	Decimal Value (1)		Approx. Fraction	Decimal Value (1)	
$\frac{1}{8}$	.0075							$\frac{1}{64}$	.014	49
$\frac{1}{4}$	.015				$\frac{3}{128}$	.025	31	$\frac{1}{64}$	.0138	100
$\frac{1}{2}$	.030	$\frac{3}{32}$	.10	4	$\frac{1}{32}$	.031	40	$\frac{3}{128}$	.0195	101
$\frac{3}{4}$	.045	$\frac{1}{8}$	.125	4	$\frac{1}{32}$	.034	50	$\frac{3}{128}$	.024	99
1	.060	$\frac{1}{8}$	.125	5	$\frac{5}{128}$	.039	50	$\frac{1}{32}$	.0275	101
$1\frac{1}{2}$	.090	$\frac{1}{8}$	.125	7	$\frac{3}{64}$	.048	50	$\frac{1}{32}$	.034	99
2	.120	$\frac{1}{8}$	.125	10	$\frac{7}{128}$	.055	51	$\frac{5}{128}$	.039	100
$2\frac{1}{2}$	.150	$\frac{1}{8}$	.125	12	$\frac{1}{16}$	.061	51	$\frac{3}{64}$	.044	99
3	.180	$\frac{1}{8}$	.125	15	$\frac{1}{16}$	.068	50	$\frac{3}{64}$	.048	99
$3\frac{1}{2}$	.210	$\frac{1}{8}$	.125	17	$\frac{5}{64}$	.073	50	$\frac{7}{128}$	.052	99
4	.240	$\frac{1}{8}$	.125	20	$\frac{5}{64}$	.078	50	$\frac{7}{128}$	.055	101

Tabel 5 Niet-toelaatbare gasholten (IIW-symbool A, nr. 1)

nr. 7:

Slakkenbanen met een lengte groter dan 2" of een breedte groter dan $\frac{1}{16}$ ".

Slakkenbanen met een gezamenlijke lengte groter dan 2" over een laslengte van 12".

Slakkenbanen met een gezamenlijke lengte groter dan 4" over 2 opeenvolgende laslengten van 12".

Slakinsluitels op een onderlinge afstand kleiner dan 6".

Evenwijdige slakkenbanen breder dan $\frac{1}{32}$ " moeten worden beschouwd als aparte fouten.

Verspreide slakinsluitels breder dan $\frac{1}{8}$ ".

Verspreide slakinsluitels met een gezamenlijke lengte groter dan $\frac{1}{2}$ " over een laslengte van 12".

Meer dan 4 slakinsluitels met een breedte van $\frac{1}{8}$ " over een laslengte van 12".

Slakinsluitels op een onderlinge afstand kleiner dan 2".

Slakinsluitels met een gezamenlijke lengte groter dan 1" over 2 opeenvolgende laslengten van 12".

nr. 8:

Onderbroken slakkenbanen met een gezamenlijke lengte groter dan de plaatdikte over een laslengte van $12 \times$ de plaatdikte.

Slakinsluitels op een onderlinge afstand kleiner dan $6 \times$ de lengte van het langste slakinsluitel in de groep.

nr. 9:

Slakinsluitels met een lengte groter dan $\frac{3}{4}$ ".

Slakinsluitels met een lengte groter dan $\frac{2}{3}$ van de plaatdikte.

Onderbroken slakkenbanen met een gezamenlijke lengte groter dan $1 \times$ de plaatdikte over een laslengte van $6 \times$ de plaatdikte.

Slakinsluitels op een onderlinge afstand kleiner dan $3 \times$ de lengte van de langste van de aanliggende slakinsluitels.

nr. 10:

Slakkenbanen langer dan $\frac{1}{4}$ " voor platen met een dikte tot $\frac{3}{4}$ ".

Slakkenbanen langer dan de kleinste van de waarden $\frac{1}{3} \times$ de plaatdikte of $\frac{3}{4}$ " voor platen met een dikte groter dan $\frac{3}{4}$ ".

nr. 11.

Voor lassen in buis met een buitenmiddellijn groter dan $2\frac{3}{8}$ ":

- slakkenbanen breder dan $\frac{1}{16}$ ";

- slakkenbanen langer dan 2";

- slakkenbanen met een gezamenlijke lengte groter dan 2" over een laslengte van 12";

- slakinsluitels op een onderlinge afstand kleiner dan 6".

Evenwijdige slakkenbanen breder dan $\frac{1}{32}$ " moeten worden beschouwd als aparte fouten.

Voor lassen in buis met een buitenmiddellijn kleiner dan $2\frac{3}{8}$ ":

- slakkenbanen breder dan $\frac{1}{16}$ ";

- slakkenbanen langer dan $3 \times$ de plaatdikte;

- slakinsluitels op een onderlinge afstand kleiner dan 6".

Evenwijdige slakkenbanen met een breedte groter dan $\frac{1}{32}$ " moeten worden beschouwd als aparte fouten.

Voor lassen in buis met een buitenmiddellijn groter dan $2\frac{3}{8}$ ":

- verspreide slakinsluitels met een maximumbreedte groter dan $\frac{1}{8}$ ";

- verspreide slakinsluitels met een gezamenlijke lengte groter dan $\frac{1}{2}$ " over een laslengte van 12";

- meer dan 4 slakinsluitels van $\frac{1}{8}$ " breedte over een laslengte van 12";

- slakinsluitels op een onderlinge afstand kleiner dan 2".

Voor lassen in buis met een buitenmiddellijn kleiner dan $2\frac{3}{8}$ ":

- verspreide slakinsluitels met een maximumbreedte groter dan $\frac{1}{2} \times$ de plaatdikte;

- verspreide slakinsluitels met een maximumlengte groter dan $2 \times$ de plaatdikte;

- slakinsluitels op een onderlinge afstand kleiner dan 2".

nr. 12:

Slakkenbanen langer dan $\frac{1}{4}$ " voor platen met een dikte tot 1" en $\frac{1}{4}$ van de plaatdikte maar tot een maximum van $\frac{1}{2}$ " voor platen met een dikte groter dan 1".

Onderbroken slakkenbanen met een gezamenlijke lengte groter dan de plaatdikte over een laslengte van $12 \times$ de plaatdikte.

Onderbroken slakkenbanen op een onderlinge afstand kleiner dan $6 \times$ de lengte van het grootste slakinsluitel in de groep.

7.3 Bindingsfouten

IIW-symbol C

Niet toelaatbaar volgens:

nr. 1, 2, 3, 5, 8, 9, 10 en 12:

Bindingsfouten in elke vorm.

Bindingsfouten langer dan 1".

Bindingsfouten met een gezamenlijke lengte groter dan 1" over een laslengte van 12".

Bindingsfouten met een gezamenlijke lengte groter dan 2" over 2 opeenvolgende laslengten van 12".

Bindingsfouten op een onderlinge afstand kleiner dan 6".

nr. 6:

Bij langlassen bindingsfouten in elke vorm.

Bij rondlassen bindingsfouten in de grond van de las met een diepte groter dan de kleinste van de waarden $\frac{1}{32}$ " of $\frac{1}{2} \times$ de overdikte of met een gezamenlijke lengte groter dan $1\frac{1}{2}$ " over een laslengte van 6".

nr. 11:

Bindingsfouten langer dan 1".

Bindingsfouten met een gezamenlijke lengte groter dan 1" over een laslengte van 12".

Bindingsfouten op een onderlinge afstand kleiner dan 6".

7.4 Onvolkomen doorlassing

IIW-symbool D

Niet toelaatbaar volgens:

nr. 1, 2, 3, 5, 8, 9, 10 en 12:

Onvolkomen doorlassing in elke vorm.

br. 4:

Onvolkomen doorlassing langer dan 1".

Onvolkomen doorlassingen met een gezamenlijke lengte groter dan 1" over een laslengte van 12".

Onvolkomen doorlassingen met een gezamenlijke lengte groter dan 2" over 2 opeenvolgende laslengten van 12".

Onvolkomen doorlassingen op een onderlinge afstand kleiner dan 6".

nr. 6:

Onvolkomen doorlassingen in langs- en rondlassen die 100% worden onderzocht.

Onvolkomen doorlassingen in lassen die steekproefsgewijs worden onderzocht en groter zijn dan de kleinste van de waarden $\frac{1}{32}$ " of $\frac{1}{2} \times$ de overdikte.

nr. 7:

"Doorbranding" langer dan $\frac{1}{2}$ ".

Onvolkomen doorlassingen met een gezamenlijke lengte van 1" over een laslengte van 12".

Onvolkomen doorlassingen met een gezamenlijke lengte van 2" over 2 opeenvolgende laslengten van 12".

Onvolkomen doorlassingen op een onderlinge afstand kleiner dan 6".

nr. 11:

Onvolkomen doorlassingen langer dan 1".

Onvolkomen doorlassingen met een gezamenlijke lengte groter dan 1" over een laslengte van 12".

Onvolkomen doorlassingen op een onderlinge afstand kleiner dan 6".

Onvolkomen doorlassingen met een gezamenlijke lengte groter dan 8% van de laslengte over laslengten kleiner dan 12".

"Doorbranding" in lassen in buis met grotere afmetingen dan de kleinste van de waarden $\frac{1}{4}$ " of $1 \times$ de dikte van de plaat.

"Doorbranding" in lassen in buis met een buitenmiddellijn groter dan $2\frac{3}{8}$ ", met een gezamenlijke lengte groter dan $\frac{1}{2}$ " over een laslengte van 12".

"Doorbranding" in lassen in buis met een buitenmiddellijn groter dan $2\frac{3}{8}$ ", op een onderlinge afstand kleiner dan 6".

7.5 Scheuren

IIW-symbool E

Niet toelaatbaar volgens:

nr. 1...12:

Scheuren in elke vorm en richting.

7.6 Inkartelingen

IIW-symbool F

Niet toelaatbaar volgens:

nr. 1, 2, 3, 5, 8, 9, 10 en 12:

Geen eisen.

nr. 4:

Randinkartelingen aan de bovenzijde van de las met een diepte groter dan $\frac{1}{32}$ " of langer dan 2" en inkartelingen aan de onderzijde van de las langer dan 2".

nr. 6:

Randinkartelingen bij langlassen en randinkartelingen bij rondlassen met een diepte groter dan $\frac{1}{32}$ ".

nr. 7:

Randinkartelingen aan de bovenzijde van de las met een diepte groter dan $\frac{1}{32}$ " en langer dan 2" en randinkartelingen aan de onderzijde van de las langer dan 2".

nr. 11:

V-vormige inkartelingen.

Randinkartelingen aan de bovenzijde van de las groter dan de kleinste van de waarden $\frac{1}{32}$ " of $\frac{1}{8}$ van de plaatdikte.

Randinkartelingen aan de bovenzijde van de las langer dan de kleinste van de waarden 2" of $\frac{1}{8} \times$ de gehele laslengte.

Randinkartelingen aan de onderzijde van de las groter dan de kleinste van de waarden langer dan 2" of $\frac{1}{8}$ van de gehele laslengte.

7.7 Niet in de IIW-collectie genoemde discontinuïteiten

Niet toelaatbaar volgens:

nr. 1, 2, 3, 5, 6, 8, 9 en 10.

nr. 4:

Materiaalonderbrekingen met een gezamenlijke lengte groter dan 2" over een laslengte van 12".

Materiaalonderbrekingen met een gezamenlijke lengte groter dan 12 % van de laslengte.

nr. 7:

Opeenhopingen van discontinuïteiten met een gezamenlijke lengte groter dan 2" over een laslengte van 12".

Opeenhopingen van discontinuïteiten met een gezamenlijke lengte groter dan 10 % van de laslengte.

nr. 11:

Opeenhopingen van discontinuïteiten met een gezamenlijke lengte groter dan 2" over een laslengte van 12" of groter dan 8 % van de laslengte.

nr. 12:

Slakinsluitsels die dichter bij elkaar liggen dan 3 mm worden beschouwd als één discontinuïteit.

Opmerking:

Met het in de verschillende voorschriften aangehaalde "steekproefsgewijze onderzoek" is *niet* bedoeld een steekproef op statistische grondslag.

Steekproefkeuringen

Voor het aanvaardbare uitvalpercentage ($AQL \cong 100p_a$) zijn drie waarden gekozen: 4,0; 2,0; 0,8. Daarmee zijn de kwaliteitsniveaus omgekeerd evenredig gesteld op resp. 1, 2 en 5.

Deze percentages worden geacht in overeenstemming te zijn met de klassen van laswerk, waaraan respectievelijk *lage*, *middelmatig hoge* en *hoge* eisen moeten worden gesteld.

In de aan de richtlijnen toegevoegde tabellen worden voorschriften gegeven voor:

- een normale steekproefkeuring, tabel 3;
- een verscherpte en gereduceerde steekproefkeuring, tabel 4;
- een volledige keuring, tabel 5.

In deze tabellen zijn behalve de groepen partijgrootten (N), de steekproefgrootten (n) en de goedkeurcriteria (c), tevens de goedkeurkansen (P) opgenomen.

8.1 Normale steekproefkeuring

Voorbeeld (zie tabel 6)

Aangenomen wordt dat 360 m gelijkwaardig laswerk van middelmatig hoge kwaliteit moet worden gekeurd. Voor een volledige keuring hiervan zouden ongeveer 900 radiografieën (aangenomen filmlengte 40 cm) nodig zijn. Als partijgrootte wordt dus 900 genomen. Deze partijgrootte valt volgens de tabel in de groep 801... 1300.

De normale keuring verloopt als volgt:

Partijgrootte (N): 900. Dit is het totale aantal lasstroken waarvan radiografieën worden gemaakt.

Aanvaardbaar uitvalpercentage (AQL): 2,0. Dit wil zeggen dat aanvaardbaar wordt geacht dat van de 900 lasstroken 18 niet-aanvaardbaar zijn.

aanvaardbaar* uitvalpercentage ($100p_a$)	(kwaliteit 1) 4,0			(kwaliteit 2) 2,0			(kwaliteit 5) 0,8		
partijgrootte (N)	steekproefgrootte (n),			goedkeurcriterium (c)			en goedkeurkansen (P)		
	n	c	P	n	c	P	n	c	P
<16	3**	0	88,7	5***	0	90,5	A****	—	—
16...25	3	0	88,7	5	0	90,5	13	0	90,1
26...50	13	1	90,4	5	0	90,5	13	0	90,1
51...90	13	1	90,4	20	1	93,8	13	0	90,1
91...150	20	2	95,3	20	1	93,8	13	0	90,1
151...250	30	3	96,6	40	2	95,3	55	1	92,7
251...500	30	3	96,6	40	2	95,3	55	1	92,7
501...800	55	5	97,5	55	3	97,4	55	1	92,7
801...1 300	70	6	97,6	100	5	98,3	100	2	95,3
1 301...2 000	100	8	97,9	100	5	98,3	100	2	95,3
2 001...3 200	125	10	98,6	125	6	98,6	125	3	98,1

* Het aanvaardbare uitvalpercentage is omgekeerd evenredig met het kwaliteitsniveau, d.w.z. laag uitvalpercentage is hoog kwaliteitsniveau.

** Voor partijgrootten 2 en 3 een A-keuring toepassen.

*** Voor partijgrootten 2...5 een A-keuring toepassen.

**** Dit betekent: een volledige keuring.

Tabel 6 Voorschriften voor een normale steekproefkeuring

Steekproefgrootte (*n*): 100. Van 100 a-selecte stroken ter lengte van 400 mm van het laswerk moeten radio-grafieën worden gemaakt.

Goedkeurcriterium (*c*): 5. Als in de steekproef 0, 1, 2, 3, 4 of 5 niet-aanvaardbare lasstroken worden aangetroffen, moet het gehele laswerk worden goedgekeurd. Het wordt afgekeurd indien dit aantal groter is dan 5.

Goedkeurkans (*P*): 98,3 %. Dit is de kans dat in de steekproef ten hoogste 5 niet-aanvaardbare lasstroken worden aangetroffen. Deze kans kan als een functie van de AQL, *n* en *c* uit een tabel worden afgelezen, berekend of bepaald met behulp van een keurings-karakteristiek.

8.2 Verscherpte steekproefkeuring

Voorbeeld (zie tabel 7)
Als bij 5 opeenvolgende normale keuringen 2 afkeuringen zijn voorgekomen, wordt daarna tot een verscherpte keuring overgegaan. Deze wordt bij het gekozen voorbeeld als volgt uitgevoerd:

Partijgrootte (*N*): 900.

Aanvaardbaar uitvalpercentage (AQL): 2,0.

Steekproefgrootte (*n*): 100.

Goedkeurcriterium (*c*): 3. Afkeuring volgt als 4 of meer lasstroken niet-aanvaardbaar zijn.

Goedkeurkans (*P*): 85,7 %. Deze goedkeurkans is aanmerkelijk lager dan die bij de normale keuring; er is dus tevens een grotere kans op afkeuring. De afkeurkans bedraagt 14,3 % tegen 1,7 % bij de normale keuring. De opdrachtgever beschermt zich op deze wijze beter tegen ten onrechte uitgesproken goedkeuringen.

Wanneer er daarna bij 5 achtereenvolgende verscherpte keuringen geen afkeuringen zijn geweest, kan weer tot de normale steekproefkeuring worden overgegaan.

8.3 Gereduceerde steekproefkeuring

Voorbeeld (zie tabel 7)
Als blijkt dat na 10 opeenvolgende normale keuringen geen enkele tot afkeuring heeft geleid en het totale aantal niet-aanvaardbare lasstroken een bepaald aantal niet heeft overschreden (zie de laatste kolom), kan

worden overgaan tot een gereduceerde keuring. Deze wordt als volgt uitgevoerd:

Partijgrootte (*N*): 900.

Max. toelaatbaar aantal niet-aanvaardbare lasstroken bij 10 opeenvolgende normale keuringen: 5.

Aanvaardbaar uitvalpercentage (AWL): 2,0.

Steekproefgrootte (*n*): 40.
Goedkeurcriterium (*c*): 2...5. Deze waarden houden in dat:

- bij 0, 1 of 2 niet-aanvaardbare lasstroken de partij wordt goedgekeurd en de gereduceerde keuring wordt gehandhaafd;
- bij 3 of 4 niet-aanvaardbare lasstroken de partij ook wordt goedgekeurd, maar dat de volgende keuring wordt uitgevoerd met een steekproefgrootte *n* = 55 en een goedkeurcriterium *c* = 3 (normale keuring);
- bij 5 of meer niet-aanvaardbare lasstroken de partij wordt afgekeurd, waarna weer de normale keuring wordt toegepast.

aanvaardbaar uitvalpercentage 2,0	verscherpte keuring			gereduceerde keuring				
	steekproefgrootte (<i>n</i>), goedkeurcriterium (<i>c</i>) en goedkeurkans (<i>P</i>)						toelaatbaar aantal fouten na 10 opeenvolgende normale keuringen*	
partijgrootte (<i>N</i>)	<i>n</i>	<i>c</i>	<i>P</i>	<i>n</i>	<i>c</i>	<i>P</i>		
< 16	A	—	%	3	0	1	96,0	0**
16...25	13	0	77,1	3	0	1	96,0	0**
26...50	13	0	77,1	3	0	1	96,0	0**
51...90	13	0	77,1	3	0	1	96,0	1
91...150	40	1	80,9	13	0	2	97,2	1
151...250	40	1	80,9	13	0	2	97,2	2
251...500	40	1	80,9	20	1	3	99,2	2
501...800	70	2	83,4	30	1	4	99,7	5
801...1 300	70	2	83,4	40	2	5	99,9	5
1 301...2 000	100	3	85,7	55	3	6	99,9	10
2 001...3 200	125	4	89,1	70	4	7	99,9	18

* Hierbij mogen geen afkeuringen zijn geweest.
** Voor de keuring van de partijen <16 en 16...50 geldt: toelaatbaar aantal niet-aanvaardbare lasstroken = 0 na 16 opeenvolgende normale keuringen.

Tabel 7 Voorschrift bij aanvaardbaar uitvalpercentage 2,0 voor een verscherpte en een gereduceerde steekproefkeuring

Goedkeurkans (*P*): 99,9 %. Dit is de goedkeurkans voor *c* = 4. Voor *c* = 2 of 3 zijn deze kansen respectievelijk 95,3 % en 99,1 %. Met de kans van 95,3 % beschermt de opdrachtgever zich weer enigszins.

8.4 Volledige keuring

Voorbeeld (zie tabel 8)

In tabel 6 wordt bij de normale keuring met een aanvaardbaar uitvalpercentage 0,8 voor partijgrootten < 16 in plaats van een steekproef een volledige keuring geadviseerd. Dit is gedaan omdat het enige in aanmerking komende steekproefvoorschrift, *n* = 13 en *c* = 0, slechts mogelijk is voor de partijgrootten 14 en 15. Voor de partijgrootten 2 tot en met 13 komt dus alleen een volledige keuring in aanmerking, omdat de steekproefomvang groter is dan of gelijk is aan de partijgrootte. Van een partij van b.v. 9 stuks kunnen met dit steekproefvoorschrift immers ten hoogste 9

stuks worden gekeurd, d.w.z. men gaat dan vanzelf van een steekproefkeuring over op een volledige keuring. Het goedkeurcriterium is eveneens 0, omdat, indien bij een steekproefgrootte *n* = 13 het goedkeurcriterium *c* = 0, deze eis zeker geldt voor partijgrootten kleiner dan 13.

Indien wordt gekeurd (zie tabel 6) met het aanvaardbare uitvalpercentage 2,0, is het eerste in aanmerking komende steekproefvoorschrift *n* = 5, *c* = 0. Dit kan worden gebruikt voor de partijgrootten 6 tot en met 50; voor de partijgrootten 2 tot en met 5 moet dan tot een volledige keuring worden overgegaan, omdat een steekproefkeuring niet mogelijk is.

Indien wordt gekeurd (zie tabel 6) met het aanvaardbare uitvalpercentage 4,0, is het steekproefvoorschrift voor partijgrootten < 26: *n* = 3, *c* = 0. Een steekproefkeuring is mogelijk voor de partijgrootten 4 tot en met 25; hieruit volgt dat een volledige keuring nodig is voor de partijgrootten 2 en 3.

aanvaardbaar uitvalpercentage (100 <i>p</i> _a) partijgrootte (<i>N</i>) steekproefgrootte (<i>n</i>)		zeer hoge tot hoge kwaliteit														k1		k2	
		0,008	0,011	0,015	0,020	0,028	0,040	0,055	0,080	0,11	0,15	0,20	0,28	0,40	0,55	0,80	1,3	2,0	4,0
		goedkeurcriteria																	
<i>N</i>	<i>n</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>
< 16	3																		0
16...25	5																		
26...50	8																		
51...90	13																		
91...150	20																		
151...250	30																		
251...500	40																		
501...800	55																		
801...1 300	70																		
1 301...2 000	100																		
2 001...3 200	125																		
3 201...10 000	200																		
10 001...30 000	300																		
30 001...80 000	400																		
80 001...200 000	550																		
200 001...350 000	700																		
350 001...500 000	1 000																		
≥ 500 001	1 250	0	0																

k1 = middelmatig hoge kwaliteit
k2 = lage kwaliteit

Tabel 8 Voorschriften voor volledige keuring met behulp van steekproefvoorschriften voor *n* = 3...1 250, *c* = 0; normale keuring

Voor het vaststellen wanneer bij een keuring met een bepaald aanvaardbaar uitvalpercentage tot een *volledige* keuring moet worden overgegaan, is in tabel 8 het aanvaardbare uitvalpercentage uitgezet tegen de partijgroottegroep en de voor die groep gekozen steekproefgrootte. In verband met de eis ten aanzien van de goedkeurkans (ongeveer 90 % bij keuring met verschillende aanvaardbare uitvalpercentages en steekproefvoorschriften $n = \dots, c = 0$), kan deze voor de partijgroottegroep gekozen steekproefgrootte met $c = 0$ slechts voor één aanvaardbaar uitvalpercentage worden aangehouden.

Aan tabel 8 kan nu worden ontleend welke steekproefgrootte het eerst in aanmerking komt bij een bepaald aanvaardbaar uitvalpercentage.

Tabel 8 bevat een groter aantal groepen partijgrootten dan de tabellen 6 en 7; het aantal aanvaardbare uitvalpercentages en dus ook het aantal kwaliteiten is nl. groter en daarmee ook het aantal steekproefgrootten.

In de kolommen van de aanvaardbare uitvalpercentages wijzen de respectieve pijlen naar het goedkeurcriterium $c = 0$. Van hier in horizontale richting naar links gaande, vindt men telkens de bij dit goedkeurcriterium behorende kleinste steekproefgrootte die mogelijk is in verband met de goedkeurkans van ongeveer 90 %.

Voorbeelden

Als eerste voorbeeld wordt nu genomen de partijgrootte 30, aanvaardbaar uitvalpercentage 0,20 (kwaliteit 20).

Het voor dit aanvaardbaar uitvalpercentage in aanmerking komende eerste steekproefvoorschrift is $n = 55, c = 0$. Deze steekproefomvang is dus groter dan de partijgrootte, zodat een steekproef niet mogelijk is en de partij daarom volledig moet worden gekeurd met als goedkeurcriterium $c = 0$, daar $30 < 55$ is. Dezelfde overweging geldt voor alle partijgrootten < 56 . Partijen groter dan 55 kunnen, althans bij een uitvalpercentage van 0,20 wel steekproefsgewijs worden gekeurd.

Indien een partij ter grootte van 80 moet worden gekeurd met een aanvaardbaar uitvalpercentage 0,40 (kwaliteit 10) kan de voor deze partij (groep 51...90) eigenlijk in aanmerking komende steekproefgrootte 13 niet worden aangehouden, maar moet worden overgegaan op het steekproefvoorschrift $n = 30, c = 0$. Daaruit volgt dat voor de partijgrootten 2...30 een volledige keuring moet worden verricht en dat goedkeuring van deze partijen volgt als alle onderzochte lasstroken aanvaardbaar zijn. Voor partijgrootten 31 tot en met 250 en een aanvaardbaar uitvalpercentage

0,40 gelden dezelfde overwegingen als voor de partijgrootte 80.

Zou men b.v. een partij ter grootte van 500 volledig willen keuren met een aanvaardbaar uitvalpercentage 0,20, dan moet men bedenken dat een dergelijke keuring weliswaar kan leiden tot de vaststelling dat dit uitvalpercentage al of niet is overschreden, maar anderzijds oneconomisch is, omdat kan worden volstaan met een steekproefsgewijze keuring $n:55$ en $c = 0$, indien men tenminste een goedkeurkans van ca. 90 % acceptabel acht.

Men dient tevens te bedenken dat bij een volledige keuring van grote partijen, statistisch gezien, wordt gekeurd met een zeer laag aanvaardbaar uitvalpercentage (d.w.z. met een zeer hoog kwaliteitsniveau) en dat dus bij toeneming van de partijgrootte en bij de genoemde wijze van keuren in feite steeds hogere en uiteindelijk te hoge eisen worden gesteld aan de kwaliteit van het laswerk.

Opmerking:

Aan tabel 8 kan niet rechtstreeks worden ontleend of b.v. het steekproefvoorschrift $n = 30, c = 0$ bij een aanvaardbaar uitvalpercentage 0,40 ook nog in aanmerking komt voor partijen groter dan 250 in verband met de eis van opklimmende goedkeurkans bij toeneming van de partijgrootte. Men kan niet zomaar, d.w.z. zonder dat vóóraf een aanvaardbaar uitvalpercentage is vastgesteld, tot een volledige of 100 % keuring overgaan. Partijgrootte en aanvaardbaar uitvalpercentage bepalen te zamen met de in aanmerking komende steekproefgrootte of een steekproefkeuring dan wel een volledige keuring moet worden uitgevoerd.

8.5 Richtlijnen voor de uitvoering van een keuring volgens statistische grondslagen (AQL-systeem)

De volgende richtlijnen dienen ten dele te worden beschouwd als een samenvatting van hetgeen werd behandeld, maar overigens als afzonderlijke richtlijnen die in een bestek kunnen worden opgenomen.

- Het aanvaardbare uitvalpercentage (kwaliteitsniveau) moet, vóóradat met de uitvoering van een laswerk wordt begonnen, tussen opdrachtgever en uitvoerder worden overeengekomen, tenzij daarvoor in verband met de aard van de constructie, richtlijnen bestaan in normbladen of andere erkende geschriften.
- Vóór en tijdens de uitvoering van het laswerk moet de opdrachtgever, in overleg met de uitvoerder, in staat worden gesteld te controleren of het fabricagepeil ten minste in overeenstemming is met het over-

eengekomen kwaliteitsniveau (aanvaardbaar uitvalpercentage).

Een der controlemaatregelen is een volledig radiografisch onderzoek bij het begin en aan een klein deel van het laswerk. Het kan worden aangevuld met een niet-destructief onderzoek volgens een of meer der andere in hoofdstuk 5 genoemde methoden. Dit onderzoek is te beschouwen als een niveaukeuring waarmee een indicatie wordt verkregen van het fabricagepeil. Deze niveaukeuring behoeft niet te worden uitgevoerd als van dit peil voldoende bekend is.

- Als keuringseenheid wordt de radiografisch onderzochte lasstrook genomen. Er dient vooraf te worden vastgesteld welke afmetingen de radiografieën bij een 100 %-keuring zouden moeten hebben. Met deze afmetingen dient rekening te worden gehouden in verband met de vaststelling van de partijgrootte. Of een steekproefkeuring dan wel een volledige keuring dient plaats te vinden, kan worden bepaald aan de hand van een daartoe opgestelde tabel.

De normale steekproefkeuring (decisiekeuring) wordt uitgevoerd volgens de daartoe opgestelde steekproefvoorschriften. Indien visuele controle tijdens de lasuitvoering niet mogelijk of vrijwel onmogelijk is, kan gebruik worden gemaakt van de voorschriften voor verscherpte keuring. Deze worden ook toegepast als bij herhaalde keuringen in dezelfde fabriek te veel afkeuringen voorkwamen.

Als evenwel bij herhaalde keuringen blijkt dat er uitsluitend goedkeuringen waren, kan gebruik worden gemaakt van de voorschriften voor gereduceerde keuring. Deze kunnen ook direct worden toegepast als het hoge fabricagepeil in de desbetreffende fabriek daartoe aanleiding geeft.

- Uitvoerder en opdrachtgever moeten tevoren een duidelijke afspraak maken door wie het radiografisch onderzoek zal worden uitgevoerd, door wie de radiografieën zullen worden beoordeeld en volgens welke richtlijnen.
- Bij een steekproefkeuring (decisiekeuring) dienen op volkomen willekeurige (= a-selecte) plaatsen aan de constructie zoveel radiografische opnamen te worden gemaakt en daardoor een zo groot aantal radiografieën te worden verkregen als overeenkomt met de in de tabellen 6, 7 en 8 aangegeven steekproefgrootten.

Indien een volledig a-selecte steekproef praktische moeilijkheden veroorzaakt, dient deze zoveel mogelijk te worden benaderd.

- Wanneer meer dan één lasser het laswerk heeft uitgevoerd, dient bij steekproefkeuring één steekproef uit het werk van ieder van de lassers te worden genomen, waarbij de partijgrootten dan de respectieve

aantallen radiografieën zijn bij een 100 %-keuring van het werk van ieder der lassers. Het laswerk kan als één partij worden beschouwd als bij de periodieke controle tijdens de lasuitvoering is gebleken dat nagenoeg geen verschil in de kwaliteit van het werk van deze lassers kon worden vastgesteld.

- Als het laswerk in een aantal kwaliteitsklassen kan worden ingedeeld, moeten de delen die tot de verschillende klassen behoren, als afzonderlijke partijen worden beschouwd en ieder apart aan een statistische keuring volgens de tabellen 6 en 7 en zo nodig volgens tabel 8 worden onderworpen.

Een dergelijke klasse-indeling kan betrekking hebben op eisen die moeten worden gesteld b.v. in verband met de aard van de belasting of ten aanzien van de veiligheid van de constructie.

Een klasse-indeling kan zowel gelden voor delen van een constructie als voor de gehele constructie.

- Een steekproefkeuring van laswerk dient overigens met begrip te worden uitgevoerd. Als b.v. aan een der einden van een radiografie een ontoelaatbare discontinuïteit van enige afmeting wordt waargenomen, dient te worden onderzocht of deze fout zich voortzet in een lasgedeelte dat niet bij de steekproef was betrokken.

Zogenoemde "aanhechtingen" kunnen oorzaak zijn van bepaalde discontinuïteiten die ter weerszijden ervan al of niet in geringe mate kunnen worden verwacht, zodat ook met plaatselijke ongelijksoortigheid rekening dient te worden gehouden, dat kan een aanvullend onderzoek nodig maken.

- Berekening van de toelaatbare uitval in een partij, aan de hand van het aanvaardbare uitvalpercentage, kan leiden tot gehele aantallen, fracties of tot gehele aantallen plus fracties van radiografieën.

Bij een steekproefkeuring heeft deze berekening en hebben dus ook de fracties geen betekenis omdat het goedkeurcriterium, hoewel verband houdend met het aanvaardbare uitvalpercentage, toch uitsluitend wordt uitgedrukt in 0 of gehele getallen.

Bij een volledige keuring moet bij deze berekening vaak wel met fracties van films rekening worden gehouden omdat bij deze keuring het aanvaardbare uitvalpercentage tevens het goedkeurcriterium is. In dit geval dient een nauwkeurige afspraak te worden gemaakt op welk geheel getal de uitval zal worden vastgesteld.

Tabel 6 bevat slechts de uitgewerkte voorschriften voor drie kwaliteitsniveaus.

In geval laswerk moet worden uitgevoerd met een aanvaardbaar uitvalpercentage kleiner dan 0,8, dient de keuringsinstantie te beschikken over de voor dit aan-

vaardbare uitvalpercentage noodzakelijke steekproefvoorschriften.

Steekproefvoorschriften worden eenvoudiger naarmate de kwaliteitseisen hoger worden. Als b.v. wordt gekeurd met een aanvaardbaar uitvalpercentage 0,20, komen voor de partijgrootten tot en met 3200 slechts 2 steekproefvoorschriften in aanmerking, nl. $n = 55$, $c = 0$ en $n = 200$, $c = 1$.

In tabel 8 kan men zien dat keuringen kunnen worden uitgevoerd aan laswerk van zeer uiteenlopende kwaliteit. In het bijzonder zijn de hoge kwaliteiten sterk gedifferentieerd.

8.6 Tabellen met voorschriften voor een enkelvoudige steekproefkeuring

8.6.1 Normale steekproefkeuring

- De aanvaardbare uitvalpercentages 4,0, 2,0 en 0,8 hebben respectievelijk betrekking op laswerk waarvan lage, middelmatig hoge en hoge eisen moeten worden gesteld.
- Partijen waarvoor in plaats van een steekproef een "A"-keuring wordt voorgeschreven, moeten volledig worden gekeurd.
- De keuring moet a-select worden uitgevoerd, d.w.z. dat de opnamen moeten worden gemaakt op geheel willekeurige plaatsen van het laswerk. Als dit moeilijkheden met zich meebrengt, dient deze eis zoveel mogelijk te worden benaderd.

Voorbeeld

Te keuren: 40 m laswerk met aanvaardbaar uitvalpercentage 2,0.

Partijgrootte: totaal aantal mogelijke radiografieën: 100.

Steekproefgrootte: aantal te maken opnamen: 20.

Goedkeurcriterium: 1.

Het laswerk wordt:

- goedgekeurd als van de 20 lasstroken 0 of 1, maar niet meer dan 1, niet aanvaardbaar zijn.
- afgekeurd als van de 20 lasstroken meer dan 1 niet aanvaardbaar is.

8.6.2 Verscherpte en gereduceerde steekproefkeuring

- Als bij 5 opeenvolgende normale keuringen 2 afkeuringen zijn voorgekomen, wordt daarna tot een *verscherpte* keuring overgegaan.
- Als bij 5 opeenvolgende verscherpte keuringen geen afkeuringen zijn geweest, geschiedt de volgende keuring *normaal*, dus volgens tabel 6.
- Als blijkt dat na 10 opeenvolgende normale keuringen geen enkele keuring tot afkeuring heeft geleid en het totale aantal niet-aanvaardbare lasstroken

een bepaald aantal (zie laatste kolom van tabel 7) niet heeft overschreden, kan worden overgegaan tot een *gereduceerde* keuring.

- Als gegronde redenen bestaan om aan te nemen dat het betrokken bedrijf werkt met een hoger fabricagepeil dus een lager uitvalpercentage heeft dan het overeengekomen kwaliteitsniveau, kan reeds *van het begin af* met een *gereduceerde* keuring worden volstaan.

Bij de gereduceerde keuring betekent in de kolom van c de aanduiding:

- 0...1: goedkeuring bij 0 niet-aanvaardbare lasstroken; gereduceerde steekproef handhaven; afkeuring bij 1 of meer niet-aanvaardbare lasstroken; volgende keuring wordt een normale keuring (zie tabel 6 voor aanvaardbaar uitvalpercentage 2,0);
- 1...4: goedkeuring bij 0 of 1 niet-aanvaardbare lasstroken; gereduceerde steekproef handhaven; goedkeuring bij 2 of 3 niet-aanvaardbare lasstroken, maar volgende keuring wordt een normale keuring met steekproef $n = 55$ en $c = 3$ (zie tabel 6 voor partijgrootte 501...800 met aanvaardbaar uitvalpercentage 2,0) afkeuring bij 4 of meer niet-aanvaardbare lasstroken; volgende keuring wordt een normale keuring (als voorgaand).

8.6.3 Volledige keuring (100 % of A-keuring)

De tabel geeft voor een reeks aanvaardbare uitvalpercentages steekproefvoorschriften met het goedkeurcriterium 0, d.w.z. met tevens de bij de respectieve uitvalpercentages als eerste in aanmerking komende steekproefgrootte.

Voorbeelden

Partijgrootte 20, keuring met aanvaardbaar uitvalpercentage 0,40; hiervoor in aanmerking komend steekproefvoorschrift is $n = 30$, $c = 0$; steekproef niet uitvoerbaar; dus volledige keuring met als goedkeurcriterium eveneens $c = 0$.

Partijgrootte 300, keuring met aanvaardbaar uitvalpercentage 0,040; hiervoor in aanmerking komend steekproefvoorschrift is $n = 300$, $c = 0$; steekproefgrootte = partijgrootte; steekproef niet uitvoerbaar; dus volledige keuring met als goedkeurcriterium eveneens $c = 0$.

Normen

- NEN 1062-I : Algemene bepaling.
- NEN 1062-II : Indeling en aanduiding van elektroden.
- NEN 1062-III: Eisen voor beproeving van elektroden.
- NEN 1062-IV: Bekwaamheidseisen en beoordelingsmethoden voor lassers.
- NEN 1062-V : Bewerking en lasnaadvormen.
- NEN 1062-VI: Richtlijnen voor het ontwerpen en berekenen van gelaste verbindingen.
- NEN 2143 : Aanduiding van smeltlasverbindingen.
- NEN 2144 : Aanduiding van druklasverbindingen.
- NEN N 852 : Omschrijving van lasmethoden.

Naslagwerken

- 1 Jefferson, Welding design handbook for engineers, designers and supervisors, MacGraw-Hill Publ. Co., New York (1948).
- 2 Koenigsberger, Design for welding in mechanical engineering, Longmans, Green and Co., Londen (1948).
- 3 Churchill & Austin, Weld design, Prentice-Hall Inc., New York (1949).
- 4 Hilton, Welding design and processes, Chapman & Hall Ltd., Londen (1959).
- 5 Treuting e.a., Residual stress measurements, American Society for Metals (ASM), Cleveland, Ohio (1952).
- 6 Voigt, Konstruktive schweisstechnische Lösungen im chemischen Apparatebau, VEB Verlag Technik, Berlijn (1953).
- 7 Schaafsma & Willemse, Modern kwaliteitsbeleid, Philips' Techn. Bibl. Eindhoven (1954).
- 8 —, Arc welding in machine design and manufacture, The James F. Lincoln Arc Welding Foundation, Cleveland, Ohio (1958).
- 9 Geerlings e.a., Lastetechnisch verantwoord construeren, De Techn. Uitg. H. Stam N.V., Haarlem (1960).
- 10 Lagasse e.a., Aciers et techniques de soudure pour la construction des cuves de réacteurs en fortes épaisseurs, Impr. CNRM, Luik (1960).
- 11 De Jonge, Inleiding tot de medische statistiek (2 delen), Afd. Statistiek v.h. Ned. Inst. voor Prev. Geneesk., Leiden (1960).
- 12 ZIS, Schweisstechnische Richtlinien, VEB Verlag Technik, Berlijn (1961).
- 13 Neumann, Schweisstechnisches Handbuch für Konstrukteure, Vieweg & Sohn, Braunschweig (1961).
- 14 Enters, De organisatie van de kwaliteitszorg, Stenfert Kroese N.V., Leiden (1961).

Tijdschriftartikelen

- 1 NIL, De sprongsterkte van mechanisch bewerkte lasverbindingen in staal Qmc 41, uitgevoerd met elektroden van het basische type, het zure type en het traagvloeiende rutieltype, Lastetechniek 20 (1954) Nr. 12, blz. 231...239.
- 2 NIL, De sprongsterkte van stompe lasverbindingen in plaat Qmc 37/41, Lastetechniek 24 (1958) Nr. 9L, blz. 196...203.
- 3 NIL, Onderzoek naar de dynamische sterkte van gelaste liggers met laspoortjes en met kruisende lasnaden en naar de dynamische sterkte van twee verschillende details bij orthotrope plaatconstructies, Lastetechniek 25 (1959) Nr. 7L, blz. 152 e.v.
- 4 Kerkhof, Design against excessive plastic deformation, Lastetechniek 25 (1959) Nr. 7L, blz. 1...9, Nr. 3L, blz. 48...58.
- 5 NIL, Formules voor de berekening van gelaste verbindingen die statisch worden belast, Lastetechniek 28 (1962) Nr. 5L, blz. 112...120.
- 6 —, Ontwerp, uitvoering en controle van lasconstructies, Metaal en Kunststof 2 (1964) Nr. 20, blz. 1144...1165.
- 7 Berner, Get the cobwebs out of your welding design, Machinery (London) 70 (1964) Nr. 7, blz. 110...115.
- 8 Hamaker, De betekenis van steekproefmethoden bij kwaliteitscontrole, Metalen XIX (1964) Nr. 4, blz. 100...106.
- 9 Guyot, Qualification du mode opératoire de soudage relatif à la réalisation de constructions soudées et contrôle en cours de fabrication, Rev. de la Soudure 20 (1964) Nr. 4, blz. 222...244.

Voorlichtingsbladen voor de metaalindustrie

samengesteld onder auspiciën van het Nederlands

Instituut voor Lastechniek en uitgegeven door Technische Uitgeverij H. Stam N.V., Culemborg:

VM-bladen groep 04: Lassen van roestvast staal

VM-bladen groep 08: Weerstandlassen (in aanvulling)

VM-bladen groep 10: Lasdetails voor ketels en drukvaten

VM-bladen groep 11: Smeltlassen en hardsolderen van aluminium en aluminiumlegeringen

VM-bladen groep 18: Smeltlassen en hardsolderen van koper en koperlegeringen

VM-bladen groep 21: Smeltlassen en hardsolderen van nikkel en nikkellegeringen

Symposiaverslagen van de Nederlandse Vereniging voor Lastechniek, Den Haag

Lassymposium 1953: Gelaste constructies

Lassymposium 1955: Materiaalproblemen bij het lassen van staal en non-ferrometalen

Lassymposium 1957: De metallurgie van het lassen van staal

Lassymposium 1960: De wereld van het smeltlassen

Lassymposium 1962: Het lassen van bijzondere metalen

Lassymposium 1964: Het lassen van apparatuur ten gebruike bij lage temperatuur

Bijzondere publikaties

- 1 Saxe van Rensselaer, Manual of structural welding practice, Saxe System Welded Connection Units, Baltimore (1951).
- 2 DVS, Hinweise für das Instandsetzungsschweißen

an Kraftfahrzeugen, Vieweg & Sohn, Braunschweig (1956).

- 3 —, Aids to efficient machine design in welded steel, The Lincoln Electr. Comp., Cleveland, Ohio (1958).
- 4 NIL & Röntgentechnische Dienst, Possible and impossible in radiography, De Techn. Uitg. H. Stam N.V., Haarlem (1958).
- 5 NIL, Het radiografische beeld van inhomogeniteiten in lasverbindingen, De Techn. Uitg. H. Stam N.V., Haarlem (1960).
- 6 Teske, Richtreihe für die Beurteilung von Schweißern, Deutscher Verlag für Schweisstechnik, Düsseldorf (1962).
- 7 Fuhrman e.a., Hinweise für das Schweißen von Anhängerzuggabeln, Deutscher Verlag für Schweisstechnik, Düsseldorf (1963).
- 8 Budde e.a., Hinweise für das Schweißen an Achsen von Anhängern hinter Kraftfahrzeugen, Deutscher Verlag für Schweisstechnik, Düsseldorf (1963).
- 9 Voorlopige keuringsrichtlijnen VKR-7, Beoordeling der grenzen van de toelaatbaarheid van radiografisch aangetoonde inhomogeniteiten, Dienst voor het Stoomwezen, Den Haag (1963).
- 10 Doc. RC-V-1-63 van het NIL, 12 aanvullende röntgenbeelden, Röntgentechnische Dienst N.V., Rotterdam (1963).

Boeken

- 1 Moroney, Facts from figures, Penguin Books Ltd., Middlesex, Engeland (1965).
- 2 Wyvekate, Verklarende statistiek, Aula-Boeken, Het Spectrum, Utrecht (1966).

Lijst van schema's en tabellen

Schema 1 Werkwijze voor het ontwerp

2 Lastechnische aspecten

Tabel 1 Samenhang tussen lasproces en werkstukmateriaal

Tabel 2 Verband tussen lasproces, lasstand en werkstukdikte

Tabel 3 Omschrijving en klassering van lasfouten

Tabel 4 Cumulatie van lasfouten

Tabel 5 Niet-toelaatbare gasholten (IIW-symbool A, nr. 1)

Tabel 6 Voorschriften voor een normale steekproefkeuring

Tabel 7 Voorschrift bij aanvaardbaar uitvalpercentage 2,0 voor een verscherpte en een gereduceerde steekproefkeuring

Tabel 8 Voorschriften voor volledige keuring met behulp van steekproefvoorschriften voor $n = 3 \dots 1250$, $c = 0$; normale keuring

Trefwoordenregister

- Aanbevelingen, algemene -, 14
aanvaardbaarheidscriteria, 20
afkeurcriterium, 21
afkoelingssnelheid, 11, 13
AQL (Acceptable Quality Level), 23, 34
aspecten, lastechnische -, 6
- Bekleding, 9
belasting, wisselende -, 8
belastingen, aard en grootte van -, 6, 19
belastingen, dynamische -, 9, 18
beoordeling op geschiktheid, 6
bestek, 13
besturing, elektronische -, 14
bindingsfouten, 19, 28
breuk, brosse -, 8, 9
- Certificaten, 17
constructeur, taak van de -, 12
constructie, categorie van de -, 18
constructies, (sterk-) dynamisch belaste -, 10
controle en keuring, 17
corrosie, 8, 19
corrosievastheid, 8
- Delingen of secties, 9
deskundige, onpartijdige -, 12
dichtingslassen, 11
diepinbrandelektrode, 10
DIN 17100, 13
decisiekeuring, 21, 35
discontinuïteiten, 16, 19, 26
discontinuïteiten, systematische -, 22
doorlassing, onvolkomen -, 8, 10, 19, 29
dubbelingen, 8
- Ebonoteren, 9
eigenschappen, mechanische -, 8, 9
eigenschappen, statisch -, mechanische -, 9
erosie, 19
Euronorm, 8, 13
- Fabricagepeil, 5, 18, 20
fabricage-uitvoering, 6
filmklassering, 18, 20
fout, frequentie -, 20
fouttypen, 20
- Garantiebepalingen, 25
gasholten, 19, 26
gaskanalen, 19
gebruiksdoel, 6
gebruikseisen, 6
gebruikstemperatuur, 9, 19
geschiktheid, beoordeling op -, 6
gloeihuid, 14
goedkeurcriterium, 20, 21, 23
goedkeurkans, 22, 23
goedkeuringsstempel, 12
- Hanteerbaarheid, 12
hechtlassen, 14
hijsgen, plaats van de -, 12
hoekinsmelting, positieve -, 10
hoeklas, 10, 11
hoeklassen, verspringende -, 11
- IIW-collection of reference radiographs, 19
inkartelingen, 29
insmelting, onvoldoende -, 8
- Kerfslagwaarde, 8, 9
keuring, 18
keuring, de - bij overneming, 5, 20
keuring, de - van het werkstukmateriaal, 13
keuring, controle en -, 17
keuring, conventionele -, 20
keuring, gereduceerde -, 24
keuring, statistische -, 20, 22, 34
keuring, volledige -, 33, 36
keuringskarakteristiek, 23
keuringsrichtlijnen, 6
keuringsvoorschriften, 6, 20
klasseringen, 20
koudvormen, 8
krachtlijnenverloop, 10
krimpspanningen, 11
krimpvormingen, 11
kunststof, bekleden met -, 9
kwaliteit, de - van het laswerk, 5, 13
kwaliteit, aanvaardbare -, 10
kwaliteitscriteria, 20
kwaliteitseisen, 5
kwaliteitsniveau, 5, 22
kwaliteitszorg, 5
- Lagen, beschermende -, 14
las, dichtheid van de -, 19
las, stompe -, 10
lasbaarheid, 5, 8
lasdeskundigen, 9, 22
lasfouten, 5, 8
laskanten, voorbereiding van de -, 14
laskruisingen, 11
laskwaliteit, 8, 10
lasmenie, 14
lasnaadvorm, 10
lasnaadvormen, symmetrische -, 11
lasopeenhopingen, 11
lasoppervlak, 8
lasoppervlak, nabewerking van het -, 16
lasplaats, 11
lasproces, automatisch -, 8, 14
lasproces, keuze van het -, 13
lasser, vaardigheid van de -, 13
lasser, vermoeidheid van de -, 14
lasspanningen, 10
lasstand, 11
lasstroken, aanvaardbare -, 21
lasstroken, niet aanvaardbare -, 20, 23
- lasuitrusting, 9
lasuitvoering, 5
lasvolgorde, 10
laswarmte, ingebrachte -, 10
laswerk, de hoeveelheid -, 9, 10
laswerk, kwaliteit van het -, 5, 13
laswerk, onderbreken van -, 16
- Materiaalkeuze, 8
materialen, ongelijksoortige -, 9
merken, 17
MIG-booglassen, 8
milieu, corrosief -, 8
Military Standard, 24
- NEN 1062, 10, 13
NEN 1132, 23
niet-ijzermetalen en hun legeringen, 8, 9
NIL-diploma, 13, 17
niveaukeuring, 22
normen NEN -, 37
- Omgeving, agressieve -, 9
omgeving, niet-agressieve -, 9
onderzoek, intensiteit van het -, 18
onderzoek, niet-destructief -, 5, 10, 18
onderzoek, penetrant en magnetisch -, 19
onderzoek, radiografisch -, 18
onderzoek, ultrasoon -, 18
onderzoek, visueel -, 18
ontwerp, 6
ontwerp, beoordeling van het -, 12
ontwerp, lastechnische uitwerking van het -, 8
ontwerptekening, 12
opdrachtgever, 9, 12, 25
oppervlakbehandeling, 9
opstelling, plaats van -, 6
overbreedte en overdikte, 16
overgangen, discontinue -, 11
overneming, keuring bij -, 5, 20
overwegingen, lastechnische -, 9
oxydelaag, 14
- Partijgrootte, 22, 23, 24
plateerlaag, 9
poederdek, lassen onder -, 8
proeflassen, 13
proefstukken, 13
- Radiografieën, 21
randinkarteling, 8, 10
reparaties, 16
richten, 16
risico's, buitengewone -, 25
risico's, normale -, 25
roestlaag, 14
- Scheuren, 19, 29
scheurvorming, gevoelig voor -, 9

secties, delingen of -, 9
 segregaties, 8
 slakinsluitels, 19, 26
 spanningen, residuele -, 10, 11
 spanningsconcentraties, 5, 8, 10
 staal, geplateerd -, 14
 staalsoorten, gelegeerde -, 8
 staalsoorten, ongelegeerde -, 8, 9
 staalsoorten, zwakgelegeerde -, 8, 9
 startplaatjes en uitlopers, 14
 steekproef, a-selecte -, 21
 steekproef, statisch verantwoorde -, 5
 steekproefeenheid, 21
 steekproefgrootte, 21, 23
 steekproefkeuring, 23, 31
 steekproefkeuring, enkelvoudige -, 23, 36
 steekproefkeuring, gereduceerde -, 32, 36
 steekproefkeuring, normale -, 31, 36
 steekproefkeuring, verscherpte -, 32, 36
 steekproefstelsel, 24
 steekproefvoorschrift, 22
 stelwiggen, ogen voor -, 14

sterkteberekeningen, 8
 symposiaverslagen NIL, 38

Temperaturomstandigheden, 8
 Thomasstaal, 8
 TIG-booglassen, 8
 toegankelijkheid, 9, 10
 toevoegmateriaal, 8, 9
 toevoegmateriaal, opslaan van -, 14
 toezicht, 17
 transport, wijze van -, 6

Uitlopers, startplaatjes en -, 14
 uitlijnen, 14
 uitvalpercentage, 22
 uitvalpercentage, aanvaardbaar -, 22, 23
 uitvoerder, 9, 12, 25
 uitvoerder, lasuitrusting van de -, 9
 uitvoering, de -, 13

Verantwoordelijkheden, 25
 verbindingslassen, 10

verbindingsvorm, 6, 10
 vermoeiing, de -, 8
 vermoeiingssterkte, 8, 9
 veroudering, 8
 verstijvingen, 8
 vervormbaarheid, 8
 vervorming, 10
 verzekeringsvoorzieningen, 25
 voorlichtingsbladen, 37
 voorlopig ontwerp, 6
 voorschriften, 26
 vormgeving, 5, 6

Waarderingscijfers, 20
 walshuid, 14
 warmtebehandeling, 8, 11, 16
 weersinvloeden, 14
 weerstandlassen, 14
 werkstukmateriaal, 8
 werkstukmateriaal, keuring van het -, 13

Zink of zinkcompound, 14

