

Metallurgische lassen RailInfra

Opleidingshandboek

Beheerder:
Goedgekeurd door:
Status:

AM Architectuur en Techniek
Jeroen Smulders, Specialist Spoor
v2022_006

Algemeen

In ProRail richtlijn RLN00451 deel 1 zijn de vakbekwaamheidseisen voor laspersoneel beschreven. Voor het theoriedeel van de opleiding kan gebruik worden gemaakt van dit opleidingshandboek.

Scope

Dit opleidingshandboek bevat de theoretische lesstof voor thermietlasbedieners, bekistlasser, oplassers en mechanisch geautomatiseerd lasser/afbrandstuiklasbedieners (zie ook RLN00451-1) het bestaat uit 5 lesmodules:

1. Materialen, materiaalgedrag tijdens en na het lassen en materiaalonderzoek
2. Las- en snijprocessen en apparatuur
3. Ontwerp van de spoorbaan en lassen onder specifieke spoorcondities
4. Gezondheid, veiligheid, milieu en kwaliteitsborging
5. Eisen aan metallurgische lassen ProRail

Werkwijze

In iedere lesmodule zijn vakbekwaamheidseisen (VBE) omschreven welke aangeven over welke kennis de cursist dient te beschikken. Aan de deze VBE zijn examenvragen gekoppeld de VBE zijn als volgt opgebouwd:

Voorbeeld van een VBE:

VBE 3.3.2.1: Doel en functie van aarde- en betonbaan

Opbouw VBE nummering:

1e digit (getal) = module nummer

2e digit (getal) = hoofdstuknummer

3e digit (getal) = paragraafnummer

4e digit (getal) = volgnummer

5e digit (volgletter) =

Optie 1: **Geen letter dan is deze VBE alle onderstaande profielen**

Optie 2: A = Mechanische geautomatiseerd lasser, Afbrandstuiklasbediener

Optie 3: B = Booglassers (Oplasser en Bekistlasser)

Optie 4: OP = Oplasser

Optie 5: BK = Bekistlasser

Optie 6: T = Thermietlasbediener

Optie 7: Een combinatie van bovenstaand opties 2 t/m 6

Indien er geen VBE is toegekend aan lesstof kan deze beschouwd worden als informatief. Over informatieve onderdelen uit de lesstof worden dan ook geen examenvragen gesteld.

Revisiegegevens

Datum	Versie	Hoofdstuk/ paragraaf	Wijziging
6-5-2013	001		Initiële versie Nederlands Instituut voor Lastechniek (door Rien van der Schelde en Ruud van Bezooijen)
1-1-2021	002	Geheel	Inhoudelijke actualisatie en uitbreiding afbrandstuiklassen (door Raymond van Mosel, John Jansen en Iwan van der Veer)
22-4-2021	003	Module 5	Eisen aan metallurgische lassen ProRail toegevoegd
28-4-2022	004	Alle modules	Koppeling naar VBE gemaakt
13-6-2022	005	Alle modules	Laatste reviewversie
01-8-2022	006	Alle modules	Definitieve versie 2022

Colofon

Dit is een uitgave van ProRail en de door ProRail erkende projectaannemers spoorwerk en onderhoudsaannemers en wordt beheerd door de commissie ProRail - Lascoördinatoren erkende aannemers.

Meer informatie over deze uitgave kunt u verkrijgen bij:

- ProRail, afdeling Techniek, spoor, wissels en geotechniek
- Lascoördinator van de erkende aannemer

©2022 ProRail

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

1 Materialen, materiaalgedrag tijdens en na het lassen en materiaalonderzoek

Inhoud

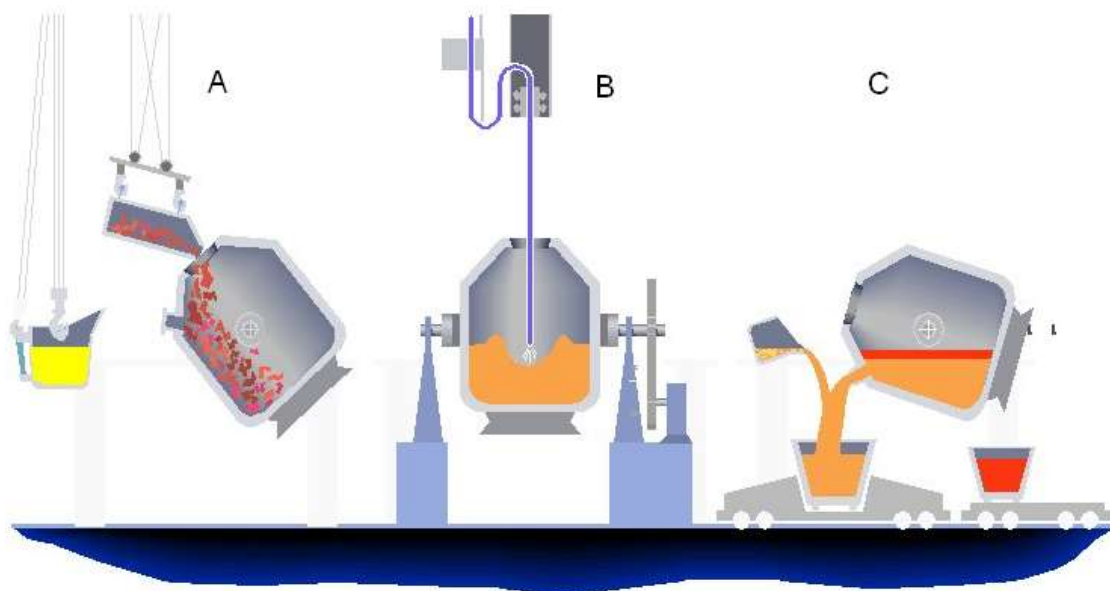
1.1	Staalbereiding (INFORMATIEF).....	2
1.1.1	Inleiding	2
1.1.2	Blokgieten	2
1.1.3	Continugieten	3
1.2	Metalen en metaallegeringen	4
1.2.1	Inleiding	4
1.2.2	Legeringselementen	5
1.3	Fase transformaties (INFORMATIEF).....	7
1.3.1	Inleiding	7
1.3.2	Uitleg vaste fase transformaties in railstaal bij zeer trage afkoeling (INFORMATIEF)	8
1.4	Harden van staal door martensietvorming	11
1.5	Invloed van (legerings-)elementen in staal.....	19
1.6	Spoorstaafmaterialen	21
1.6.1	Samenstelling en walstekens	21
1.6.2	Lasbaarheid van spoorstaafmaterialen	25
1.7	Scheurvorming	30
1.7.1	Koudscheuren	30
1.7.2	Warmscheuren	31
1.8	Temperatuurbegrippen	32
1.9	Materiaalonderzoek	35
1.10	Destructief onderzoek (DO).....	35
1.11	Niet-destructief onderzoek (NDO).....	42
1.11	Niet destructief onderzoek (NDO)	43
1.12	Herkennen van lasonvolkomenheden	49
1.13	Oefenvragen.....	72

1.1 Staalbereiding (INFORMATIEF)

1.1.1 Inleiding

Er bestaan veel materialen die we kunnen indelen in twee hoofdgroepen: metalen en niet-metalen. In het kader van deze opleiding beperken we ons tot het materiaal / metaal waarvan spoorstaven en wissels worden gemaakt, namelijk staal.

Het staal wordt gefabriceerd in hoogovens. IJzererts gemengd met cokes en kalksteen laat men smelten bij hoge temperatuur tot het ijzer in vloeibare vorm kan worden afgetapt als zogenaamd 'ruwijzer'. De moderne hoogovens hebben een capaciteit van ca. 10.000 ton ruwijzer per etmaal. Dit ruwijzer bestaat voornamelijk uit ijzer met 3,5 tot 4,5% koolstof en daarnaast nog enkele elementen als silicium en mangaan. Verder bevat het de verontreinigingen fosfor en zwavel. Het ruwijzer wordt in de staalfabriek nog gezuiverd met het zogenaamde oxystaalproces, om met name het gehalte aan koolstof sterk te verlagen en ook de verontreinigingen te beperken. Dit gebeurt door in het vloeibare ruwijzer zuurstof te blazen. De zuurstof gaat onder andere een verbinding aan met het element koolstof tot CO en CO₂ die als gas worden afgevoerd.

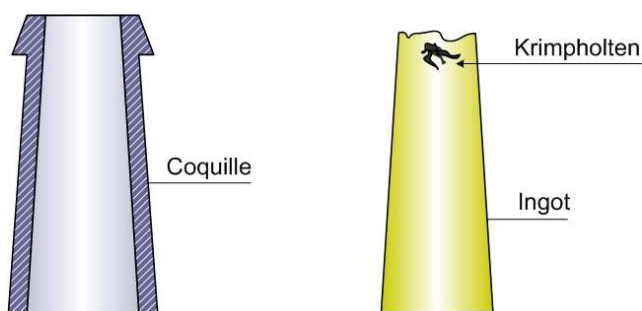


Figuur 1.1: Oxystaalproces

Na het zuiveren of raffineren noemen we het materiaal 'staal'. De gesmolten massa wordt door het uitgieten in blokken of in een continu-gietinstallatie tot vast staal verwerkt.

1.1.2 Blokgieten

Het blokgieten wordt tegenwoordig nog toegepast voor de productie van gelegeerd staal en staal voor grotere smeedstukken. Doordat tijdens de staalbereiding zuurstof aan het staal is toegevoegd (om de koolstof te verbranden) zal het vloeibare staal over het algemeen nog te veel zuurstof bevatten. Het uitgieten gebeurt in vormen die coquilles worden genoemd. Deze zijn taps van vorm zodat de vormen na het stollen van het staal (ingot) gemakkelijk verwijderd kunnen worden.



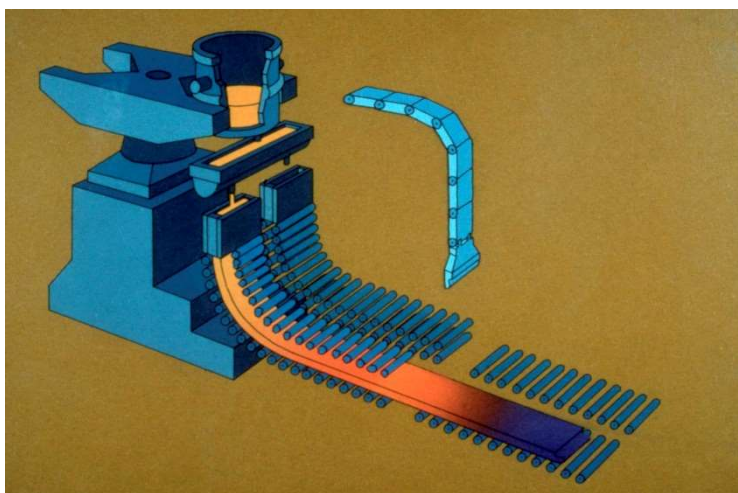
Figuur 1.2: Blokform en blok met krimpholte

Gekalmeerd staal

Door gelijktijdig met het uitgieten van het vloeibare staal in de coquille aluminium, silicium en/of mangaan toe te voegen gaan deze elementen zich met de zuurstof en de overige nog aanwezige verontreinigingen binden tot silicium- en aluminiumoxiden. Het toegevoegde mangaan zal een deel van de nog aanwezige zwavel binden tot mangaansulfide. Al deze producten worden als het ware voor het stolfront uit gestuwd en komen zo in de slak terecht. De verontreinigingen bevinden zich dan ook samen met de slinkholte in de kop van het blok. Dit deel wordt voor het uitwalsen verwijderd. Is alle zuurstof gebonden, dan zal het staal rustig stollen en wordt het gekalmeerd staal genoemd.

1.1.3 Continugieten

Materiaalverlies en een niet homogene samenstelling zijn de belangrijkste nadelen van het blokgeten. Een andere methode is het continugieten van plakken. Het vloeibare staal wordt hierbij in een watergekoelde vorm gegoten met aan de onderzijde een meestal rechthoekige uitstroomopening. Onder de vorm zakt het gedeeltelijk gestolde materiaal (de zogenoemde 'streng') door zijn gewicht langzaam naar beneden uit de vorm. Met watersproeiers wordt het verder afgekoeld, waardoor het staal geleidelijk tot in de kern vast wordt. De streng wordt vervolgens door rollen ondersteund en langzaam in een horizontale positie gebracht. Aan het eind van het proces wordt de streng in handzame plakken gesneden, waarna de verwerking in de staalwalserij volgt tot plaat, profiel of blokken, de zogenaamde halffabricaten. Hoe van deze halffabricaten vervolgens spoorstaven worden gemaakt, komt in een volgend hoofdstuk aan de orde.



Figuur 1.3: Continugieten

1.2 Metalen en metaallegeringen

Leerdoelstellingen

Je bent in staat om:

VBE 1.1.2.1

De verschillende eigenschappen van metaal te kunnen beschrijven

VBE 1.1.2.2

Het doel van legeren te kunnen beschrijven

1.2.1 Inleiding

Veel in de techniek gebruikte metalen bestaan niet uit één enkel element. Vaak zijn met opzet legeringselementen toegevoegd aan het basiselement. Het metaal krijgt daardoor eigenschappen waarmee het aan de gewenste technische eisen kan voldoen. Er wordt gelegeerd om een materiaal te verkrijgen met juist die eigenschappen, die men voor een bepaald doel nodig heeft.

Verreweg de meeste metallische materialen die men in de techniek gebruikt, zijn legeringen van metalen of van metalen en niet-metalen. Men kan metalen in vele combinaties en in vele mengverhoudingen met elkaar mengen. Door slim te mengen ontstaan materialen/legeringen die technisch bruikbaar zijn, voldoende sterk zijn, voldoende vervormbaar zijn, voldoende corrosievast zijn, enzovoort.

Legeringen worden gemaakt door het basismetaal met de legeringselementen gezamenlijk te smelten, uit te gieten en vervolgens te laten stollen. De legeringselementen gaan een verbinding aan met het basismetaal.

In ieder technisch metaal komen verontreinigingen voor. Verontreinigingen zijn ongewenste stoffen, die men niet volledig kan of wil verwijderen omdat dit te duur is. Bij staal zijn dit bijvoorbeeld fosfor (P), zwavel (S), zuurstof (O), stikstof (N) en waterstof (H). De ertsen waaruit de metalen worden bereid, zijn zelf al verontreinigd. Daarnaast zijn er bijmengsels aanwezig. Dat zijn de restanten van materialen die toegevoegd zijn om de verontreinigingen te verwijderen of te binden. Bij staal zijn dit de elementen mangaan (Mn), silicium (Si) en aluminium (Al).

In staal komen we dus naast de basiselementen ijzer en koolstof de volgende elementen tegen: Mn, P, S, O, N, Si en soms Al. Uiteraard spreekt men in zulke gevallen niet van 'legeringen'. Pas als een extra hoeveelheid van een element is toegevoegd om mechanische en/of technologische eigenschappen van het metaal te verbeteren, spreekt men van een legeringselement!

Eigenschappen van metalen

Metalen bezitten een aantal eigenschappen waardoor ze zich onderscheiden van niet-metalen:

- een reflecterend oppervlak;
- een goede thermische geleidbaarheid;
- een goede elektrische geleidbaarheid;
- een goede koude vervormbaarheid.

Enige opvallende eigenschappen van legeringen ten opzichte van zuivere metalen:

- Legeringen hebben een **smelttraject**, terwijl zuivere metalen een **smeltpunt** hebben.
- Legeringen smelten bij een temperatuur die lager ligt dan die van het bestanddeel met de hoogste smelttemperatuur.

Ferro- en non-ferro-metalen

De metalen en legeringen die in de techniek worden toegepast, worden verdeeld in twee grote groepen:

1. De ferro-metalen en -legeringen, ofwel de ijzermetalen. Het basiselement is ijzer.
2. De non-ferro-metalen en -legeringen, ofwel de niet-ijzermetalen. Het basiselement is dan een ander element dan ijzer, bijvoorbeeld aluminium, koper of nikkel.

1.2.2 Legeringselementen

Om legeringen te kunnen bereiden moeten de elementen in vloeibare toestand in elkaar oplossen. Dit is bij de meeste elementen het geval.

De bestanddelen van een legering worden de **componenten** van de legering genoemd.

We hebben te maken met de volgende twee situaties:

1. **Metaal + metaal**; dit type legering komt het meest voor.
Voorbeelden zijn koper - zink (messing), koper - tin (brons), aluminium - koper, titaan - aluminium, enz.
2. **Metaal + niet-metaal**.
Voorbeelden zijn ijzer - koolstof; de meest voorkomende legering die we staal noemen. Hierin kunnen ook andere metalen als extra component voorkomen zoals chroom. Een legering van ijzer - koolstof - chroom noemen we chroomstaal.

Naam element	Symbool	Smeltpunt °C
Mangaan	Mn	1245
Nikkel	Ni	1453
Chroom	Cr	1875
Molybdeen	Mo	2610
Koolstof	C	3727
Silicium	Si	1410
Niobium	Nb	2468
Titaan	Ti	1668
Kobalt	Co	1495
Koper	Cu	1083
Stikstof	N	-210
Vanadium	V	1900
Wolfraam	W	3410
Waterstof	H	-259
Zuurstof	O	-218
IJzer	Fe	1535

Tabel 1.1: Elementen die in staal voor (kunnen) komen

Tabel 1.1 bevat een overzicht van elementen die als legeringselement in staal kunnen fungeren. Het basismetaal 'ijzer' staat onderaan. Verder zijn de elementen zuurstof en waterstof toegevoegd. Dit zijn geen legeringselementen maar ze komen, zoals eerder vermeld, toch veelvuldig voor in staal.

Het toevoegen van legeringselementen aan metalen heeft belangrijke gevolgen voor de eigenschappen ervan. Het doel van legeren is om de eigenschappen aan te passen aan het gebruiksdoel. Hoofddoel kan zijn het aanpassen van:

- de mechanische eigenschappen;
- de corrosie-eigenschappen;
- de eigenschappen bij hoge of lage temperatuur;
- de fysische eigenschappen (zoals de smelttemperatuur en de warmtegeleidbaarheid).

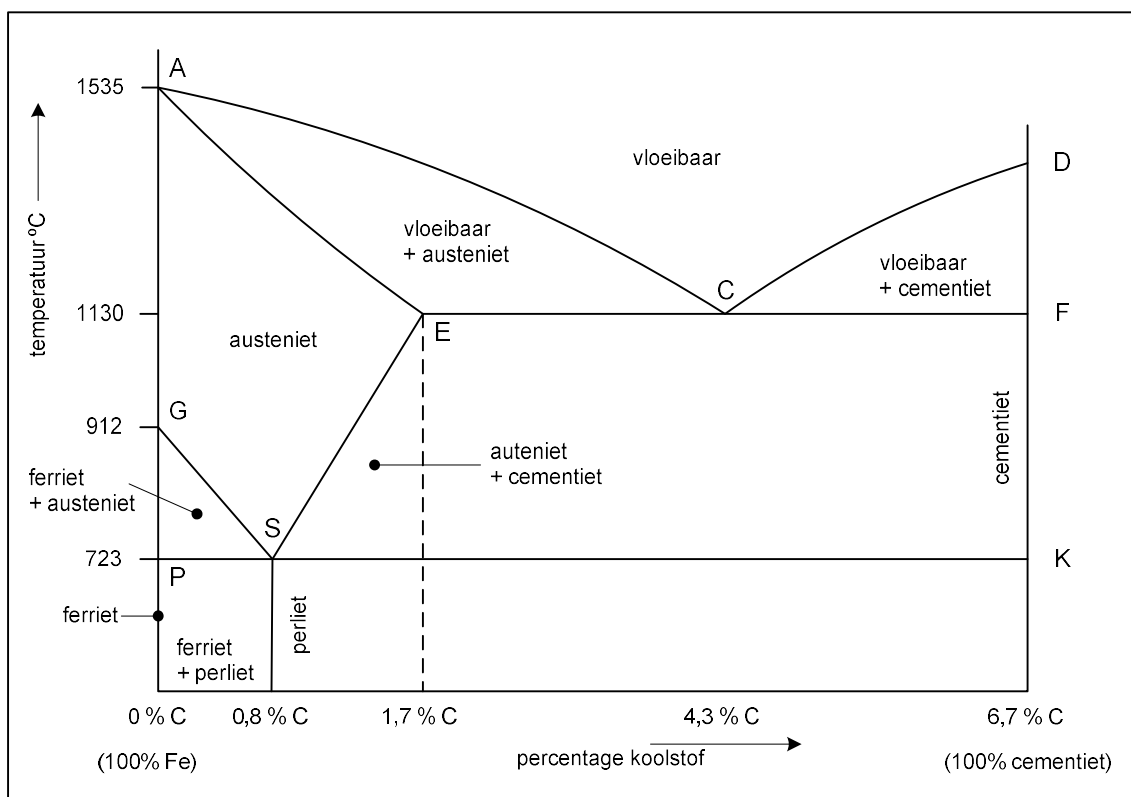
Door legeren veranderen de mechanische eigenschappen wanneer je deze eigenschappen vergelijkt met die van het zuivere metaal treedt er een verhoging van de sterkte en de hardheid op de rek (taaiheid) kan echter geringer worden.

1.3 Fase transformaties (INFORMATIEF)

1.3.1 Inleiding

We hebben eerder vermeld dat staal uit meer elementen bestaat dan alleen ijzer en koolstof om echter de verschillende structuren van staal te bekijken, beginnen we door eerst alleen naar ijzer en koolstof te kijken. In het diagram van figuur 1.4 is op de horizontale as af te lezen dat zuiver ijzer (100% Fe), met 0% koolstof (0% C), een smeltpunt heeft van 1535°C (zie punt A). Boven deze temperatuur is het ijzer dus vloeibaar. Bij een oplopend koolstofgehalte (%C) zijn er verschillende begrensde gebieden (vaste fasen) zichtbaar zoals ferriet, austeniet, cementiet en perliet.

Net als bij water wat zich in een vloeibare fase (toestand) kan verkeren maar ook een vaste "bevroren" fase heeft kent staal ook fase transformaties, deze transformaties treden op als het staal in een vaste toestand verkeert.



Figuur 1.4: Het ijzer-koolstofdiagram

Omdat staal altijd minder dan 1,7% koolstof bevat (anders heet het namelijk gietijzer) is alleen het linker gedeelte van het bovenstaande diagram voor ons interessant omdat daar het railstaal zich in bevindt.

Eerst kijken we naar de structuurbestanddelen in ongelegeerd staal bij kamertemperatuur en de eigenschappen daarvan:

- Ferriet is zuiver ijzer (100% Fe) en bevat dus geen koolstof en het is niet sterk maar zacht en taai.
- Bij Cementiet is de koolstof volledig gebonden aan het ijzer. De chemische samenstelling wordt Fe_3C genoemd en kan maximaal maximaal 6,7% koolstof bevatten. Cementiet is zeer hard en slijtvast en moeilijk te bewerken het wordt ook wel ijzercarbide genoemd. Carbides kunnen zo hard zijn dat ze zelf op schuurmiddelen worden aangebracht.

- Perliet bestaat uit zeer fijne lamellen ijzer (ferriet) en cementiet die 'laagsgewijs' tegen elkaar zitten. Perliet met circa 0,6-0,8% koolstof, is sterk, hard en moeilijk bewerkbaar en uitermate geschikt voor de toepassing van rails.

Bedenk je wel dat het ijzer-koolstofdiagram alleen geldt als het staal **zeer langzaam afkoelt** waardoor het diagram van figuur 1.4 dus **niet representatief** is wanneer we aan het staal gaan lassen. Tijdens het lassen vindt er namelijk wel een relatief snelle opwarming tot aan het smeltpunt plaats en vervolgens **een zeer snelle afkoeling** naar de omgevingstemperatuur hierover later meer in paragraaf 1.4.

1.3.2 Uitleg vaste fase transformaties in railstaal bij zeer trage afkoeling (INFORMATIEF)

Het mag duidelijk zijn dat staal in vaste vorm naar vloeibare vorm (smelten) een fase-transformatie ondergaat. Dit kun je vergelijken wanneer water ijs wordt en ijs smelt naar water. Echter met railstaal (net als regulier constructiestaal) is het zo dat er ook transformaties zijn die je zoals eerder genoemd niet met het blote oog kunt waarnemen. Dit noemen we dus "vaste fase transformaties" dit zijn transformaties/verandering in de microstructuur in het staal welke veroorzaakt worden door temperatuur en in dit geval zeer trage afkoeling.

Staal is opgebouwd uit een bolstructuur vergelijk dit maar met een emmer met dezelfde knikkers. Op het moment dat je daar druk met je handen op uitoefent dan zullen de knikkers op een gegeven moment niet meer verder ingedrukt kunnen worden (zie figuur 1.5).



Figuur 1.5: Principe bolstapelning

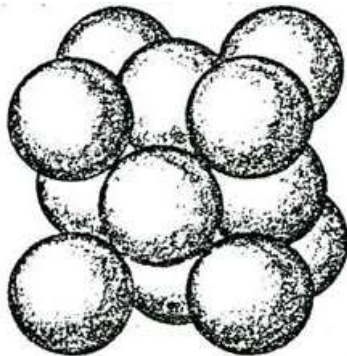
Wel is het dan zo dat er ruimte tussen de knikkers zit waar mogelijk kleinere knikkers tussen passen ook kun je bepaalde knikkers vervangen met bollen van gelijke vorm maar met compleet andere eigenschappen. Dit is eigenlijk ook het principe van "legeren". Een dergelijk opbouw van knikkers noemen we in de metaalkunde een **bolstapelning**.

Nu zijn er in railstaal eigenlijk drie soorten microstructuren welke voorkomen namelijk FERRIET, AUSTENIET (ook wel alpha ijzer en gamma ijzer genoemd) en PERLIET (=Ferriet met Cementiet).

Ferriet komt in zuiver ijzer voor beneden 912 °C en boven 1400 °C, Austeniet komt voor boven 912 °C.

--Belangrijk om te onthouden is dat Austeniet de kenmerkende eigenschap heeft dat het veel koolstof opgelost kan houden, tot wel 1,7% bij 1147 °C--

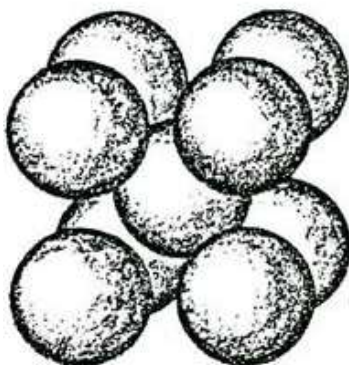
Austeniet is een bolstapeling welke ook wel “**kubisch vlakken gecentreerd**” wordt genoemd. Een eigenschap van austeniet is dat het niet ferromagnetisch is, en dus **niet magnetiseerbaar** is. Beneden 723 °C komt austeniet in koolstofstaal niet voor. Austeniet heeft door de holtes die er tussen de bollen aanwezig zijn net genoeg ruimte om het koolstof in oplossing te houden (zie onderstaande afbeelding). Dit tot het moment dat de microstructuur van het staal wijzigt naar ferriet.



k.v.g. rooster

Figuur 1.6: Bolstapeling van austeniet

Ferriet is in de onderstaande afbeelding weergegeven deze bolstapeling wordt ook wel “**kubisch ruimtelijk gecentreerd**” genoemd en is **ferromagnetisch**, dit wil zeggen het wordt door een magneet aangetrokken. Ferriet kan afhankelijk van de temperatuur slechts 0,04 tot 0,07% koolstof in oplossing houden. Maar in railstaal komt doorgaans wel meer dan 0,60% koolstof voor dus is het logisch dat dit niet in oplossing kan worden gehouden omdat deze hoeveelheid koolstof simpelweg niet past tussen de ruimte in de bolletjes. Omdat ferriet bij lagere temperaturen de koolstof dus niet meer in oplossing kan houden zoals bij austeniet ontstaat er een andere verbinding namelijk Cementiet. Cementiet is een verbinding tussen ijzer en koolstof ook wel ijzercarbide genoemd. Cementiet bevat 6,67% koolstof waardoor Cementiet dus zeer hard en bros is.



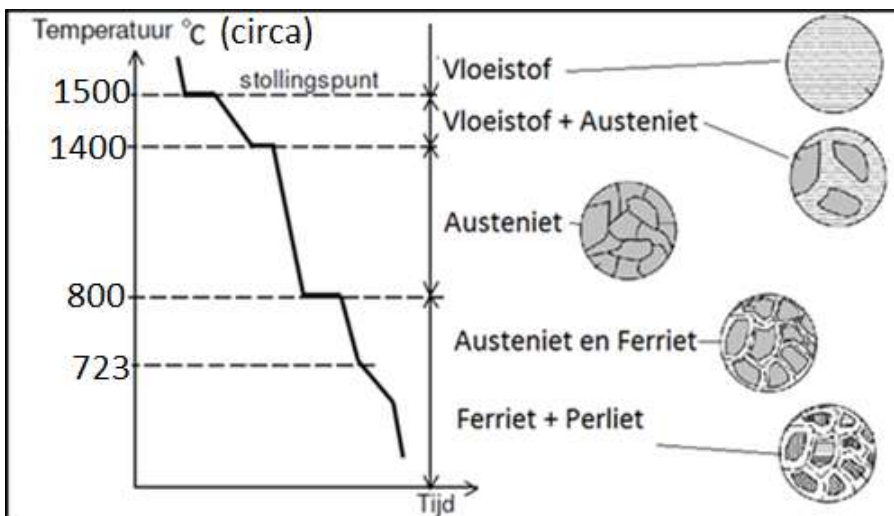
k.r.g. rooster

Figuur 1.7: Bolstapeling van ferriet

Perliet bestaat uit korrels, met in elke korrel afwisselend zeer dunne laagjes Ferriet en Cementiet (Fe_3C). Deze laagjes ontstaan wanneer een staal, bestaande uit ijzer met 0,8% koolstof, vanuit een hoge temperatuur langzaam wordt afgekoeld tot onder de 724°C de dikte van de laagjes hangt af van de afkoelsnelheid bij langzame afkoeling zijn de laagjes breder. Zit er daarentegen juist méér dan 0.8 % koolstof in het staal, dan zal langs de korrelgrenzen extra Cementiet verschijnen.

Op welke wijze faseveranderingen plaatsvinden in ijzer-koolstof verbindingen is dus vastgelegd in het zogeheten ijzer-koolstofdiagram zoals weergegeven is in figuur 1.4. Het ijzer-koolstof diagram geeft echter zoveel verschillende soorten samenstellingen weer (van zuiver ijzer t/m gietijzer) dat wij ons nu alleen beperken tot een vereenvoudigde weergave hiervan.

In onderstaand diagram zijn dan ook alleen de fasetransformaties weergegeven van ijzer met circa 0,7% aan koolstof wat dus ongeveer overeenkomstig is met railstaalsoorten welke ongelegeerd zijn (denk aan R260). Het verschil is dat er in ongelegeerd railstaal ook elementen zoals mangaan voorkomen waardoor het getoonde diagram uiteraard niet helemaal voor 100% overeenkomt. Nu kun je aan de afbeeldingen aan de rechterkant van het diagram goed zien hoe de eerder genoemde vaste fase transformaties plaatsvinden vanuit de smelttemperatuur van circa 1500°C.



Figuur 1.8: Afkoelkromme van ijzer met circa 0,7% koolstof

Maar dit diagram is zoals eerder genoemd dus alleen gebaseerd op een **zeer** trage afkoeling van het staal. Bij lassen is er sprake van een **zeer snelle afkoeling in maar ook naast de las** bovenstaand diagram is dan dus NIET meer representatief voor wat er gebeurt als we aan het spoor aan het lassen zijn hierover in het volgende hoofdstuk meer.

Samengevat:

De oplosbaarheid van koolstof is in Austeniet veel groter dan in Ferriet. Austeniet is echter maar een tijdelijke structuur op hoge temperatuur gedurende de afkoeling van het staal.

Ferriet ontstaat na verdere afkoeling maar kan niet alle koolstof in oplossing houden hierdoor ontstaat er een verbinding van ijzer met koolstof, Fe_3C , welke Cementiet of ijzercarbide wordt genoemd, deze heeft een gecompliceerd kristalrooster en is hard en bros.

Als Cementiet een gelaagde verbinding vormt met ferriet ontstaat er Perliet dit is een harde en relatief taaie structuur uitermate geschikt voor rail toepassingen.

1.4 Harden van staal door martensietvorming

Leerdoelstellingen

Je bent in staat om:

VBE 1.1.4.1

De effecten op de mechanische en metallurgische eigenschappen van thermische behandeling en de relatie met de afkoelsnelheid (CCT diagram) te beschrijven

VBE 1.1.4.2

De veranderingen in mechanische eigenschappen te relateren aan de prestatie van de rail

VBE 1.1.4.3

De invloed van koolstof op de hardheid van martensiet te benoemen en de eigenschappen van martensiet te kennen

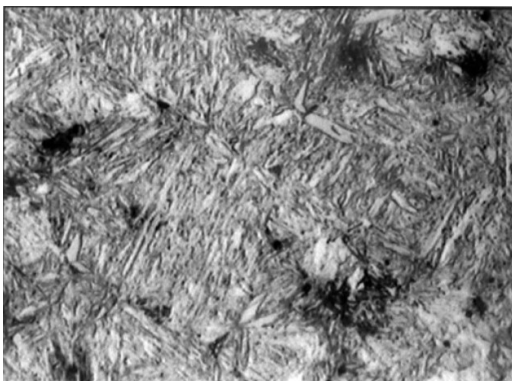
Martensiet in railstaal is een zeer **harde** en **brosse** microstructuur welke ontstaat wanneer austeniet snel wordt afgekoeld 'afgeschrikt' wordt.

De overgang van koolstof die zich in het austenietrooster bevindt naar een verbinding van ijzer en koolstof, het cementiet, Fe_3C , vraagt namelijk zoveel tijd dat deze omzetting zich tijdens de snelle afkoeling (zoals bijv. tijdens het lassen) niet geheel kan voltrekken. Hierdoor blijft de koolstof in het kristalrooster "gevangen" zonder dat het daar eigenlijk goed inpast en veroorzaakt hierdoor grote inwendige spanningen. Hierop is de hoge hardheid en interne spanning in het metaalrooster van martensiet eigenlijk berust.

Twee punten zijn belangrijk bij het ontstaan van martensiet in staal:

- koolstof is een essentieel noodzakelijk bestanddeel voor het hardingsproces;
- hoe meer koolstof aanwezig is, des te groter zal de hardheid na het afschrikken zal zijn en des te lager de taaiheid.

Er is dus een bepaalde afkoelsnelheid nodig om tot vorming van martensiet te komen. De afkoelsnelheid, waarbij nog juist martensiet ontstaat noemt men de kritische afkoelsnelheid van het staal. In afbeelding 1.9 kun je zien hoe martensiet er onder een zeer sterke microscoop uitziet.



Figuur 1.9: Naaldvormige structuur martensiet

Je kunt je wel voorstellen dat martensiet scheurvorming kan geven omdat martensiet met een hoog koolstofgehalte een zeer hoge hardheid geeft in combinatie met een lage taaiheid. Let daarbij ook op dat de las tijdens het lassen en gedurende het afkoelen altijd beschermd wordt tijdens regenval.

1.4.1 Verklaring voor het harden

Zoals aangegeven kent staal bij het opwarmen en afkoelen diverse vaste fase transformaties, dit wil zeggen dat het staal verandert van structuur afhankelijk van de temperatuur en (afkoel)tijd dit kun je dus niet waarnemen met het blote oog. Vaste transformaties doen zich dus niet voor als het staal zich in een gesmolten toestand bevindt maar als het in een **vaste toestand** verkeerd.

Als railstaal te snel afkoelt kunnen er ongewenste structuren ontstaan die het staal bros en scheurgevoelig maken hierin ligt dus HET gevaar bij het lassen. De afkoelsnelheid van een las is relatief groot omdat het omringende "relatief koude" staal in de nabijheid van deze las, de aangebrachte las snel doet afkoelen. Hierdoor kan zonder de juiste voorzorgsmaatregelen te treffen, het gebied naast de las, ook wel warmte beïnvloede zone (WBZ) genoemd, **opharden** en mogelijk scheuren. Naarmate het koolstof percentage in het staal toeneemt neemt het risico op harding en daarmee scheurvorming toe. Scheurvorming en het ontstaan van breuk zijn zeer ongewenst omdat de veilige berijdbaarheid en de beschikbaarheid van het spoor in het geding kunnen komen.

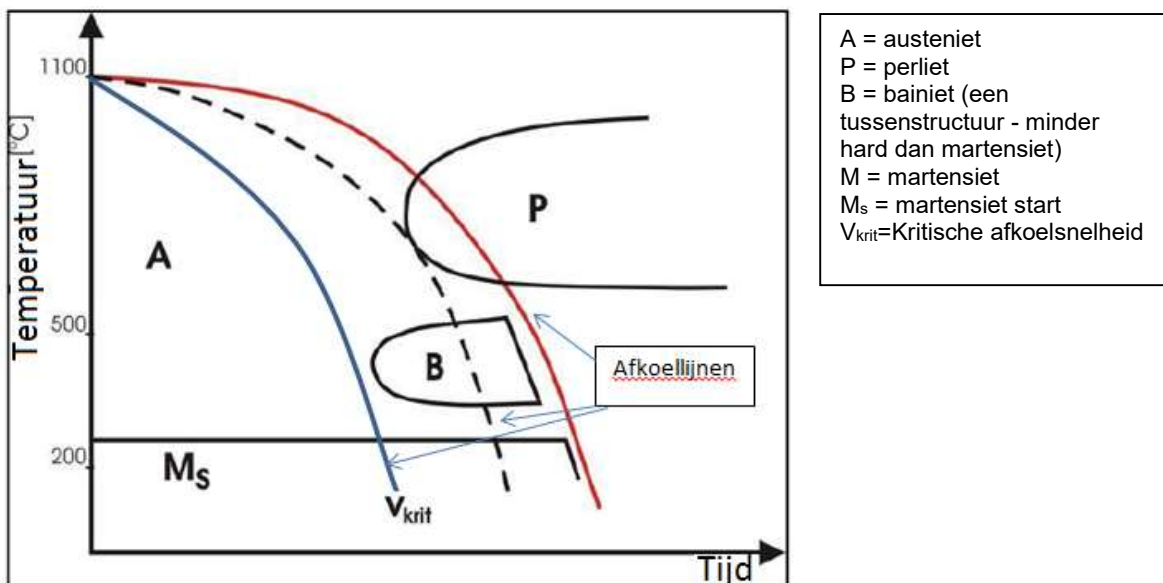
Aangezien het element koolstof er met name voor zorgt dat het railstaal zijn hardheid krijgt ligt hierin specifiek het gevaar bij het lassen aan railstaal.

Al deze risico's zorgen ervoor dat het lassen van railstaal onder zeer beheerste condities moet plaats vinden die repeteer baar moeten zijn. Om je voldoende begrip te geven is het nodig je stap voor stap te laten zien wat jou werkwijze voor invloed kan hebben op de uiteindelijke metallurgische kwaliteit van de las.

Met **harden** wordt bedoeld dat het staal harder wordt maar ook minder taai en dus gevoeliger is voor breuk. Deze gevoeligheid treedt nog eerder op bij railstaal dan bij constructiestaal vanwege het hogere koolstofpercentage.

Bij de afkoelkromme in figuur 1.8 is reeds aangegeven dat deze **alleen geldt** voor een zeer trage afkoeling. We weten dat bij het lassen er juist sprake is van een **zeer snelle afkoeling** naast de las, ook wel de warmte beïnvloede zone (WBZ) genoemd.

In een zogeheten CCT-diagram is af te lezen welke structuur of structuren (en welke hardheid) een staalsoort zal krijgen bij een snelle afkoeling vanuit het austenietgebied. CCT is de Engelse afkorting van **Continuous Cooling Transformation** een vereenvoudigd voorbeeld hiervan is te zien in figuur 1.10 deze afkoeldiagrammen verschillen dus per materiaaltype (legering).



Figuur 1.10: Schematisch CCT-diagram

Tijdens de continue afkoeling van een rail uit het austenietgebied (A) wordt de temperatuur (linker verticale as) gemeten als functie van de tijd (horizontale as). Dit levert een bepaalde afkoelsnelheid of afkoellijn op in het diagram. De begin- en eindpunten van de vorming van verschillende structuurbestanddelen zijn ook in het diagram af te lezen.

Zo zal bij afkoeling van de las vanuit het austenietgebied (zie de stippel lijn) met een bepaalde afkoelsnelheid zich bij circa 500°C de structuur 'bainiet' vormen die stopt bij het passeren van de onderste lijn van het gebied "B". De nog overgebleven austeniet zal bij verdere afkoeling zich in één klap omzetten in martensiet zodra de lijn M_s wordt overschreden.

Bij een hoge (nog snellere) afkoelsnelheid (zie de eerste blauwe lijn), zal zich bij een continue afkoeling vanuit de austeniet direct en volledig martensiet vormen als de M_s -lijn wordt overschreden, want de afkoellijn gaat vóór het 'bainietgebied' langs. De hardheid van de martensiet zal dus harder zijn dan de bainiet.

Bij een langzamere afkoeling (zie de derde rode lijn) zal zich een gunstigere structuur vormen van perliet, met een lagere hardheid.

Belangrijk hierbij is dat een eenmaal gevormde structuur na het lassen zich niet meer zondermeer laat veranderen!

Legeringselementen beïnvloeden echter wel de plaats van de gebieden in het CCT-diagram. Zo zal bijvoorbeeld door toevoeging van chroom de "neus" van de gebieden P (perliet) en B (bainiet) verder naar rechts verschuiven. Dit betekent dat, willen we geen martensiet met zijn hoge hardheid in de structuur hebben, er nog langzamer afgekoeld moet worden om een perlietstructuur te krijgen. Het verkrijgen van een volledig perlitische structuur in de railstalen met 0,5 á 1% Cr lukt al niet meer door een natuurlijke afkoeling in de lucht.

Bij het passeren van de lijn M_s bij afkoeling vanuit het austenietgebied ontstaat dus direct martensiet. Bij verdere afkoeling neemt het martensietgehalte niet of nauwelijks toe, zodat de M_s -lijn horizontaal is. Wat we uit het bovenstaande leren, is dat we een minder harde structuur krijgen als we de omzetting kunnen **vertragen**. We kunnen dit proces vertragen door **de afkoelingstijd te vertragen**, bijvoorbeeld door de spoorstaaf **voor te verwarmen** waardoor we de vorming van martensiet toch nog kunnen voorkomen doordat kritische afkoelsnelheid wordt overschreden.

1.4.2 Afkoelsnelheid vertragen door voorverwarmen

Leerdoelstellingen (1.4.2. t/m 1.4.5)

Je bent in staat om:

VBE 1.1.4.4

De invloed van voorverwarmen op de kwaliteit van lassen te verklaren

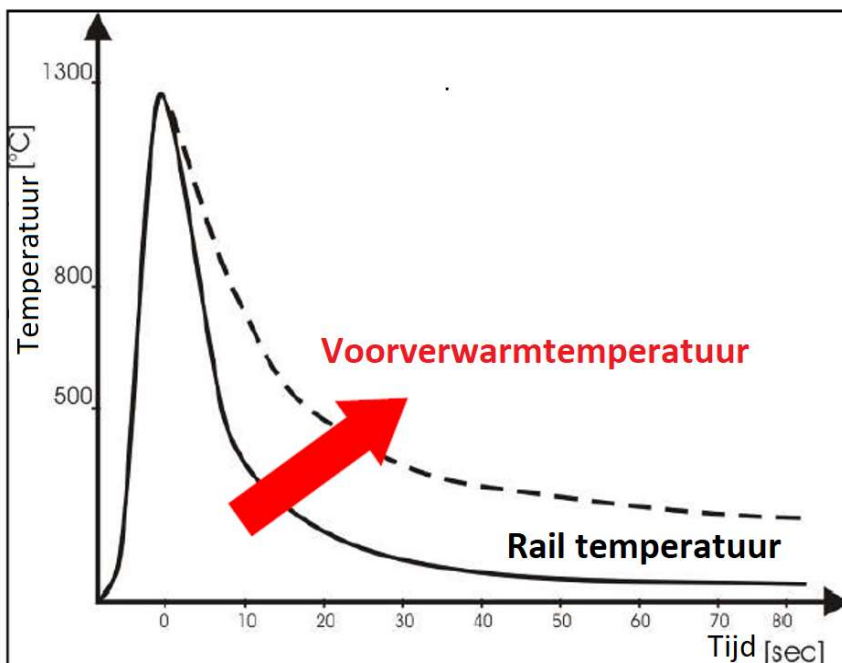
Om de afkoelsnelheid te vertragen zijn er eigenlijk twee mogelijkheden voorhanden:

1. En/of de **voorverwarmtemperatuur** (voorverwarmtijd) beïnvloeden.
2. De warmte-inbreng (ook wel **heat input** genoemd) te verhogen

Om de afkoelsnelheid te vertragen wordt er bij het lassen van koolstof stalen spoorstaven altijd voorverwarming toegepast

Het voorverwarmen van een te lassen spoorstaaf wordt dus gedaan om de afkoelsnelheid te vertragen dit vindt vanuit de bestaande door ProRail vrijgegeven lasmethodebeschrijvingen plaats door gebruik te maken van een brander met een mengsel van propaan en zuurstof. In figuur 1.11 kun je aan de stippellijn goed zien wat er gebeurd als je gaat voorverwarmen, de steilheid van de lijn tussen de 800 en 500 graden Celsius vakt af als je dit vergelijkt met de doorgetrokken lijn zonder voorverwarming. Net tussen de temperatuur van 800 en 500 graden Celsius kunnen nu juist de brosse en daarmee scheurgevoelige structuren in het staal ontstaan!

LET OP: De temperatuur van de uitredende vlam is circa 2850°C het vocht dat zich vormt op het oppervlak tijdens het voorverwarmen komt niet uit de spoorstaaf maar komt vanuit het gas!



Figuur 1.11: Invloed van voorverwarmen op de afkoelsnelheid

In het kort zijn de redenen waarom we voorverwarmen:

- het voorkomen van hardingsverschijnselen;
- het voorkomen van bindingsfouten (bij het thermietlassen);
- het verminderen van thermische spanningen;
- het voorkomen van waterstofgeïnitieerde koude scheuren (bij het elektrodelassen);
- vocht (condens) op het oppervlak verwijderen. (ca. 50°C).

1.4.3 Voorkomen van bindingsfouten

Door overmatige afkoeling van het lasgebied, doordat de ingebrachte warmte te snel door de te lassen spoorstaaf wordt afgevoerd, houdt het vloeibare materiaal te weinig energie (warmte) over om de laskanten te smelten en kunnen bindingsfouten ontstaan. Voorverwarmen kan de oorzaak van deze fouten voorkomen.

1.4.4 Verminderen van de thermische spanningen

De door het lassen ingebrachte warmte brengt een kleiner temperatuurverschil teweeg indien de rail is voorverwarmd. Daardoor verminderen ook de inwendige thermische spanningen.

1.4.5 Voorkomen van harding en koudscheuren*

In verreweg de meeste gevallen wordt het voorverwarmen toegepast om (koud)scheuren te voorkomen. Het effect van voorverwarmen is hierbij tweeledig:

- het verlaagt de afkoelsnelheid en geeft een lagere hardheid van de WBZ;
- er is meer tijd voor de waterstof om te ontwijken.

*Wordt behandeld verder op in deze module

Hoewel de betrekkelijk lage temperatuur soms de indruk wekt dat het voorverwarmen een eenvoudige zaak is moet aan het voorverwarmen de nodige zorg worden besteed. De verwarming moet gelijkmatig zijn en op een zone van minimaal 100mm naast de te lassen locatie op de vereiste voorverwarm temperatuur worden gebracht.

Ervaren lassers kunnen echter ook de voorverwarm temperatuur (doorgaans is deze 350 graden Celsius) van de rail herkennen aan de kleur (zie ter informatie tabel 1.2) welke ontstaat tijdens het opwarmen. Let echter op dat op de juiste wijze meten altijd vereist is! Gebruik altijd een contactthermometers of tempelsticks en meet min. 100mm naast de te leggen las de voorverwarm temperatuur. Belangrijk is om na het voorverwarmen voldoende tijd (min. 1 minuut) aan te houden om vast te stellen wat de werkelijk voorverwarm temperatuur is.

LET OP: Te snel meten geeft geen reëel beeld omdat de opgewarmde zone snel af kan koelen door het aangrenzende koude materiaal hier ligt dus een groot gevaar als je te haastig te werk gaat.

Staalkleuren bij het gloeien		Staalkleuren bij het ontlaten	
FARBENBEZEICHNUNG	HITZE in Celsius etwa um	FARBENBEZEICHNUNG	HITZE in Celsius etwa um
Dunkelbraun	550°	Weißgelb	200°
Braunrot	630°	Strohgelb	220°
Dunkelrot	680°	Goldgelb	230°
Dunkelkirschrot	740°	Gelbbraun	240°
Kirschrot	780°	Braunrot	250°
Hellkirschrot	810°	Rot	260°
Hellrot	850°	Purpurrot	270°
Gut Hellrot	900°	Violett	280°
Gelbrot	950°	Dunkelblau	290°
Hellgelbrot	1000°	Kornblumenblau	300°
Gelb	1100°	Hellblau	320°
Hellgelb	1200°	Blaugrau	340°
Gelbweiß	1300° und darüber	Grau	360°

Tabel 1.2: Gloei en ontlaattemperaturen

1.4.6 De invloed van de warmte inbreng

Leerdoelstellingen

Je bent in staat om (alleen booglassers):

VBE 1.1.4.5B

Het begrip "opmenging" te kunnen beschrijven

VBE 1.1.4.6B

De invloed van de las parameters en van de warmtebehandeling op het lasproces en de resulterende spanningen te beschrijven.

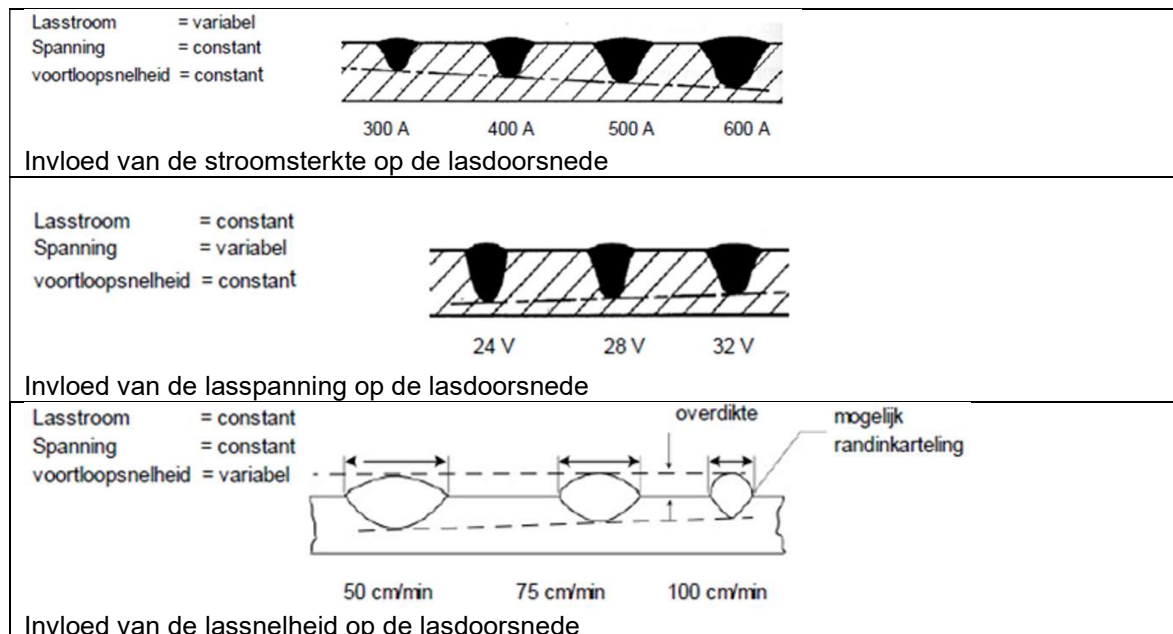
VBE 1.1.4.7B

Het effect van de warmte inbreng op de las te beschrijven

De warmte inbreng wordt bepaald door het lasproces en de daarmee gepaarde instellingen/lasparameters de heat input voor het thermietlassen wordt dus eigenlijk bepaald door de lasportie zelf echter voor booglassers (oplassers en bekistlassers) zijn er wel mogelijkheden om deze parameters te beïnvloeden.

Voor booglassers geldt dat de te gebruiken lasparameters (stroom en spanning) zijn vastgelegd in een lasmethodebeschrijving ook wel WPS (Welding Procedure Qualification) genoemd. De WPS is binnen ProRail onderdeel van het ISV (installatie voorschrift). Deze WPS'en zijn beproefd en gekwalificeerd en opgenomen op de website: www.prorail-kennisbank-metallurgische-lassen.nl en worden aan de lasbedrijven aangeboden als "Standard Welding Procedure Specifications". LET OP: deze SWPS'en hebben een beperkte geldigheid (3 jaar) alvorens deze opnieuw gekwalificeerd worden de geldigheid is dus altijd beperkt! Het lasbedrijf heeft deze SWPS vervolgens opgenomen in hun eigen werkinstructies voor de lassers welke werkzaam zijn voor dit lasbedrijf.

Hieronder kun je verschillende invloeden zien die plaats vinden als je deze lasparameters gaat beïnvloeden:



Figuur 1.12A: Invloed van booglas lasparameters op de lasdoorsnede

De voortloopsnelheid is binnen de SWPS van ProRail momenteel niet vastgelegd en wordt deels automatisch bepaald door het afbrandgedrag van de elektrode bij de ingestelde stroomsterkte. Wel kan de lasser de heat input veranderen door binnen de gestelde waarde meer of minder te

zwaaien met de electrode. De heat input (warmte-inbreng) is van invloed op de uiteindelijke eigenschappen van de lasverbinding. De warmte-inbreng is dus afhankelijk van de lasparameters (stroom, spanning en voortloopsnelheid). We bepalen de energie die per tijdseenheid door de boog wordt opgewekt en vervolgens aan het materiaal wordt afgegeven. De energie wordt uitgedrukt in kilo Joule per mm. Joule is een maateenheid voor energie welke je kunt vergelijken met andere maateenheden voor energie zoals: calorieën en kilo Watt uur (kWh). Watt of bijv. paardenkrachten (PK) kunnen vervolgens weer gebruikt worden om energie per tijdseenheid (vermogen) uit te drukken.

De berekening van de warmte-breng wordt beschreven in een norm: NEN-EN 1011-1.

Berekenen van de warmte inbreng (INFORMATIEF)

Tijdens het lassen wordt het opgewekte vermogen ingebracht over een bepaalde lengte van het materiaal. Om te kunnen vergelijken (ofwel om de invloed te kunnen bepalen) moeten we de ingebrachte warmte die in de boog wordt ontwikkeld berekenen. We brengen daarvoor de stroomsterkte, spanning en de voortloopsnelheid onder in een de formule.

Niet alle energie die in de boog wordt opgewekt komt in het materiaal terecht er gaat een deel van de warmte verloren door straling, door de lasrook en met de lasspatten. Om deze reden moet nog een zogenaamde 'rendementsfactor' in de formule worden ingevoerd.

De grootte van deze rendementsfactor "k" is afhankelijk van het lasproces. Voor beklede elektrode is deze (0,8).

De formule voor de warmte-inbreng ook wel Q genoemd is:

$$Q = k \cdot \frac{U \times I}{v \times 1000}$$

Hierin is: v = voortloopsnelheid in mm laslengte per seconde.

k = thermisch rendement van het lasproces

Q = warmte-inbreng in kJ/mm laslengte

U = boogspanning (Volt)

I = Stroomsterkte (Ampère)

Deze formule geeft je een beeld waar de warmte inbreng bij het booglassen door wordt bepaald.

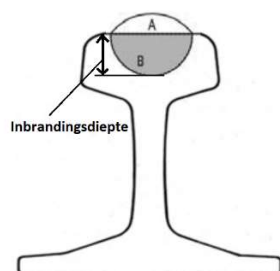
1.4.7 Principe van opmenging

Wanneer we bijvoorbeeld een lasrups op een spoorstaaf lassen zal het neergesmolten lasmetaal (A) zich voor een bepaald gedeelte vermengen met het onderliggende, ook gedeeltelijk gesmolten spoorstaafmateriaal (B). De mate waarin de vermenging optreedt wordt 'opmenging' genoemd.

Deze opmenging kunnen we met de volgende formule berekenen:

$$\text{opmenging} = \frac{B}{A + B} \times 100\%$$

Hierin is A de hoeveelheid neer gesmolten lastoevoegmateriaal en B de hoeveelheid omgesmolten spoorstaafmateriaal zie figuur 1.12B.



Figuur 1.12B: Principe van opmenging

De mate van opmenging bepaalt uiteindelijk de chemische samenstelling en de eigenschappen van de las. Naarmate de laslagen toenemen zal er steeds minder "basismateriaal" in de las worden opgenomen.

In de lasmethodebeschrijvingen van ProRail zijn de samenstellingen van de lastoevoegmaterialen zodanig, dat wanneer de lasser zich houdt aan de voorgeschreven lasmethode, de chemische samenstelling en daarmee ook de uiteindelijke oppervlakte hardheid van het omgesmolten metaal nog de vereiste eigenschappen blijft houden.

1.5 Invloed van (legerings-)elementen in staal

Leerdoelstellingen

Je bent in staat om:

VBE 1.1.5.1

De invloed van koolstof, mangaan en chroom als legeringselement te begrijpen

Koolstof (C)

Koolstof is het belangrijkste element in staal. Bij toenemend koolstofgehalte nemen de sterkte en ook de hardheid van het staal toe. Koolstof verlaagt echter de rek, de bewerkbaarheid en ook de lasbaarheid. Staal voor constructiedoeleinden moet lasbaar zijn en bevat daarom nooit meer dan ongeveer 0,2% koolstof. Staal voor spoorstaven heeft, zoals we later zullen zien, een veel hoger percentage koolstof (0,5 - 1%). Het is dus veel moeilijker lasbaar en dat stelt bijzondere voorwaarden. Een hoog koolstofgehalte maakt het materiaal ook bros.

Mangaan (Mn)

Mangaan wordt toegevoegd aan staal om de verontreiniging met zwavel te verwijderen. Het vormt een legering met staal, zodat dit makkelijker in vorm te buigen is. Verder geeft mangaan een verhoging van de sterkte (maar minder dan koolstof dat doet) en maakt het staal beter bestand tegen vertering (bijv. putcorrosie). Het is hierdoor een van de belangrijkste legeringselementen in de railstalen. Er worden ook punt- en kruistukken gemaakt van staal met 1-1,4%C en 11-14%Mn voor toepassing in wissels. Deze zogenaamde 'Hadfield'-stalen hebben een austenitische structuur en zijn bijzonder taai (zie paragraaf 1.6.3.).

Silicium (Si)

Silicium is altijd in een staal aanwezig omdat dit bij de staalbereiding wordt gebruikt om de zuurstof te binden. Bij een gehalte boven de 0,5% geldt het als een legeringselement, daaronder als een bijmengsel. Door silicium wordt de verhouding van de rekgrens tot de treksterkte groter. Hierdoor zal de rekgrens relatief sterker stijgen dan de treksterkte.

Aluminium (Al)

Bij de staalbereiding wordt aluminium net als silicium gebruikt als desoxidatiemiddel. Het zorgt voor een gekalmeerd staal van homogene kwaliteit. Daarnaast bindt het ook de aanwezige stikstof waardoor het materiaal minder gevoelig is voor veroudering.

Chroom (Cr)

Chroom als legeringselement verhoogt de sterkte van staal, terwijl de rek nauwelijks minder wordt. Daarnaast wordt de doorharding groter, dat wil zeggen dat het staal minder snel hoeft af te koelen om toch een harde structuur te krijgen. Het nadeel is dat daardoor de lasbaarheid vermindert. Chroom wordt als hoofdlegeringselement toegepast in ferritisch roestvast staal met een gehalte van minimaal 12%.

Nikkel (Ni)

Nikkel verhoogt de rekgrens en de taatheid bij lage temperatuur. Het verlaagt de kritische afkoelsnelheid waardoor het materiaal bij een lagere afkoelsnelheid toch hard wordt. Nikkel komt voor als legeringselement in de oplasmaterialen voor de railkwaliteiten MHH en R370CrHT.

Vanadium (V)

Vanadium komt alleen voor in de gelegeerde railkwaliteiten in zeer kleine hoeveelheid en dient vooral om de mechanische eigenschappen als rekgrens en de sterkte te verhogen. Het element werkt sterk korrel-verfijnend.

Koper (Cu)

Koper is geen legeringselement in railstaal, want het heeft een negatieve invloed op de scheurgevoeligheid. Het thermisch aanlassen van de zogenaamde AGA's in de omgeving van het verbindingslasgebied is dan ook sterk af te raden. Koper penetreert op de korrelgrenzen waardoor er scheuren kunnen ontstaan.

Verontreinigende elementen in staal

Fosfor (P)

De aanwezigheid van fosfor is voor staal nadelig omdat het materiaal daardoor koudbros wordt. Koudbrosheid betekent dat het staal bij lage temperatuur bros is. Bovendien wordt de dunvloeibaarheid van een metaal minder. Fosfor wordt veelal beperkt tot max. 0,025%.

Waterstof (H)

Waterstof kan in het staal komen via het smeltbad. Het leidt tot scheurvorming (koudscheuren).

Zuurstof (O)

Zuurstof komt in staal voor in de vorm van oxiden en die zijn altijd schadelijk. Het verslechtert de mechanische eigenschappen en vooral de taatheid en de rek. In het smeltbad verlaagt het de oppervlaktespanning en bevordert de dunvloeibaarheid.

Zwavel (S)

Zwavel is ook een verontreiniging in het staal. Het vormt een laag smeltende fase ijzersulfide (FeS) die tussen de korrelgrenzen komt en tot scheurvorming kan leiden.

1.6 Spoorstaafmaterialen

Leerdoelstellingen

Je bent in staat om:

VBE 1.1.6.1

Verskillende methodes te kunnen beschrijven om rails een hogere hardheid te laten verkrijgen

VBE 1.1.6.2

De verschillende gebieden (smeltlijn, WBZ etc) te kunnen beschrijven die de las vormen.

VBE 1.1.6.3

De techniek beheersen om verschillende staalsoorten en profielen van spoorstaven te kunnen identificeren

VBE 1.1.6.4

Van soorten staal de gevoeligheid voor scheuren afhankelijk van de chemische samenstelling te kunnen beoordelen

VBE 1.1.6.5

De invloed van weersomstandigheden op de kwaliteit van lassen te verklaren.

1.6.1 Samenstelling en walstekens

De materialen zoals die in de spoorbouw worden gebruikt voor spoorstaven en wissels zijn on-gelegeerde en laaggelegeerde stalen. De kwaliteiten zijn vastgelegd in Europees verband en vastgelegd in normbladen. Voor Vignole rail is dat de norm NEN-EN 13674-1 en voor groefrail de norm NEN-EN 14811. In de tabellen 1.3 en 1.4 zijn de verschillende materiaalkwaliteiten weergegeven.

Kwaliteit	%C	%Si	%Mn	%Cr	Hardheid (HB)
R200	0,40-0,60	0,15-0,58	0,70-1,20	max. 0,15	min. 200
R220	0,50-0,60	0,20-0,60	1,00-1,25	max. 0,15	min. 220
R260	0,62-0,80	0,15-0,58	0,70-1,20	max. 0,15	min. 260
R260Mn	0,55-0,75	0,15-0,60	1,30-1,70	max. 0,15	min. 260
R290GHT	0,48-0,67	0,13-0,60	0,95 -1,30	max. 0,15	min.290
R320Cr	0,60-0,80	0,50-1,10	0,80-1,20	0,80-1,20	min. 320
R340GHT	0,60-0,82	0,13-0,60	0,65-1,25	max. 0,15	min. 340
R350HT	0,72-0,80	0,15-0,58	0,70-1,20	max. 0,15	min. 350
R350LHT	0,72-0,80	0,15-0,58	0,70-1,20	max. 0,30	min. 350
R370CrHT	0,70-0,82	0,40-1,00	0,70-1,10	0,40-0,60	min. 370
MHH	0,72-0,82	max. 0,80	0,80-1,10	max. 0,60	min. 375
R400HT	0,90-1,05	0,20-0,60	1,00-1,30	max. 0,30	min. 400

Tabel 1.3: Spoorstaafkwaliteiten Vignole rail volgens NEN-EN 13674-1 en ProRail RLN00451

R = Rail

G = Grooved rail (Groefrail)

370 = hardheid Brinell

Mn = gelegeerd met mangaan

Cr = gelegeerd met chroom

L = laaggelegeerd (niet nader aangeduid met welk element)

HT = heat treated / warmtebehandeld

De aanduiding van de kwaliteiten is in de norm dus gebaseerd op de minimale hardheid, uitgedrukt in de waarde Brinell (HB), van de spoorstaaf bij levering. Hoe hoger de hardheid des te groter is de weerstand tegen slijtage van de spoorstaaf.

De hogere hardheid is op verschillende manieren te bereiken:

- Door het verhogen van het percentage koolstof van het staal (R200 – R220 – R260).
- Door legeringselementen toe te voegen aan het staal (R320Cr).
- Door een warmtebehandeling uit te voeren om een fijnere korrel (fijn perliet) te verkrijgen (R350HT).
- Door een combinatie van deze drie, dus een hoger koolstofpercentage, toevoegen van legeringselementen en een warmtebehandeling (R350LHT - R370CrHT).

De kwaliteit R260Mn is in Nederland bij ProRail-sporen de standaardkwaliteit. Het verschil met de R260-kwaliteit is dat, hoewel ze dezelfde hardheid hebben, de R260Mn gelegeerd is met mangaan om:

- de taaiheid te verhogen;
- de kans op bros breken te verlagen;
- de weerstand tegen putcorrosie te verhogen.

De warmtebehandeling welke uitgevoerd wordt op een R370CrHT kwaliteit heeft tot doel om de kop van de rail een fijne perlitische structuur te geven voor het verkrijgen van een optimale hardheid en taaiheid met ongeveer dezelfde (gunstige) chemische eigenschappen als een R260 spoorstaaf. De R370CrHT warmte behandelde spoorstaaf wordt vanuit het ProRail ontwerpvoorschrift: Baan en Bovenbouw Spoor in ballast (OVS00056-5.1) voorgeschreven voor bogen vanaf een boogstraal van 2000m en kleiner (zie onderstaande tabel 3 uit dit ontwerpvoorschrift):

Tabel 3: Keuzetabel toe te passen spoorstaafprofiel en –kwaliteit

#	Boogstraalbereik	Toepassingsgebied, kwaliteit en profiel	
		Bovenbeen	Onderbeen
1	$R \geq 3000$ m	UIC klasse 1-6 R260Mn 54E1 of R260Mn 60E2	UIC klasse 1-6 R260Mn 54E1 of R260Mn 60E2
2	$2000 \text{ m} \leq R < 3000$ m	UIC klasse 1-6 R260Mn 54E5 of R260Mn 60E2	
3	$1000 \text{ m} \leq R < 2000$ m	$l_w < 50$ mm** UIC klasse 1-4: R260Mn 54E5 of R260Mn 60E2	
		$l_w \geq 50$ mm** UIC klasse 1-4: R370CrHT 54E5 of R370CrHT 60E2*	
4	$500 \text{ m} \leq R < 1000$ m	UIC klasse 5-6: R260Mn 54E5 of R260Mn 60E2	
		UIC-klasse 1-4 R370CrHT 54E5 of R370CrHT 60E2*	
5	$R < 500$ m	UIC klasse 5-6 R260Mn 54E5 of R260Mn 60E2	
		UIC-klasse 1-4 R370CrHT 54E5 of R370CrHT 60E2*	
Overig			
Bij vervanging 46E3	54E1 toepassen conform #1 t/m #5, (Indien dit niet mogelijk is zonder vervanging van de dwarsligger, dan mag 46E3 worden toegepast.)		
Bij raccordermenten met detectieproblemen en waar roest rijden geen optie is	Detectierupsen oplossen volgens RLN00451-4		

* Bij toepassing van een 60-profiel in bogen dient het toe te passen spoorstaafprofiel te worden afgestemd met de systeemspecialist. Keuze bestaat uit 60E1, 60E2 of 60E2-AHC.

** l_w , het verkantingsstekort dat bij de werkelijke gereden treinsnelheid aanwezig is. Indien de werkelijk gereden snelheid niet opgegeven is, dient met de geldende maximale snelheid conform OBE-blad gerekend te worden.

Opmerking met betrekking tot R370CrHT:

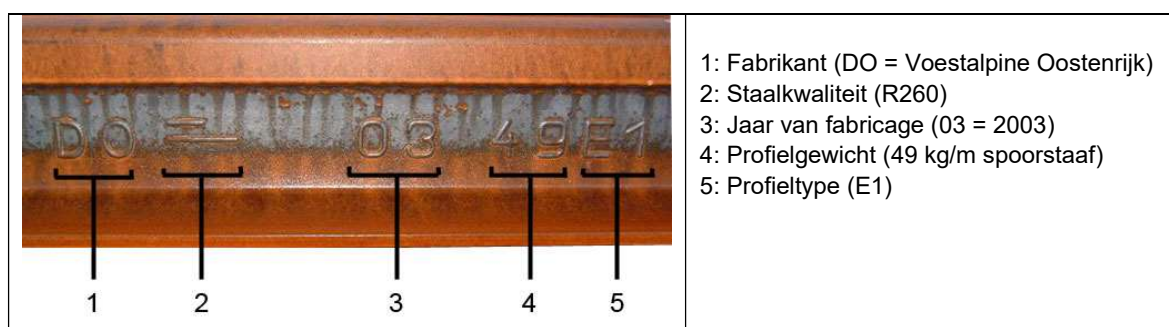
Spoorstaven MHH en 370LHT mogen vanaf publicatie van V013 van dit OVS aan elkaar worden gelast.

Op www.prorail-kennisbank-metallurgische-lassen.nl staat het actuele overzicht van alle geaccepteerde lasprocessen, zie ook RLN00451-4.

Kwaliteit	Type legering	Walstekens
R200	Ongelegeerd (C-Mn), niet warmtebehandeld	Geen
R220	Ongelegeerd (C-Mn), niet warmtebehandeld	▬
R260	Ongelegeerd (C-Mn), niet warmtebehandeld	▬ ▬
R260Mn	Ongelegeerd (C-Mn), niet warmtebehandeld	▬▬ ▬▬
R290GHT	Ongelegeerd (C-Mn), warmtebehandeld	▬▬ ▬▬
R320Cr	Gelegeerd (1%Cr), niet warmtebehandeld	▬▬▬ ▬▬▬ ▬▬▬
R340GHT	Ongelegeerd (C-Mn), warmtebehandeld	▬▬ ▬▬
R350HT	Ongelegeerd (C-Mn), warmtebehandeld	▬▬ ▬▬▬ ▬▬▬
R350LHT	Ongelegeerd (C-Mn), warmtebehandeld	▬▬▬ ▬▬▬ ▬▬▬ ▬▬▬ ▬▬▬
R370CrHT	Gelegeerd (Cr), warmtebehandeld	▬▬▬ ▬▬▬ ▬▬▬ ▬▬▬ ▬▬▬
MHH	Gelegeerd (Cr), warmtebehandeld	▬▬▬ ▬▬▬ ▬▬▬ ▬▬▬ ▬▬▬
R400HT	Ongelegeerd (C-Mn), warmtebehandeld	▬▬▬ ▬▬▬ ▬▬▬ ▬▬▬ ▬▬▬

Tabel 1.4: Spoorstaafkwaliteiten Vignole rail / walstekens

Op de spoorstaven staan tekens die tijdens het walsen van de spoorstaven zijn aangebracht. Een voorbeeld hiervan is in figuur 1.13 gegeven.



Figuur 1.13: Detail van een spoorstaaf met walstekens.

De railstalen hebben vrijwel allemaal een hoog koolstofgehalte. De structuur van de stalen tot en met de kwaliteit R260Mn zullen, in normale toestand en bij een constante afkoeling aan de buitenlucht, dan ook een voornamelijk perlitische structuur en maar heel weinig of geen martensiet te zien geven. De afkoeling mag dan echter niet te snel verlopen door koude, sterke wind, regen of sneeuw want dan zal er wel (plaatselijk) martensiet ontstaan.

We komen steeds meer railstaal tegen dat is gelegeerd met kleine hoeveelheden legeringselementen. Dit zijn bijvoorbeeld mangaan (Mn), chroom (Cr), vanadium (V) en andere metalen. Voorbeelden hiervan zijn railstalen in de kraanbouw met de volgende samenstelling:

Kwaliteit	%C	%Si	%Mn	%Cr	%V	Hardheid (HB)
70-V	0,30-0,50	0,10-0,40	0,70-1,25	-	0,06-0,20	200
90-V	0,45-0,65	0,10-0,40	0,70-1,25	-	0,06-0,20	260
110 Cr-V	0,65-0,85	0,20-0,50	0,90-1,30	0,10-0,40	0,06-0,20	320

Daarnaast zijn er de zogenaamde 'fijnkorrelstalen' die door toevoeging van kleine hoeveelheden legeringselementen en/of een warmtebehandeling (veredelen) hun hoge sterkte en hardheid hebben verkregen. Voorbeelden hiervan zijn materialen met handelsnamen als Dillidur 400V en Hardox 400, gebruikt voor wisseldelen en slotstukken en kruisingen bij de tram. Het getal in de aanduiding is ook weer de hardheid in Brinell.

Deze kleine hoeveelheden legeringsbestanddelen hebben een grote invloed op de structuur die wordt gevormd en de tijd die daarvoor nodig is. Het is hierbij dan ook bijna niet meer mogelijk om bij een natuurlijke afkoeling aan de lucht de gewenste volledig perlitische structuur te verkrijgen.

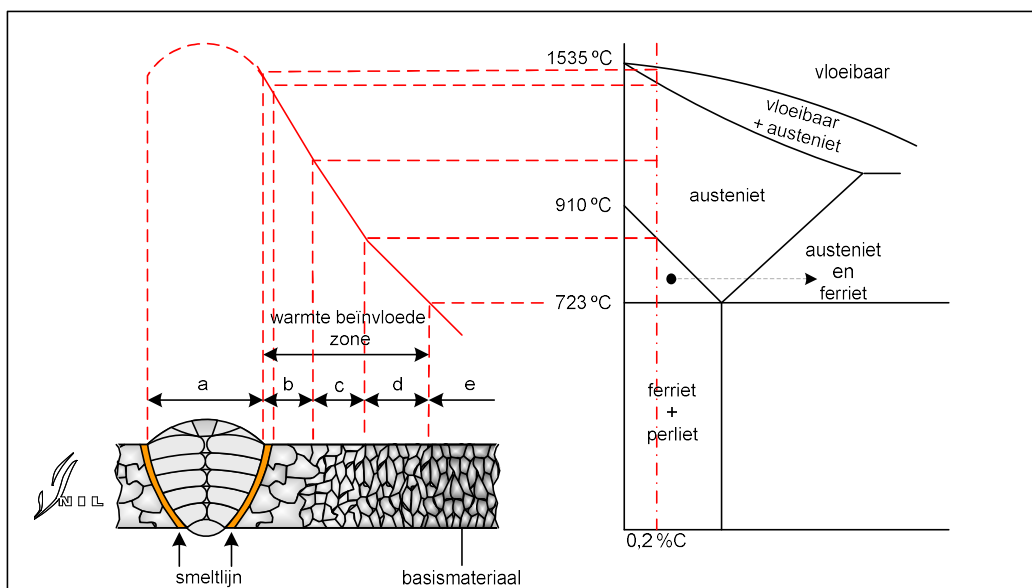
1.6.2 Lasbaarheid van spoorstaafmaterialen

Het begrip 'lasbaarheid' is een moeilijk begrip, want het is niet meetbaar. Met lasbaarheid van een metaal wordt eigenlijk bedoeld het vermogen om er een goede lasverbinding in te maken zonder dat zich ongewenste problemen voordoen. Hoe meer voorzorgsmaatregelen we moeten nemen om die problemen te voorkomen, des te slechter is de lasbaarheid van het metaal. Die voorzorgsmaatregelen kunnen bijvoorbeeld zijn het materiaal voorverwarmen of na het lassen afdekken waardoor de afkoelsnelheid kleiner wordt en er geen harde structuren ontstaan.

In het algemeen geldt: hoe hoger het koolstofgehalte en de hoeveelheid legeringselementen, des te groter de kans op harde structuren in de lasverbinding tijdens het afkoelen van de las. In tabel 1.3 hebben we gezien dat het koolstofgehalte van railstalen minimaal 0,50%, maar vaak hoger is. Dit beïnvloedt de 'lasbaarheid' negatief. Het legeringselement mangaan (Mn) bijvoorbeeld heeft ook een negatief effect op de lasbaarheid, maar in veel mindere mate en het verbetert onder andere de taaiheid van het materiaal.

De lasbaarheid van railstaal is daarom alleen afhankelijk van de chemische samenstelling en niet van de hardheid van het materiaal. De hardheid van het railstaal heeft alleen invloed op de keuze van het lastoevoegmateriaal en niet op gevolgde lasprocedure.

Bij het maken van een lasverbinding zien we, ongeacht het lasproces, verschillende gebieden ontstaan. In figuur 1.14 is voor een beter begrip het ijzer-koolstofdiagram ernaast gezet.



Figuur 1.14: Structuur bij verschillende temperaturen: las / WBZ / basismateriaal.

- Lasmetaal met een grove gietstructuur.
- Tot hoog in het austenietgebied verhitte zone die bij railstaal, door het hoge %C, hardingsverschijnselen geeft.
- Tot in het austenietgebied verhitte zone met een (veelal) fijnere korrel en daardoor zelfs betere eigenschappen dan het oorspronkelijke basismateriaal.
- Net wel / net niet tot in het austenietgebied verhitte zone en daardoor slechts met een gedeeltelijke structuuromzetting.
- Basismetaal, tot onder de 723°C gebleven zone en daardoor geen structuuromzetting.

We zien hier in het midden het lasmetaal begrensd door twee smeltlijnen. Daarnaast de warmte-beïnvloede zone (WBZ): dat is het gedeelte van het werkstuk in het basismateriaal dat niet

gesmolten is geweest, maar wel boven een zodanige temperatuur is verhit dat er structuurveranderingen zijn opgetreden en de mechanische eigenschappen zijn veranderd.

Lassen is metaalkundig gezien een plaatselijke warmtebehandeling van de spoorstaaf, waarbij het lastoevoegmateriaal alleen van invloed is op het lasmetaal (zone a), maar niet op de structuromzettingen in de WBZ (zones b+c+d). Maar juist in de WBZ bestaat het gevaar voor ongewenste structuren ten gevolge van een bepaalde (te grote) afkoelsnelheid. In feite is dus de afkoelsnelheid van de las bepalend voor de verkregen structuur in de verbinding.

Als er nu meer tijd nodig is voor het vormen van de juiste structuur moeten we iets verzinnen zodat er langzamer wordt afgekoeld. De afkoelsnelheid moet worden vertraagd. Dit kan door de rail voor te verwarmen. De warmte kan dan niet zo gemakkelijk weg en de afkoeling zal langzamer verlopen.

Het is dus mogelijk door voor te verwarmen en eventueel de net gesneden rail direct na het snijden af te dekken, de rail gecontroleerd te laten afkoelen. Dit is in de praktijk moeilijk uitvoerbaar en er is een andere mogelijkheid die deze problemen niet geeft, namelijk **doorslijpen**. Daarom mogen, zoals we in hoofdstuk 2 zullen zien, sommige railstaalmaterialen niet met het brandsnijproces worden gesneden, maar moeten worden doorgeslepen. Bij het slijpen wordt de warmte in de spaan afgevoerd en worden de raileinden niet negatief beïnvloed.

1.6.3 Eigenschappen en lasbaarheid van Mangaanstaal

Leerdoelstellingen

Je bent in staat om (alleen booglassers):

VBE 1.1.6.6B

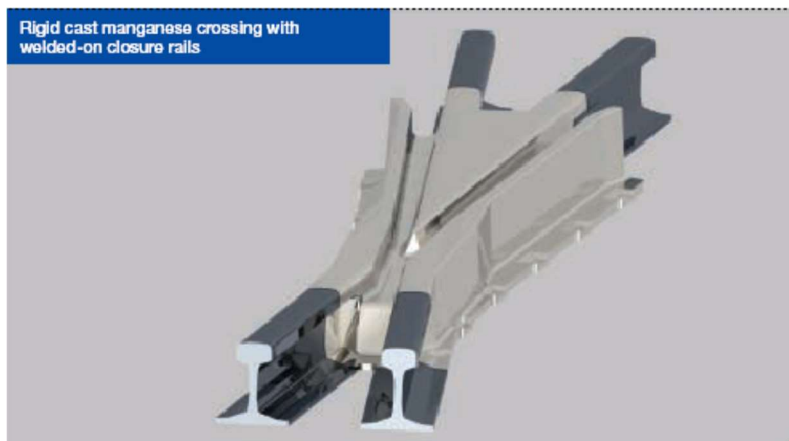
De aandachtspunten bij het lassen van mangaanstaal te beschrijven

Mangaanstaal is gelegeerd met 11-14% mangaan en ongeveer 1,2% koolstof. Dit was het eerste gelegeerd staal dat over een hoge slijtvast beschikte en daardoor werd toegepast in het spoor. Mangaanstaal heeft als eigenschap dat het een hoge sterkte, hoge taaiheid en een goede slijtvastheid heeft. Mangaanstaal is een austenitisch staal en daardoor a-magnetisch (niet of licht magnetisch), tenzij het staal werkgehard (koudverstevigd) is bijvoorbeeld ten gevolge van de treinpassages. Ook is dit mogelijk om het mangaanstaal vooraf werkgehard te maken door explosie harding voorafgaand aan gebruik.

Mangaanstaal heeft de volgende functies en eigenschappen:

- Bestand tegen zware schokken en slijtage;
- Werkverhard snel onder invloed van uitgeoefende druk en rollende koudverstevinging waardoor het oppervlak hardheden kan bereiken van 580HV;
- Een hoge taaiheid;
- Lage wrijvingscoëfficiënt in metaal-op-metaal toepassingen.

Mangaanstaal componenten zijn over het algemeen gegoten en voorzien aan standaard rail voor installatiegemak (zie figuur 1.15a). Gietstukken kunnen gebreken bevatten zoals slinkholtes, porositeit en insluitingen die kunnen resulteren in falen tijdens gebruik en vereisen reparatie middels lassen.



Figuur 1.15a: Mangaanstaal mono block hartstuk met fabriek gelaste spoor uiteinden

Mechanische eigenschappen mangaanstaal:

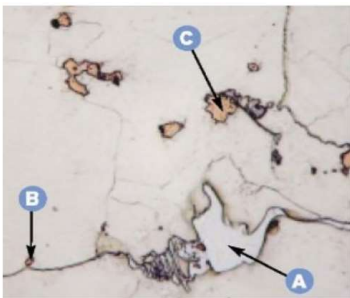
Rekgrens: 350Mpa
 Treksterkte: 800-1000Mpa
 Rek: 35% tot 50%
 Hardheid: 180HV na bereiding
 Werkgehard: 180HV tot 580 HV

Samenstelling en structuur van punt- en kruisstukken:

Het mangaanstaal voor kruis en puntstukken in de spoorbouw bevat over het algemeen 1.0-1.4% C, 11-14% Mn en soms worden enkele procenten nikkel, chroom en molybdeen toegevoegd. Het koolstof in het mangaanstaal heeft een grote invloed op het verhogen van de rekgrens, de taaiheid neemt hierdoor echter af. Om deze reden wordt vaak koolstof vervangen door chroom 1.0% Cr dit heeft hetzelfde effect als 0.1% C.

Mangaan: 11-14 % Silicium: 0.6%Max. Koolstof: 1-1.4% Fosfor: 0.05% Max. Zwavel: 0.04% Max. IJzer: overig

Wanneer het mangaanstaal tijdens de fabricage vanuit het austeniet gebied langzaam afkoelt, zoals bij gietstukken en smeedstukken, zullen mangaan-ijzer carbiden zich uitscheiden langs de korrelgrenzen. Carbides zijn harde chemische verbindingen van koolstof met een ander element.



Figuur 1.15b: Carbides op de korrelgrenzen bij een gietstuk van mangaanstaal

Om deze vorm van verbrossing ongedaan te maken is een speciale warmtebehandeling nodig. Deze warmtebehandeling bestaat uit het austeniteren (op circa 1000°C), waarbij alle carbiden zijn opgelost in metaalrooster en verschillende transformaties ongedaan zijn gemaakt. Dit wordt gevolgd door een zeer snelle afkoeling in water. Hierdoor wordt een homogene austenitische structuur verkregen. Uiteraard gebeurt dit dus niet in de vrije baan maar onder geconditioneerde condities in de fabriek welke de gietstukken levert. Het lassen van mangaanstaal vereist dus zeer specifieke voorzorgsmaatregelen.

Aandachtspunten bij lassen van mangaan staal

Mangaanstaal kan dus zeer bros worden door een hoge warmte inbreng tijdens het lassen de carbides kunnen zich dan ontwikkelen op de korrelgrenzen daarnaast zullen zich ook vaste fase transformaties voordoen (bainiet).

Ook wanneer het mangaanstaal op 600°C wordt voorverwarmd verbrost het al na enkele minuten. Op 700°C verbrost het al na enkele seconden.

Deze verbrossing kan optreden in de WBZ als de tussenlaagtemperatuur van 250°C bij oplassen en 200°C bij het verbindingslassen al wordt overschreden.

De verbrossing zal zelfs nog sneller verlopen wanneer het mangaanstaal al koud gedeformeerd is. Er moeten bij het lassen aan mangaanstaal dus een aantal voorzorgsmaatregelen genomen worden zoals:

- Allereerst moet de gedeformeerde harde zone verwijderd worden door te slijpen, dit voorkomt dat later de opgelaste lagen uitbrokkelen.
- De warmte-inbreng **moet laag gehouden worden** en de afkoelsnelheid moet zo hoog mogelijk zijn.
- Er mag **niet voorverwarmd** worden;
- Snoerend lassen (max. 2x de electrode diameter), dus **niet zwaaien*** (dit verhoogd de heat input);
- Een interpass temperatuur aanhouden (max. 150°C bij oplassen) waardoor we de las de tijd geven de warmte in het werkstuk af te voeren, we beginnen pas met de volgende laag nadat de temperatuur naar een maximale, in de SWPS, voorschreven temperatuur is terug gelopen. Dit is dus de interpasstemperatuur, deze mag wel lager zijn en zal dan een beter resultaat geven maar **nooit hoger**;
- Een logisch vervolgstap is het werkstuk gecontroleerd te koelen zal de tijd die nodig is om het carbide vorming in gang te zetten wordt vertraagd. Omdat de warmtegeleidbaarheid bij mangaanstaal erg slecht is moet dit gecontroleerd gebeuren om interne spanningen zo laag mogelijk te houden. De structuur zal beter zijn dan als we alleen een interpass aanhouden onder tijdsdruk van de buitendienst stelling. Grenzen worden snel overschreden wat tot verbrossing zal leiden;
- Met een terugloopbeweging van de electrode moet de laskrater worden opgevuld en worden kraterscheuren voorkomen.

*SWPS is in bewerking bij ProRail

In mangaanstaal kunnen grote krimpspanningen optreden vanwege de hoge uitzettingscoëfficiënt en de slechte thermische geleidbaarheid. De uitzettingscoëfficiënt is circa 1.5x die van koolstofstaal en de thermische geleidbaarheid is flink minder ongeveer 1/7 deel vergeleken met koolstofstaal. Om de ontstane trekspanningen te verminderen is het mogelijk de las te hameren zodat de er weer drukspanningen optreden welke de kans op het ontstaan van scheuren verkleind.

De elektroden waarmee mangaanstaal gelast wordt hebben een lage uitgangshardheid na enige tijd van treinexploitatie zal de oplassing weer moeten worden geslepen en/of ontbraamd.

1.7 Scheurvorming

Leerdoelstellingen

Je bent in staat om:

VBE 1.1.7.1B/T

Het ontstaan van de verschillende type scheurvormen te beschrijven tijdens of na het lassen

In en naast de las kunnen verschillende typen van scheuren voorkomen die direct of indirect een gevolg zijn van het lassen zelf, de gevolgde lasprocedure of het onvoldoende in acht nemen van de voorzorgsmaatregelen om tot een goede las te komen. We kunnen hierbij de volgende typen onderscheiden:

- koudscheuren;
- warmscheuren (waaronder stolscheuren en smeltscheuren).

1.7.1 Koudscheuren

Het optreden van koudscheuren, ook wel waterstofscheuren genoemd, is een gevreesd verschijnsel in zowel ongelegeerd als gelegeerd (rail-)staal. Deze scheuren ontstaan bij een lage temperatuur (< 200°C) - vandaar de naam koudscheuren - en kunnen zelfs tot 72 uur na het lassen ontstaan. Ze komen voor in de las, maar meestal in de WBZ. Koudscheuren kunnen alleen ontstaan indien gelijktijdig aanwezig zijn:

1. waterstof (zelfs kleine hoeveelheden kunnen al voldoende zijn);
2. een structuur die gevoelig is voor waterstof-verbrossing;
3. inwendige spanningen in de las;
4. en als dus de temperatuur daalt tot beneden de 200°C.

Indien één van de voorwaarden ontbreekt treden er geen koudscheuren op.

Waterstof die in de las komt is afkomstig van vocht uit de bekleding van de elektrode, de buitenlucht of van vervuilingen zoals vet en oxides. Dit is een extra reden om droge elektroden te gebruiken en vuil, vet en oxides rond een lasnaad te verwijderen. De waterstof in het vloeibare lasmetaal zal bij stolling deels ontsnappen maar ook deels worden ingevangen in kleine holtes van het lasmetaal. Bij verdere afkoeling zal de waterstof er alsnog uit komen waarbij het begin van scheurvorming ontstaat.

De structuren die gevoelig zijn voor koudscheuren zijn vooral martensiet en bainiet, de harde en brosse structuren van staal.

De kleine scheuren die ontstaan door de waterstof kunnen zich alleen uitbreiden indien als er voldoende inwendige trekspanning in het materiaal aanwezig is. Die spanningen in de las kunnen een gevolg zijn van het (ongelijkmatig) krimpen van de las of een groot temperatuurverschil van de spoorstaaf en de neutraaltemperatuur bij het maken van een sluitlas.

1.7.2 Warmscheuren

Warmscheuren treden op bij hoge temperatuur als gevolg van een gebrek aan taaigheid bij de heersende krimpspanningen. Ze komen in railstaal met name voor in austenitisch materiaal, zoals 12-14 %-Mn staal ('Hadfield'-staal).

a. Stolscheuren

Dit type warmscheuren kan ontstaan bij alle legeringen met een stoltraject, dus ook de railstalen. Hoe groter het stoltraject des te groter de kans op stolscheuren. Als tijdens het stollen van het lasmateriaal hoge krimpspanningen ontstaan, kan het materiaal langs de vloeibare film rondom de korrels van elkaar worden gerukt.

Dit verschijnsel vindt bijvoorbeeld plaats als de te maken verbinding las niet is gefixeerd bij maken van een sluitlas bij het neutraliseren van de spoorstaaf.

b. Smeltscheuren

Net onder de stoltemperatuur van het basismateriaal kunnen bepaalde fases of insluitels die zich op de korrelgrens bevinden, nog vloeibaar zijn. Door krimp tijdens het afkoelen kunnen de bevochtigde korrels uit elkaar glijden. Deze fases kunnen sulfiden (FeS), oxiden en sommige carbiden zijn. Ook koper penetreert op de korrelgrenzen en vormt een glijvlak. Hoewel de scheur begint in de WBZ kan deze doorlopen in het lasmetaal. Smeltscheuren komen ook voor in het lasmetaal bij het meerlagenlassen en een verkeerd uitgevoerde 'temperbead' methode.

1.8 Temperatuurbegrippen

Leerdoelstellingen

Je bent in staat om:

VBE 1.1.8.1

De definities van de temperatuurbegrippen te reproduceren

VBE 1.1.8.2

De invloed van nagloeien op de kwaliteit van lassen te verklaren.

In de lastechniek gebruiken we verschillende termen om de temperatuur of een temperatuur behandeling te omschrijven.

Dit kan tot verwarring leiden, vandaar dat we deze termen hier op een rij zetten met hun betekenis.

Neutraaltemperatuur

Dit is een voorgeschreven spoorstaaftemperatuur bij het voegloos maken (of neutraal stellen) van sporen. Bij deze voorgeschreven temperatuur mag er in het spoor geen druk- en geen trekspanning in het spoor ontstaan, het spoor is dan op een neutrale spanning. Deze temperatuur is voor ProRail 25°C (met $\pm 3^\circ\text{C}$ afwijking) en in tunnels 18°C (met $\pm 3^\circ\text{C}$ afwijking). Dus de neutraaltemperatuur die wij buiten kunnen tegenkomen bevindt zich tussen de 22°C en de 28°C. Sluitlassen maken boven de 28°C is dus niet toegestaan.

Minimum temperatuur

Bij een spoorstaaftemperatuur onder de 0°C mag volgens de RLN00120 niet voegloos gemaakt worden.

Minimum lastemperatuur

Dit is de voorgeschreven temperatuur waaronder volgens de regelgeving niet meer mag worden gelast deze temperatuur is bij ProRail -3°C.

Bij temperaturen tussen de -3°C en 0°C moet men de spoorstaaf van niet kritische materiaalkwaliteiten minimaal 1 meter aan beide zijde van de te leggen las voorwarmen tot minimaal 50°C voordat men de las gaat maken.

Indien de temperatuur van de spoorstaven onder de -3°C is, mag geen las meer worden gemaakt omdat:

- de las te snel afkoelt;
- er problemen kunnen ontstaan met de lasmiddelen en –materialen (bijv. bevroren van het vormzand bij het thermietlassen);
- ballast kan bevroren waardoor bij uitgraven/beroering problemen met de ligging kunnen ontstaan.

In strikt noodzakelijke* situaties waarbij men toch een las bij een temperatuur lager dan -3°C moet maken dient voldaan te worden aan het volgende:

- altijd de voorgeschreven wachttijd, voor het meten van de temperatuur, in acht nemen
- na het lassen: invullen van een afwijkingsregistratieformulier volgens ACP00451;
- gebruik maken van trekapparatuur;
- men moet de spoorstaaf minimaal 1 meter aan beide zijde van de te leggen las voorverwarmen tot minimaal 50°C voordat men de las gaat maken en na het gereedkomen van een las (en het afstropen van bijv. de thermietlas) moet deze met een steenwoldeken worden ingepakt. Indien de

temperatuur van de las voldoende (bijv. voor niet-kritische materialen tot ongeveer 450°C) is afgekoeld, mag de steenwoldeken worden verwijderd.

Bij het thermisch behandelen (zoals voorverwarmen en thermisch snijden) van kritische bovenbouw-constructies mag de materiaalkwaliteit niet negatief beïnvloed worden. Het lasbedrijf/de spooraanemer moet hiervoor maatregelen (zoals doorslijpen i.p.v. snijbranden) treffen en weergeven in een werkinstructie.

* Met strikt noodzakelijk wordt bedoeld dat in het onderhoud soms moet worden afgeweken van deze regel omdat de trein anders niet zou kunnen rijden. Verder mag een las pas worden belast op de temperatuur van 300°C, dit geldt ook bij het gebruik van rekapparatuur. Indien vooraf bekend is de temperatuur lager is dan -3°C dient vooraf al een "ACP" te worden ingediend.

Voorverwarmtemperatuur

Dit is de temperatuur waarop het materiaal moet worden voorverwarmd voordat met het lasproces mag worden begonnen. Bij het thermietlassen is de **voorverwarmtijd** bepalend bij het voorverwarmen, terwijl bij het bekist- en oplassen de werkelijk gemeten **voorverwarmtemperatuur** bepalend is. De voorverwarmtemperatuur is zeer belangrijk en zorgt voor een langzamere afkoeling waardoor zich de juiste structuur kan vormen.

Maximum temperatuur

Bij een spoorstaafteperatuur boven 25°C mag volgens de RLN00120 niet voegloos gemaakt worden.

Maximum temperatuur voor fijnslijpen

De maximale temperatuur van 50°C geldt voor het fijnslijpen van de lassen. Boven deze temperatuur mag niet worden fijngeslepen (zie hoofdstuk 2).

Afkoeltemperatuur

Dit is de temperatuur, soms gerelateerd aan een tijd, die nodig is om een werkstuk te laten afkoelen tot een wel of niet voorgeschreven temperatuur. Deze temperatuur zegt dus iets over de snelheid van afkoelen en/of tot welke temperatuur er mag worden afgekoeld.

Interpass (tussenlaag) temperatuur

Dit is de tussenlaagtemperatuur die wordt gemeten tijdens het lassen in de voet, ziel of kop net naast de las en soms, als het niet mogelijk is net naast de las, te meten op de las. Deze temperatuur is er om te voorkomen dat de las warmer wordt dan metallurgisch is toegestaan.

Isotherme afkoeling

Als een werkstuk te snel dreigt af te koelen, kan door verwarmen van het werkstuk de temperatuur enige tijd worden vastgehouden op of boven een voorgeschreven temperatuur. Het doel is om een gewenste structuur te verkrijgen.

Post Weld Heat Treatment (PWHT)

Na het lassen kan het voorgeschreven zijn om de las en het direct omringend materiaal na te gloeien met een propaan- en zuurstofbrander (bijv. bij MHH, R320Cr, 370 LHT, S1100, 51CrV4) voor 10-12,5 minuten op een temperatuur tussen 350-400°C. Op deze wijze kan de microstructuur van de las en de warmte beïnvloedde zone positief beïnvloedt (ontlaten) worden.

Het doel van het ontlaten is om:

- de spanningen, die zijn ontstaan na het lassen, te verminderen;
- een gunstiger verhouding tussen de hardheid en taaheid te verkrijgen.

Sla je deze warmtebehandeling over dan is de kans groot dat het materiaal, soms ook na langere tijd, gaat scheuren.

1.9 Materiaalonderzoek

Leerdoelstellingen 1.9 t/m 1.10

Je bent in staat om:

VBE 1.1.9.1

De doelstellingen van de verschillende destructieve onderzoeken te kunnen beschrijven

De sterkte en de levensduur van gelaste constructies worden mede bepaald door de mechanische eigenschappen van de toegepaste materialen en de lasuitvoering. Enkele belangrijke mechanische eigenschappen van een materiaal zijn de treksterkte, de hardheid en de taaiheid. Zo zijn er standaard proeven ontwikkeld om die eigenschappen te kunnen bepalen.

- De treksterkte wordt bepaald met een trekproef.
- De hardheid wordt bepaald met behulp van een hardheidsproef.
- De vervormbaarheid wordt bepaald met behulp van de trekproef, de buigproef en de kerfslagproef.

De methoden van onderzoek kunnen we in twee hoofdgroepen splitsen: destructief onderzoek (DO) en niet-destructief onderzoek (NDO). Bij destructief onderzoek raakt het materiaal beschadigd, terwijl bij niet-destructief onderzoek het materiaal niet vervormd of beschadigd wordt.

1.10 Destructief onderzoek (DO)

Er zijn veel onderzoeks- en beproevingsmethoden die gerekend worden tot het destructief onderzoek. Enkele voorbeelden hiervan zijn:

- de trekproef;
- hardheidsmetingen;
- de buigproef / buig-breekproef;
- de kerfslagproef;
- de vermoeiingsproef;
- structuuronderzoek (micro en macro);
- de bepaling van de chemische samenstelling.

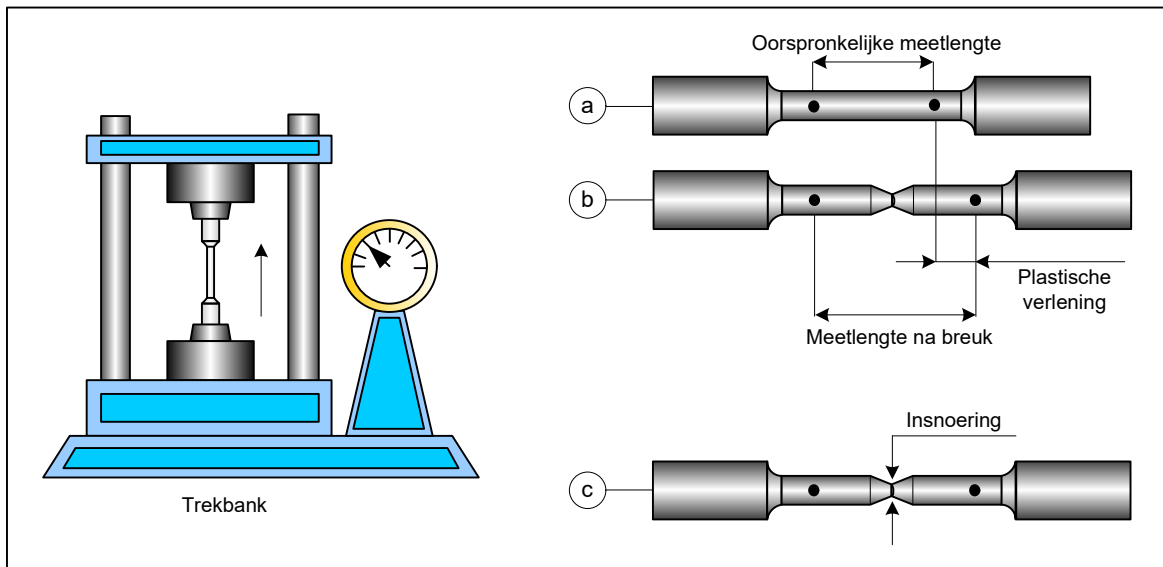
Destructief onderzoek wordt meestal uitgevoerd op proefmateriaal / gelaste proefstukken in een daartoe gespecialiseerd laboratorium. Dit laboratorium kent de normen die bepalen hoe de proefstukken uit het (proef)materiaal gehaald moeten worden en kent ook de normen/criteria voor het goedkeuren of het afkeuren van het proefstuk.

Trekproef

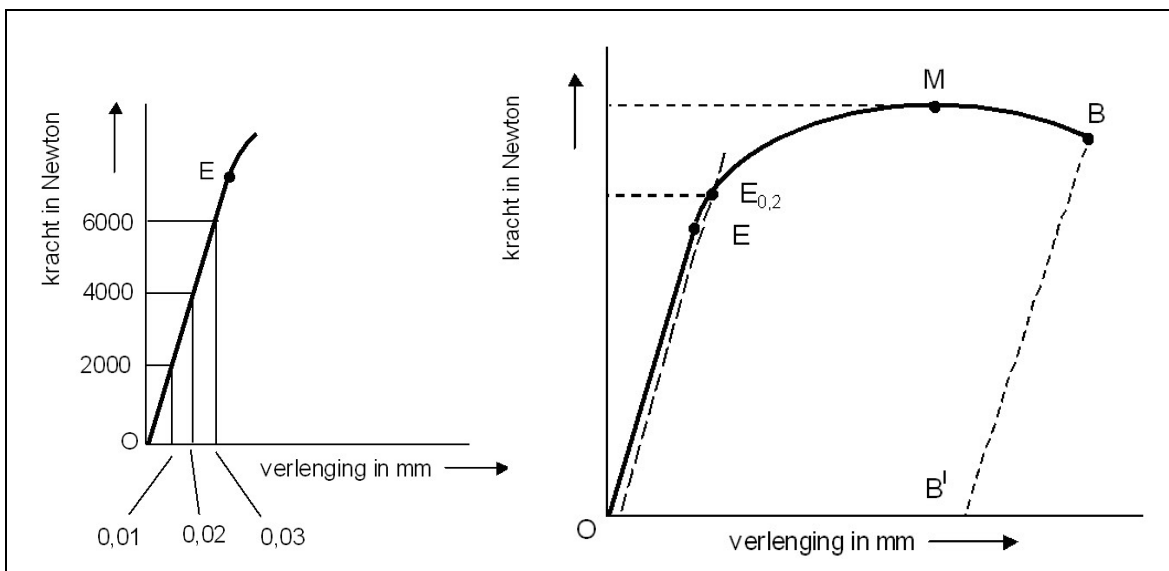
Het doel van de trekproef is het vaststellen van de sterkte en de vervormbaarheid van een materiaal of lasverbinding.

Bij deze proef wordt een proefstaaf ingespannen in de bekken van een trekbank. Met een constante snelheid wordt met toenemende kracht vervolgens aan de staaf getrokken. De staaf wordt langer en breekt uiteindelijk. Zie figuur 1.16.

Tijdens de proef worden de trekkracht en het langer worden van de staaf geregistreerd. De trekkracht F wordt uitgedrukt in de eenheid Newton (N). Na het beëindigen van de proef kan op een grafiek het verloop van de trekproef worden bekeken. Deze grafiek heet het trekverlengingsdiagram of de **trekkromme**. Een voorbeeld hiervan is gegeven in figuur 1.17.



Figuur 1.16: Trekbank en trekstaaf



Figuur 1.17: Trekkrommes

In het begin van de trekproef neemt de verlenging van de proefstaaf evenredig toe met de toenemende trekkracht volgens de rechte lijn OE in de grafiek. Indien we de trekkracht wegnemen zal de proefstaaf weer zijn oorspronkelijke lengte innemen. Er is geen blijvende vervorming maar alleen een elastische vervorming. Bij verdere verhoging van de trekkracht zal er wel plastische (blijvende) vervorming optreden. De verlenging neemt sneller toe dan de kracht en de trekkromme gaat afbuigen. Bij het punt $E_{0,2}$ is de kracht zo hoog dat er 0,2% blijvende verlenging is opgetreden. Dit noemt men de **0,2%-rekgrens**.

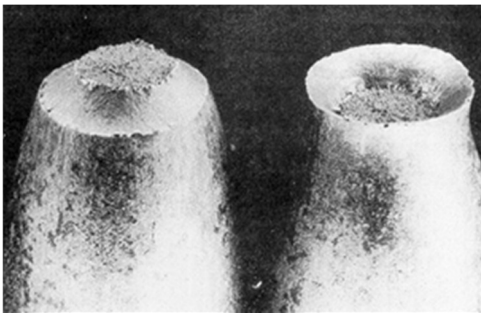
Bij verdere verhoging van de trekkracht nemen zowel de kracht als verlenging toe tot aan punt M in de grafiek, de maximale trekkracht. De maximale kracht gedeeld door het oorspronkelijk oppervlak noemt men de treksterkte van het materiaal uitgedrukt in N/mm^2 of MPa. Na dit punt M neemt de trekkracht af, de proefstaaf zal wel verder verlengen, maar gaan insnoeren (zie figuur 1.14) tot aan de breuk (punt B in de grafiek).

De grootte van de na de breuk opgemeten blijvende verlenging en de mate van insnoering van de proefstaaf zijn een maat voor de taaigheid van het materiaal.

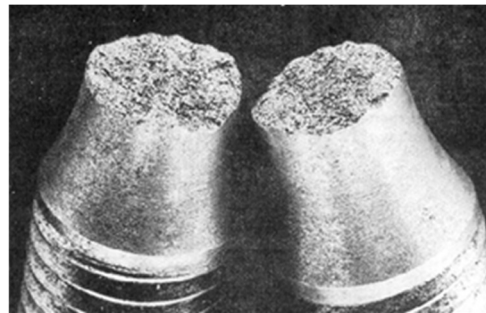
Dit lichten we toe aan de hand van de rechter grafiek in figuur 1.15.

- Ligt punt B verder naar rechts, dan is er sprake van een grotere rek of verlenging, dus taaier materiaal.
- Ligt punt B verder naar links, dan is er sprake van een kleinere rek of verlenging, dus brosser materiaal.
- Ligt punt $E_{0,2}$ hoger, dan is er sprake van een hogere rekgrens, dus sterker materiaal.
- Ligt punt $E_{0,2}$ lager, dan is er sprake van een lagere rekgrens, dus zwakker materiaal.
- Ligt punt M hoger, dan is er sprake van een hogere treksterkte, dus een sterker materiaal.
- Ligt punt M lager, dan is er sprake van een hogere treksterkte, dus een sterker materiaal.

In de figuren 1.18 en 1.19 zijn voorbeelden te zien van gebroken trekstaven van een taaï en een bros materiaal.



Figuur 1.18: Breukvlak van zacht, taaï staal



Figuur 1.19: Breukvlak van hard, bros gietijzer

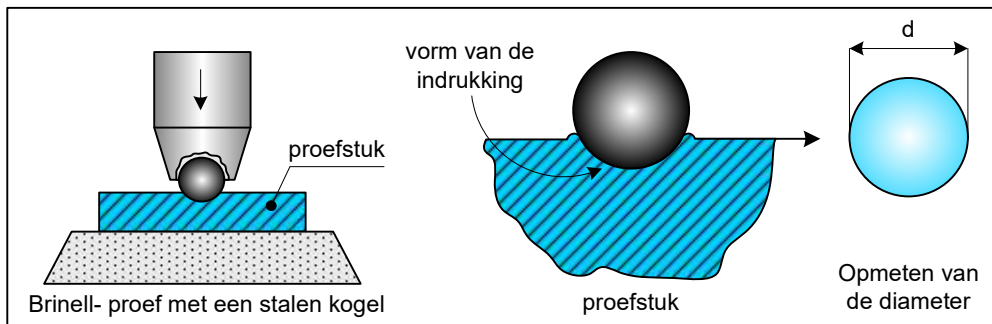
Hardheidsmetingen

Hardheidsmetingen worden zeer veel uitgevoerd; het is een eenvoudige en snelle proef die informatie geeft over de structuur en de sterkte van de las en de warmte-beïnvloede zone.

De twee meest gebruikte meetmethoden voor bepaling van de hardheid zijn van die van Brinell en Vickers. Deze methoden zijn gebaseerd op het loodrecht indrukken van het te beproeven materiaal met een klein en hard indruklichaam. De grootte of diepte van de achtergebleven indrukking is dan een maat voor de hardheid.

■ Brinell hardheidsmeting

Hierbij wordt een geharde stalen kogel of een hardmetalen kogel met een bepaalde kracht in het materiaal gedrukt. Na enige tijd wordt de kracht weggenomen en de diameter van de ontstane indrukking gemeten. In een bijbehorende tabel is dan de hardheid af te lezen. Zie ook figuur 1.20. De hardheid wordt aangegeven door een dimensieloos getal met daarachter de aanduiding HB. Bijvoorbeeld 260 HB betekent dat de hardheid 260 bedraagt; HB betekent Hardheid Brinell. Hoe groter het getal, des te harder is het materiaal.



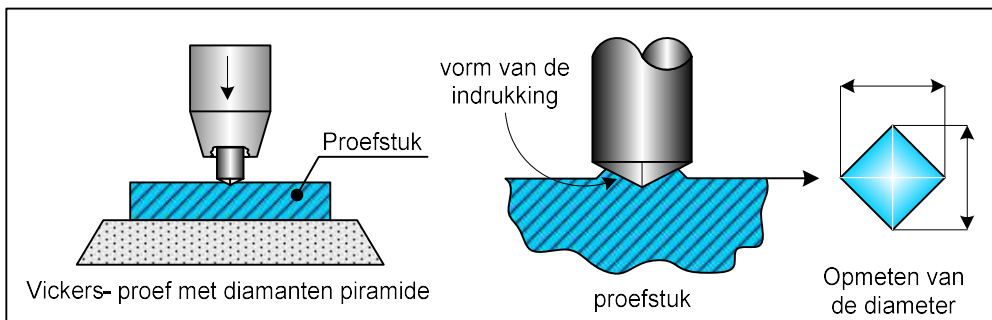
Figuur 1.20: Hardheidsmeting volgens Brinell

Voordelen van de hardheidsmeting volgens Brinell zijn:

- De gemiddelde hardheid van niet-homogene materialen is goed te bepalen, omdat de indrukking vrij groot is.
- Uit de Brinell-hardheid kan bij benadering de treksterkte van het materiaal worden bepaald: de treksterkte $R_m \approx 1/3 HB \times 10$. Deze benadering geldt overigens alleen voor ongelegeerd en laaggelegeerd staal.

■ Vickers hardheidsmeting

Met deze methode is het mogelijk de hardheid zeer nauwkeurig te bepalen. Het indruklichaam is een diamanten piramide die met een bepaalde kracht in het te meten materiaal wordt gedrukt. Na enige tijd wordt de kracht weggenomen en de beide diagonalen van de indrukking worden gemeten. Met de gemiddelde lengte van de diagonalen is in een tabel de hardheid af te lezen. Zie figuur 1.21.



Figuur 1.21: Vickers

De hardheid wordt aangegeven door een dimensieloos getal met daarachter de aanduiding HV. Bijvoorbeeld 340 HV betekent dat de hardheid 340 bedraagt. HV betekent: Hardheid Vickers. Ook hier geldt dat hoe groter het getal is, des te harder het materiaal.

Voordelen van de hardheidsmeting volgens Vickers zijn:

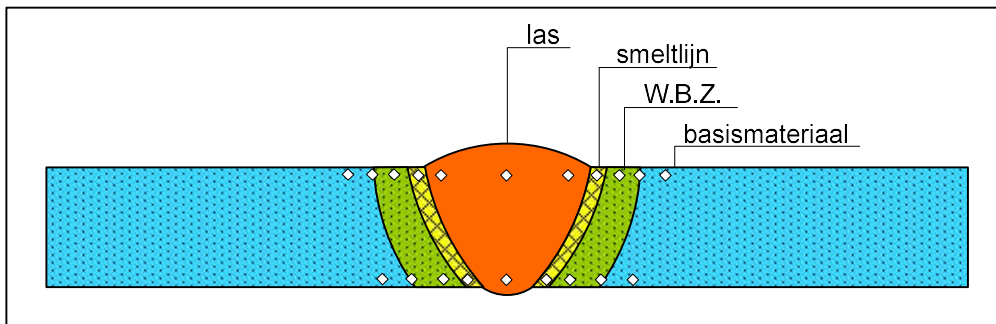
- De methode is geschikt voor zachte en harde materialen.
- Door de kleine indrukking kunnen ook dunne materialen gemeten worden.
- Er ontstaat slechts een kleine beschadiging aan het oppervlak.
- Het is een zeer nauwkeurige meting.

Nadelen van de hardheidsmeting volgens Vickers zijn:

- Niet-homogene materialen zijn moeilijk te meten.
- Het materiaaloppervlak moet zeer glad zijn.
- De indrukking is zo klein dat een microscoop nodig is voor de meting.

Voor lasverbindingen wordt standaard de hardheidsmeting volgens Vickers toegepast. Door de zeer kleine indrukkingen is het met deze methode mogelijk om op korte afstanden van elkaar, precies op de smeltlijn, de WBZ, de las en het basismateriaal te meten.

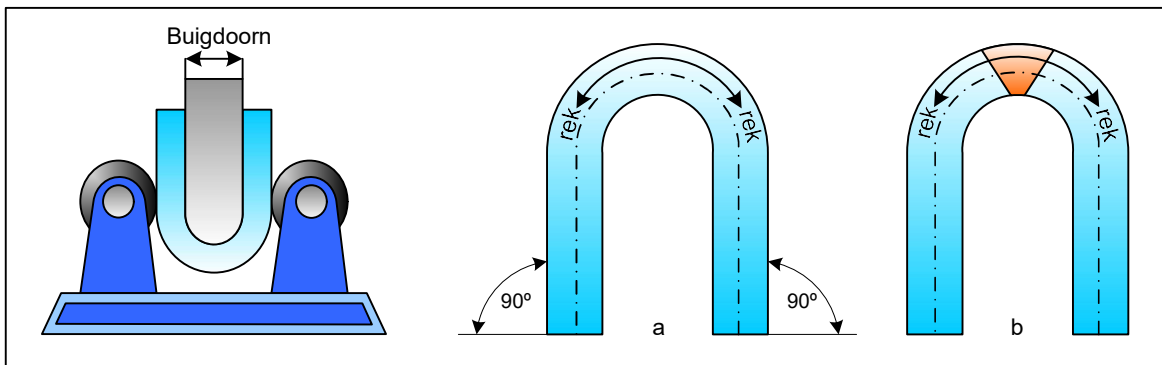
Zie ook figuur 1.22.



Figuur 1.22: Vickers metingen op een gelaste V-naad

■ Buigproef / buig-breekproef

Een andere methode om inzicht te krijgen in de vervormbaarheid (taaiheid) van een materiaal of lasverbinding is de buigproef. Hierbij wordt een proefstaaf gebogen om een buigdoorn zoals is aangegeven in figuur 1.23.



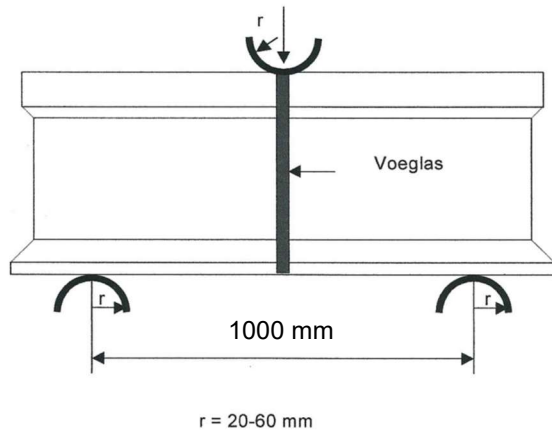
Figuur 1.23: Buigproef

Aan de zijde van de proefstaaf die wordt uitgerekt (de buitenste zijde) ontstaan hoge trekspanningen in het materiaal, zie afbeelding a in figuur 1.21.

Ook kun je een buigproef nemen van een lasverbinding. Je beproeft dan de las, de WBZ en het basismateriaal, allemaal gebieden die een andere structuur vertonen. Er is dan ook een duidelijk verschil met een buigproef uit alleen basismateriaal. Als er in een lasverbinding onvolkomenheden zitten aan de kant van de proefstaaf die op trek wordt belast, dan kunnen deze onvolkomenheden de oorzaak zijn van scheuren of zelfs breuk.

ProRail eist onder meer voor een laskwalificatie (LK) en het kwalificeren van een bekistlasser een buig-breekproef van een gelaste spoorstaaf. Ook voor een laskwalificatie (LK) en de productiecontrole van afbrandstuiklassen is de buig-breekproef een vereiste.

In figuur 1.24 is een schematische opstelling gegeven van een buig-breekproef. In figuur 1.25 is een gelaste spoorstaaf op de beproevingsbank weergegeven.



Figuur 1.24: Schematische opstelling buig-breekproef



Figuur 1.25: Buig-breekproef van een gelaste spoorstaaf

Bij deze proef moet, na een zekere minimum vereiste doorbuiging, de doorbuiging doorgezet worden totdat het proefstuk breekt. Het voordeel van het breken van de las is dat het breukvlak, dat vaak door de las heen loopt, visueel op inwendige onvolkomenheden is te beoordelen.

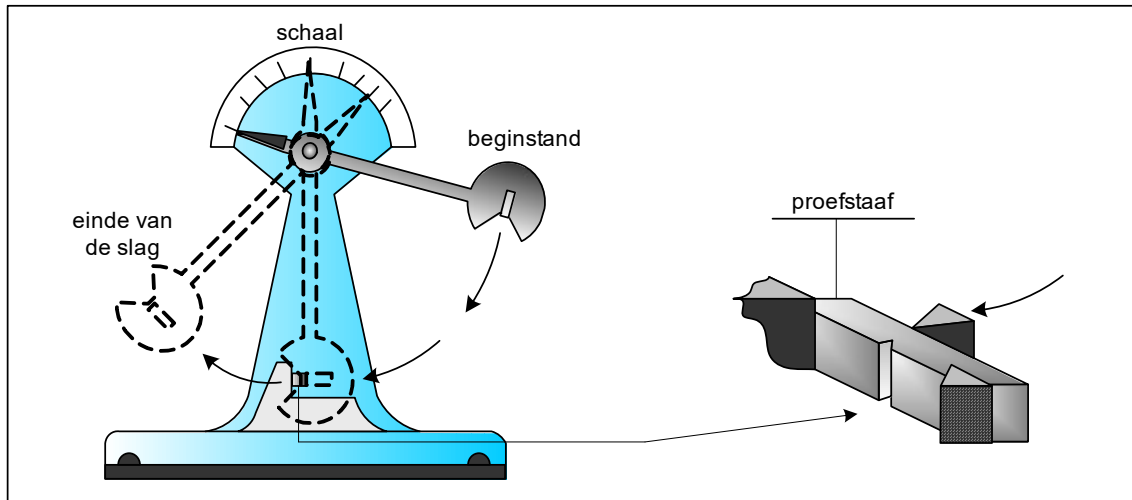
■ Kerfslagproef

In de techniek worden veel constructies aan een stotende belasting onderworpen. De spoorstaven zijn hier ook een voorbeeld van. Daarom is het gewenst het gedrag van het materiaal en vooral de lasverbinding onder deze omstandigheden te leren kennen. Een stotende belasting kan, onder bepaalde omstandigheden, een plotselinge brosse breuk veroorzaken.

De kerfslagproef is een beproevingsmethode om de gevoeligheid voor brosbreken van een materiaal of een lasverbinding te bepalen. Het resultaat van de kerfslagproef, de kerfslagwaarde, is de hoeveelheid energie (arbeid) die men nodig heeft om het materiaal te breken.

Anders gezegd: hoe meer energie er nodig is om een materiaal te breken, hoe taaier dit materiaal is.

Figuur 1.26 geeft een schematische voorstelling van de uitvoering van deze proef.

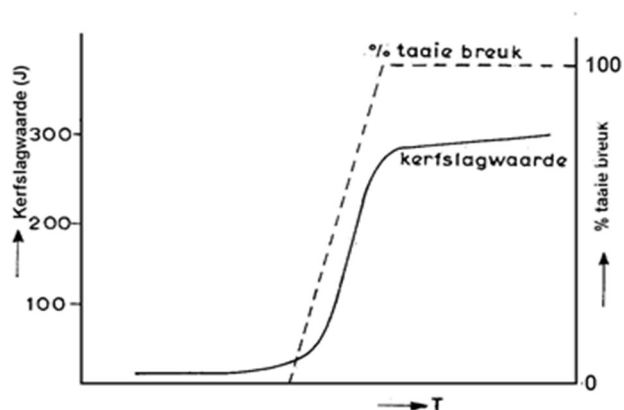


Figuur 1.26: Kerfslagproef

Tegenwoordig wordt de kerfslagwaarde bepaald aan de hand van een proefstaaf met een V-vormige groef, de Charpy-V proefstaaf en uitgedrukt in Joules.

De proef wordt uitgevoerd met een kerfslaghamer (zie figuur 1.24), die bestaat uit een stijf frame met een slingerhamer. Voor metalen wordt in het algemeen een 300 J-toestel gebruikt. De kerfslaghamer wordt na een loze slag ter controle van het apparaat in de beginstand gebracht. De hamer heeft dan een vastgestelde hoeveelheid potentiële energie. Het proefstaafje wordt op een gekalibreerde plaats neergelegd. Vervolgens wordt de hamer losgelaten en treft het staafje aan de niet-gekerfde zijde op het laagste punt, waardoor dit breekt. De hamer bereikt bij het doorzwaaien niet meer de uitgangspositie: een deel van de energie is door het staafje opgenomen en des te meer naarmate het staafje taaier is. De resterende zwaaihoogte van de hamer is dus een maat voor de door het staafje opgenomen energie. De hoeveelheid door het staafje opgenomen energie noemt men de **kerfslagenergie**.

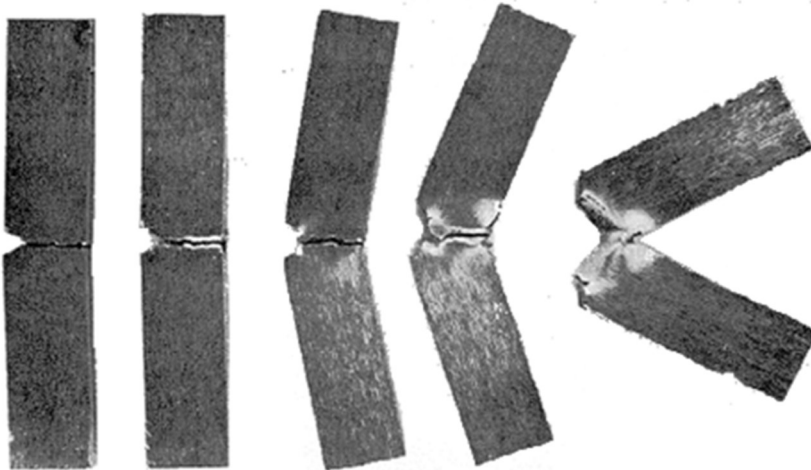
De temperatuur waarbij de proef wordt uitgevoerd speelt een belangrijke rol. Als je de kerfslagproef bij verschillende temperaturen uitvoert, is er bij een bepaalde temperatuur een sterke daling van de kerfslagwaarde (zie figuur 1.27).



Figuur 1.27: Kerfslagwaarde van ongelegeerd staal als functie van de temperatuur (overgangskromme)

De temperatuur waarbij de kerfslagwaarde sterk gaat dalen noemen we de overgangstemperatuur. Deze markeert de overgang tussen bros breken, bij lage temperatuur, en taai breken, bij hogere temperatuur. Door staal te legeren is de overgangstemperatuur te verschuiven naar een lagere temperatuur en is dus een taaiër materiaal te verkrijgen.

In figuur 1.28 zijn voorbeelden gegeven van gebroken kerfslagstaafjes van bros (uiterst links) naar taai (uiterst rechts). Bij een brose breuk treedt (nagenoeg) geen vervorming op en bij de taai 'breuk' is het staafje sterk vervormd, maar niet gebroken.



Figuur 1.28: Gebroken kerfslagstaafjes bros → taai

1.11 Niet-destructief onderzoek (NDO)

Bij het niet-destructief onderzoek treden geen veranderingen op in de eigenschappen van het materiaal of de constructie. Niet-destructief onderzoek van een lasverbinding kan noodzakelijk zijn omdat in lassen onvolkomenheden kunnen voorkomen zoals slakinsluitels, porositeiten, scheurtjes enzovoort.

Die onvolkomenheden kunnen afhankelijk zijn van het gebruikte lasproces, de lasbaarheid van het materiaal, de lasomstandigheden (bijvoorbeeld vocht) en de vakbekwaamheid van de lasser.

De NDO-technieken zijn onder te verdelen in:

- Oppervlakte-onderzoek
- Inwendig onderzoek

Tot de eerste groep behoren technieken als visuele inspectie, magnetisch scheuronderzoek, penetrant onderzoek en eigenlijk ook wervelstroomonderzoek. Dit laatste vanwege de geringe indringingsdiepte. Technieken uit de tweede groep zijn ultrasoon onderzoek en röntgenonderzoek. Röntgenonderzoek zullen we niet behandelen, omdat deze methode in het spoor niet voorkomt. Niet-destructief onderzoek mag alleen worden uitgevoerd door daartoe gecertificeerd personeel, met uitzondering van het visueel onderzoek.

1.11 Niet destructief onderzoek (NDO)

Leerdoelstellingen

Je bent in staat om:

VBE 1.1.11.1

De doelstellingen van de verschillende Niet Destructieve Onderzoeken te kunnen beschrijven

■ Visueel onderzoek

Het visueel onderzoek is een essentiële basistechniek in het niet-destructief onderzoek. Het is een bijna vanzelfsprekende kwaliteitscontrole die de lasser zelf moet kunnen uitvoeren als controle op zijn uitgevoerde laswerk.

De uitwendige staat van de las kan namelijk informatie geven over:

- Relevante uitwendige onvolkomenheden, zoals slechte aanvloeiing, scheuren, oppervlakteporositeit, zand in of rondom de las, insluitingen, blauwverkleuring, te hoge ruwheid, etc.
- Mogelijk te verwachten verborgen inwendige onvolkomenheden. Een onregelmatigheid aan het buitenoppervlak kan een indicatie zijn van ernstiger onvolkomenheden binnenin.

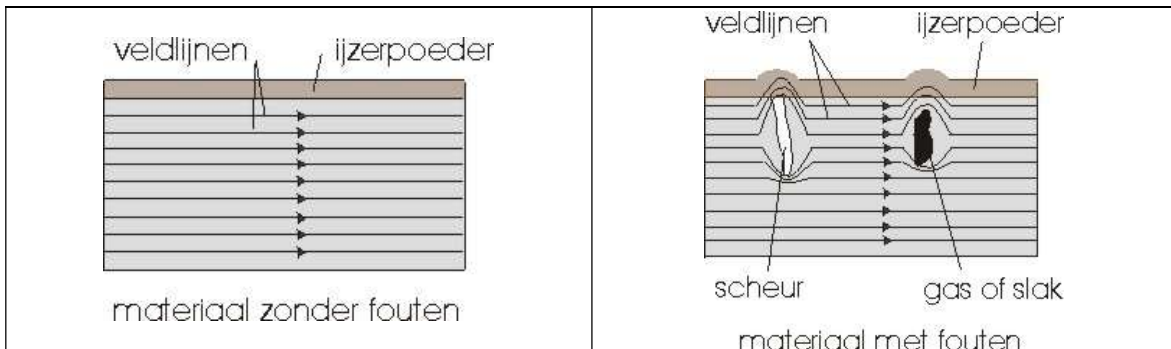
Het is qua uitvoering de goedkoopste NDO-methode want het wordt uitgevoerd door iedere lasser met het blote oog (eventueel met leesbril) en het geeft een snelle indicatie of de las voldoet aan de eisen van de opdrachtgever. Hulpmiddelen bij de visuele inspectie kunnen extra mogelijkheden geven, zoals een spiegel om goed onder de spoorstaafvoet te kunnen kijken, een eenvoudige loep en bij onvoldoende licht (<350Lux) een goede (zak)lamp. Eventuele afkeur op basis van het visuele onderzoek spaart verdere onderzoekskosten uit en herstel van de onvolkomenheden kan snel uitgevoerd worden.

De visuele inspectie kent ook zijn beperkingen, want het betreft enkel de zichtbare buitenkant en is subjectief ten aanzien van de gezichtsscherpte. Het is dan ook noodzakelijk de lasser minimaal 1x per jaar een ogentest af te nemen overeenkomstig de norm NEN-EN-ISO 9712 'Kwalificatie en certificatie van NDO-personeel'.

■ **Magnetisch onderzoek**

Het magnetisch scheuronderzoek is een inspectietechniek waarmee onvolkomenheden aan, of dicht onder het oppervlak, aangetoond kunnen worden. Dit kan alleen in magnetiseerbare materialen als bijvoorbeeld ferritisch staal.

Hierbij wordt het werkstuk / spoorstaaf direct of indirect met behulp van een elektrische stroom gemagnetiseerd. Vervolgens wordt er een testmiddel op aangebracht in de vorm van deeltjes ijzerpoeder (**droge methode**) of ijzerpoeder als suspensie in water of olie (**natte methode**). Bij een foutloos materiaal bevinden zich de magnetische veldlijnen in het materiaal (zie figuur 1.49.a) en zijn geen verstoringen te zien aan het oppervlak.



Figuur 1.49.a: Geen verstoringen aan oppervlak

Figuur 1.49.b: Verstoringen aan oppervlak

Op de plaatsen waar scheuren en andere beschadigingen in het materiaal aanwezig zijn wordt het magneetveld verstoord. Een aantal veldlijnen waaiert uit en deze zullen niet meer netjes rechtdoor lopen (zie figuur 1.49.b). Door de magnetische wisselwerking concentreren de gemagnetiseerde ijzerpoederdeeltjes zich op de plek met de grootste veldsterkte en dat is ter plaatse van het defect.

Bij de **natte methode** gebruikt men onder daglicht een contrastrijke zwart-wit suspensie en onder Uv-licht een fluorescerende suspensie. De natte methode heeft een veel grotere nauwkeurigheid dan de droge methode.

Onvolkomenheden die evenwijdig aan de veldlijnen lopen zijn slecht zichtbaar. Een oplossing is om hetzelfde werkstuk tweemaal te bekijken, maar de tweede maal het magneetveld 90 graden te draaien ten opzichte van de eerste meting.

■ Penetrant onderzoek

Een van de oudste NDO-methoden is het penetrant onderzoek.

Penetrant onderzoek wordt gebruikt voor het opsporen van oppervlaktefouten die een open verbinding met het oppervlak hebben, zoals scheurtjes die niet altijd met het blote oog zichtbaar zijn.

Hierbij maakt men gebruik van een van de bekendste natuurkundige krachten, de capillaire werking. Daardoor dringt de penetrant (vloeistof) in zeer nauwe openingen naar binnen en wordt na het ontwikkelen naar boven gezogen, waardoor de fouten visueel zichtbaar worden.

De verschillende stappen (zie ook figuur 1.49) van het penetrant onderzoek zijn:

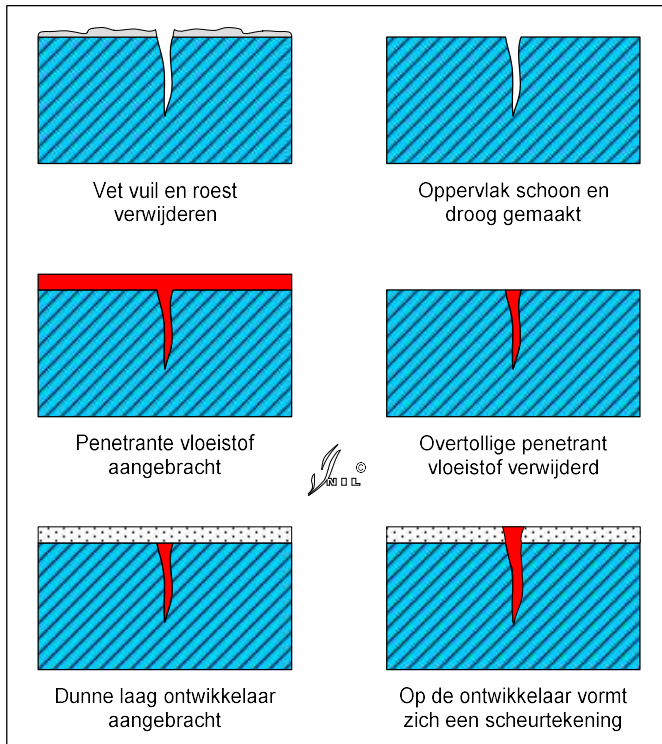
1. Reiniging van het oppervlak.
Het te testen oppervlak reinigen om alle vuil, verf, olie, vet, roest, ... te verwijderen. Dit kan zowel mechanisch (schuren) als chemisch gebeuren met een 'cleaner'.
2. Penetrant aanbrengen.
Het penetrant aanbrengen op het gereinigde oppervlak. Het penetrant heeft enige tijd nodig (normaal 10 tot 20 minuten) om in de scheuren te dringen. De indringtijd hangt vooral af van het te testen materiaal.
3. Teveel aan penetrant verwijderen.
Het teveel aan penetrant verwijderen van het testoppervlak (normaal gebruikt men hiervoor een doek gedrenkt in 'remover'). De 'remover' niet rechtstreeks op het oppervlak aanbrengen, omdat zo het penetrant uit de scheuren verwijderd kan worden.
4. Aanbrengen van een ontwikkelaar.
Nadat het teveel aan penetrant verwijderd is, de witte ontwikkelaar op het oppervlak aanbrengen in een dun en egaal laagje. Hierdoor wordt het penetrant dat in de scheuren was gedrongen, eruit getrokken. Dit is het best te vergelijken met een vloeipapier dat inkt opzuigt. Gekleurde strepen en vlekken duiden de positie en de vorm van de scheuren aan. Voor een goed contrast met de witte ontwikkelaar wordt meestal een rode, paarse of soms een oranje penetrant gebruikt.
5. Inspectie.
Het testoppervlak direct na het aanbrengen van de ontwikkelaar inspecteren.
6. Reiniging van het monster.
Na de inspectie en het noteren van eventuele scheuren, het oppervlak opnieuw reinigen.

Voordelen

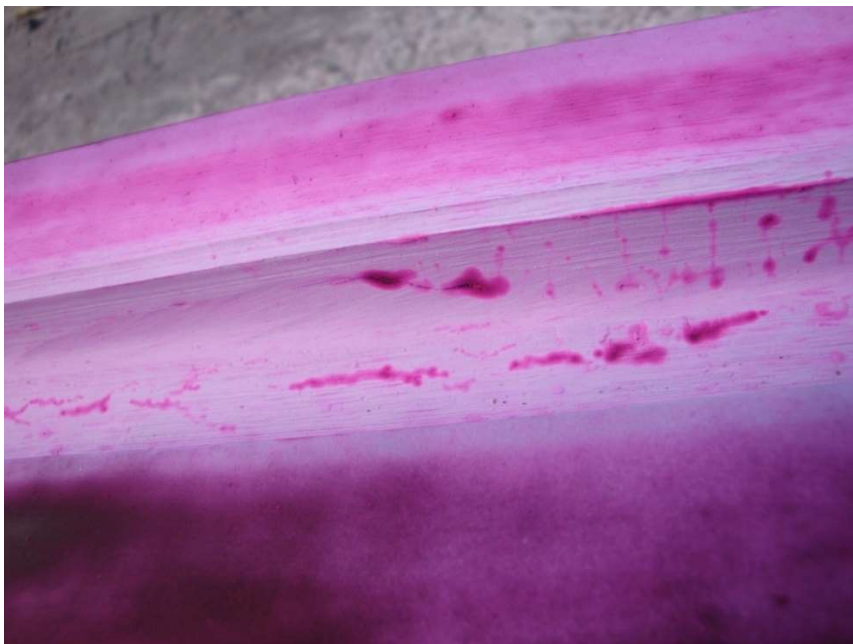
- De scheuren zijn beter zichtbaar met penetrant onderzoek dan met visuele inspectie, omdat:
 - De kleur van de penetrant en de ontwikkelaar een groot contrast hebben.
 - Het penetrant door de ontwikkelaar uit de scheur wordt getrokken. Daarbij kleurt de ontwikkelaar over een gebied dat groter is dan de oorspronkelijke scheur.
- Penetrant onderzoek is een goedkope testmethode en voor de operator is er geen dure, ingewikkelde training nodig.

Nadelen

- Een grondige reiniging op voorhand is nodig, zeker voor roestige monsters.
- Penetrant, ontwikkelaar en reiniger zijn vervuilende stoffen die het milieu zwaar kunnen belasten. Het werken met de penetrant vloeistof kan smerig zijn. Voorzorgsmaatregelen moeten genomen worden.



Figuur 1.50: Penetrant onderzoek



Figuur 1.51: Scheuren in rail (beter) zichtbaar gemaakt door penetrant onderzoek

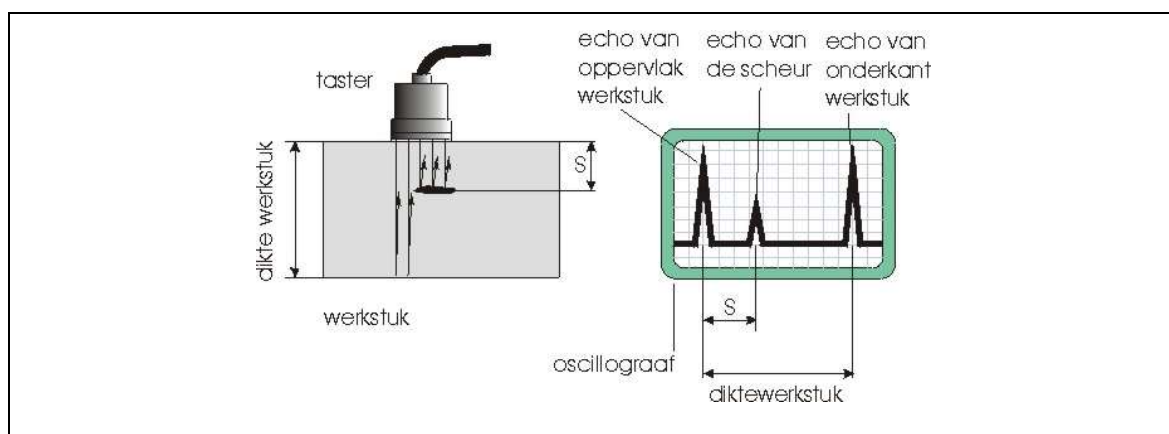
■ Ultrasoon onderzoek

Ultrasoon onderzoek is een niet-destructieve onderzoeksmethode, waarbij een geluidstrilling het materiaal wordt ingezonden waarna de eventuele reflectie van een defect wordt geregistreerd. Het is toepasbaar op materialen met gunstige akoestische eigenschappen.

Bij de controle van spoorstaven is ultrasoon onderzoek een zeer veel toegepaste methode. Al bij de fabricage van de spoorstaven worden deze na het walsproces ultrasoon onderzocht op inwendige onvolkomenheden.

Enmaal in het spoor ingebouwd gaat met regelmaat de ultrasoon-trein over het spoor om met een snelheid van ca. 80 km/uur de spoorstaven te controleren. Ook gemaakte lassen worden, bijvoorbeeld bij twijfel over de kwaliteit of als tweede controle na uitkomst van de ultrasoon-trein, met dit proces als handmatige variant gecontroleerd.

Om een werkstuk te controleren wordt op het oppervlak een taster geplaatst. Deze bevat een kristal dat ultrasoon geluid uitzendt en een kristal dat ultrasoon geluid ontvangt. De signalen die de taster ontvangt worden met een oscillograaf zichtbaar gemaakt op een klein beeldscherm (zie figuur 1.50).



Figuur 1.52: Ultrasoon onderzoek

In figuur 1.52 is links op het beeldscherm de echo van het oppervlak te zien, uiterst rechts de echo van de onderkant van het werkstuk. De afstand tussen de twee echo's is een maat voor de dikte van het werkstuk.

Als een werkstuk onregelmatigheden bevat dan kan het ultrasoon geluid uit de taster niet meer ongestoord de onderkant van het werkstuk bereiken en teruggekaatst worden. Een scheur of insluitel in het werkstuk zal op de oscillograaf te zien zijn als een piek. Een kleine scheur of insluitel reflecteert maar een deel van het ultrasonische geluid en zal te zien zijn als een kleine piek. Hoe groter de oneffenheid, hoe groter de piek. De plaats van de piek op het beeldscherm geeft weer waar de scheur in het materiaal aanwezig is in figuur 1.51 is dit zichtbaar. De scheur ligt het dichtst bij de bovenkant van het werkstuk. Op het beeldscherm is te zien dat de echo van de scheur het dichtst bij de echo van het oppervlak ligt.

Behalve scheurtjes kunnen ook slakinsluitingen op deze manier worden gevonden.

Omdat de spoorstaaf een bepaald profiel heeft zijn er verschillende tasters nodig met andere instalingshoeken om de gehele doorsnede te kunnen onderzoeken.

Voordelen

- Fouten diep onder het oppervlak zijn op te sporen.
- Een meting kan vanaf één zijde van het materiaal gedaan worden.
- Ultrasoon onderzoek kan gebruikt worden om verschillende soorten materialen te testen.

Nadelen

- Voor een goede meting is veel ervaring vereist.
- De ultrasoon onderzoeker moet gekwalificeerd zijn.
- Een werkstuk mag niet te onregelmatig van vorm zijn.
- De kosten zijn hoger dan bij magnetisch of penetrant onderzoek.

■ Wervelstroom-onderzoek

Bij dit onderzoek wordt met behulp van een spoel, bekrachtigd met wisselstroom, een magnetisch veld in het te onderzoeken materiaal opgewekt. Deze spoel levert een wisselend magneetveld dat bij contact met een geleidend materiaal een stroomveld (Eddy Current) of geïnduceerde stromen opwekt in het materiaal dat wordt onderzocht. Indien er een defect aanwezig is zal het pad van de stroom worden verstoord, wat een onbalans veroorzaakt in de spoel. Dit geeft als het ware een typisch defect 'handtekening' die door de operator kan worden beoordeeld.

Figuur 1.53: Wervelstroom onderzoek

Wervelstroom is een 'schone' techniek, omdat er geen gebruik wordt gemaakt van vloeistoffen. Wervelstroom is wel een indirecte techniek die veel ervaring vereist voor de interpretatie van de verkregen beelden.



Figuur 1.54: Wervelstroom onderzoek in het spoor



Figuur 1.55: Head checks in spoorstaaf

Toepassing van de wervelstroom inspectietechniek in het spoor vindt plaats voor de vaststelling van het aantal en de diepte van zogenaamde 'head checks'. Dit zijn kleine parallel lopende scheuren op min of meer regelmatige afstand aan de rijkant van het bovenbeen in bogen (zie figuur 1.54).

1.12 Herkennen van lasonvolkomenheden

Leerdoelstellingen

Je bent in staat om:

VBE 1.1.12.1B/A/T De meest voorkomende lasonvolkomenheden en hun oorzaken te begrijpen. bv. scheuren, poreusheid, vorm uit het midden, spanningen in de rails, voorverwarmen, zand insluitingen en vochtigheid

VBE 1.1.12.2B/A/T Acceptatiecriteria te begrijpen en te kunnen toepassen

ProRail gebruikt de norm NEN-EN-ISO 6520-1 (Lassen en verwante processen – Inleiding van de geometrische onvolkomenheden in metalen – Deel 1: Smeltlassen) om middels tabellen aan te geven welke onvolkomenheden niet acceptabel zijn.

Deze norm geeft een indeling van lasonvolkomenheden en de indeling is als volgt:

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

Per groep wordt door een driecijferig nummer de onvolkomenheid benoemd, een vierde cijfer geeft een onderverdeling aan. In de hierna genoemde tabellen 4 en 5 welke direct uit de regelgeving van ProRail komen kun je zien welke onvolkomenheden niet zijn toegelaten. In de opvolgende paragrafen worden de relevante onvolkomenheden toegelicht zoveel als mogelijk met foto's. Het is de bedoeling dat je als lasser/lasbediener de gemaakte las na het lassen altijd zelf goed inspecteert! Het is dan ook de bedoeling dat de lassers hier jaarlijks op worden getraind tijdens de winterschool met behulp van onderstaande meetmiddelen en gereedschappen:

		
Inspectielamp	Schuifmaat	Meettool: Randinkarteling
		
Inspectie spiegel	Meetlat	Lasoverdikte meter
		
Digitale meetrei	Stalen 1m rei	Slakbikhamer en staalborstel

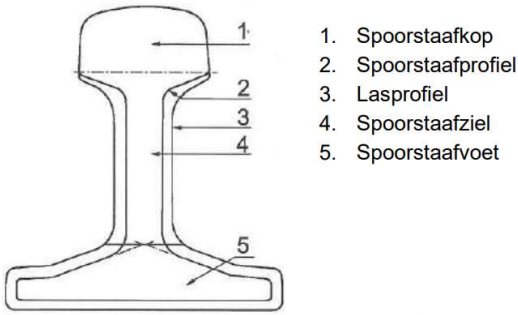
Figuur 1.56a: Toe te passen meet- en inspectie gereedschappen

Tabel 4 – Algemene niet toelaatbare uitwendige onvolkomenheden

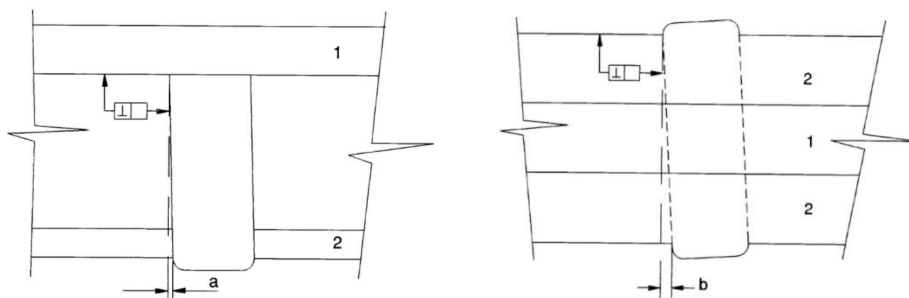
Referentie naar ISO 6520-1	Niet toelaatbare onvolkomenheden bij voeg- en oplassen Zie ook de betreffende EN norm
n.v.t.	Inslijpingen > 1 mm diep en scherpe overgangen.
n.v.t.	Ruwheden van de geslepen oppervlakken Ra < 10 µm.
n.v.t.	Verblauwing (harde structuurvorming), als gevolg van te warm slijpen vanuit koude toestand alsook verblauwing op elektrische contactvlakken (bijv. a.g.v. vonkvorming op de contactvlakken van elektrische lasprocessen).
n.v.t.	Horizontale en verticale slijplengte over de kop > 900 mm met de las in het midden.
100, 104 2017	- (krater-)scheuren/ spleten - poreusheden/holten groter en dieper dan 1 mm (acceptabele holtes altijd zonder scherpe overgangen)
n.v.t. 304	- slink tot voorbij de profiellijn van de (grootste) spoorstaaf - insluitingen (bijv. van koper bij gebruik van koperen smeltbadondersteuning)
401	- bindingsfouten
5011	- voor voeglassen: inkarteling voet en lijf > 0,5 mm
5011	- inkarteling in de kop
n.v.t.	- kerven (bijv. als gevolg van het afstropen)
n.v.t.	- beschadigingen (bijv. als gevolg van inklemmen, slijpen, etc.)
n.v.t.	- indrukkingen met scherpe overgangen
511	- onvoldoende lasnaadvulling van de las op het basismateriaal
601	- hechtlassen/ontsteekplaatsen (arc strikes)
n.v.t.	- gesmolten metaal op de voet (bijv. bij kop-reparatie)
602	- lasspatten > 1 mm en slak- of zandresten/insluitingen.

De specifieke eisen voor uitwendige onvolkomenheden voor bekist- en thermietlassen zijn:

Tabel 5 – Niet toelaatbare uitwendige onvolkomenheden bij bekist- en thermietlassen

Referentie naar ISO 6520-1	Niet toelaatbare onvolkomenheden bij voeglassen Zie ook de betreffende EN norm
504	<p>Overdikte thermiet-, - en bekistlassen: De overdikte van de las (over de gehele omtrek van het profiel) met een ongelijke overgang matig aangevloeid op het basismateriaal. Zie Figuur. Overbloezing bij overgang ziel/voet en bovenkant voet</p>  <p>Overdikte bekistlas, exclusief kop en onderkant voet: groter dan 7 mm</p>
504 515	<p>Doorlassing bekistlassen: Bij een bekistlas, aan de onderzijde van de voet, de doorlassing ongelijkmatig met een doorlassing > 5 mm. Een holle doorlassing voorbij onderkant profiel.</p>

Aanvullende/aangepaste eis (t.o.v. de EN-norm) voor afbrandstuiklassen: De overdikte (upset) onder de voet, na het afstropen, moet kleiner of gelijk zijn aan 1 mm (gemeten vanaf het profiel met de grootste uitsteek aan onderkant). Aanvullende eisen (t.o.v. de EN-norm) voor thermietlassen: De scheefstand van de laskraag is maximaal toelaatbaar zoals hieronder is weergegeven:



1= Rail kop
2= Rail voet
a=2mm
b=3mm

Figuur 1.56b: Verticale en laterale scheefstand

Opmerking: De minimum uitsteek van de overdikte is in principe 0 mm (beschouwen als fictieve ondergrens) echter, ter voorkoming van gevaarlijke beschadigingen tot aan of zelfs tot onder het spoorstaafprofiel (bijv. a.g.v. het afstropen met harde vervuiling onder de messen), is de voorkeur de afstrooppennen af te stellen tot enkele tienden van mm gemeten vanaf het profiel met de grootste uitsteek.

Groep 1 Scheuren (referentienummer 100)

Scheuren zijn gevreesde onvolkomenheden in een lasverbinding. Ze kunnen op verschillende plaatsen en in verschillende vormen ontstaan. De oorzaken kunnen zeer divers zijn.

We onderscheiden scheuren:

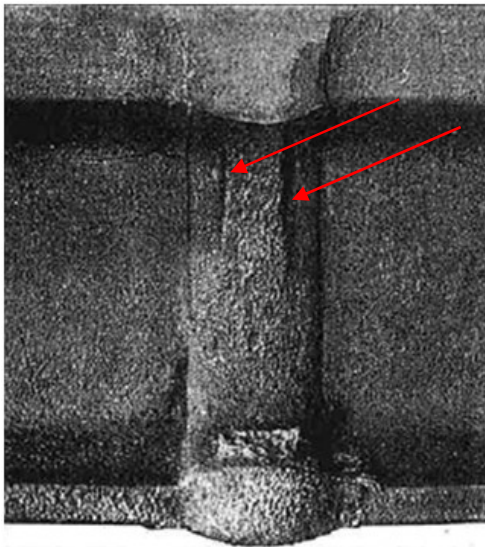
- in de las;
- in de warmte beïnvloede zone;
- in het basismateriaal.

We kennen microscheuren, langs scheuren, dwarsscheuren, stervormige scheuren, kraterscheuren, opeenhoping van scheuren en vertakte scheuren. Verder onderscheiden we nog koudscheuren en warmtscheuren. Scheuren die ontstaan bij lage temperatuur noemen we koudscheuren.

Scheuren in de las kunnen ook materiaal-gerelateerd zijn. De materiaal-gerelateerde scheuren kunnen een gevolg zijn van bijvoorbeeld het autogeen snijden van daarvoor niet geschikte materiaal kwaliteiten zoals R370CrHT, waardoor harde, scheurgevoelige structuren ontstaan of een niet goed beheerste afkoelsnelheid.

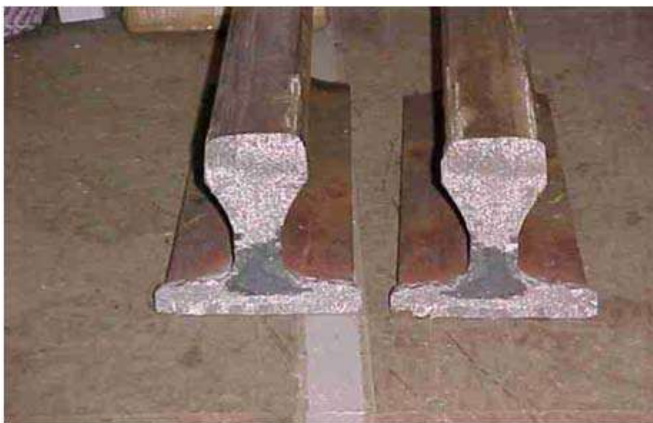
Oorzaken van scheuren bij het thermietlassen kunnen zijn:

- onjuiste keuze lasportie
- snijbranden spoorstaven met hoog koolstofgehalte
- afkoelsnelheid niet beheerst
- problemen basismetaleen:
- rolling contact fatigue (RCF)
- bindingsproblemen
- lokale vermoeiingsplek



Figuur 1.57: Scheurvorming in een thermietlas bij R370CrHT (ref.nr. 100)

De oorzaak van krimp scheuren of 'stolfouten' ligt vaak in het bewegen van de spoorstaven tijdens het afkoelproces. Dit ten gevolge van treinen op het (aangrenzende) spoor, werkzaamheden in de nabijheid van de stollende las, daling of stijging van de spoorstaaf temperatuur (geen fixatie-apparatuur gebruikt) of te vroeg afstropen, dan wel een veel te kleine of te grote voeg.

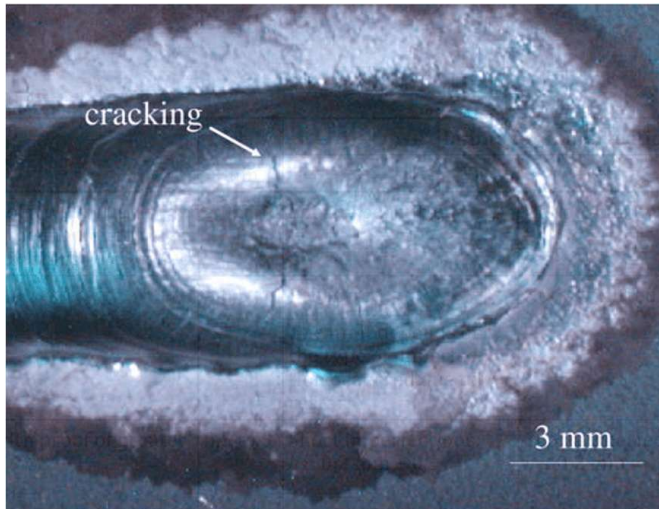


Figuur 1.58: Krimpscheuren of 'stolfouten' (ref.nr. 100)



Figuur 1.59: Scheuren in een bekistlas (ref.nr. 100)

De **kraterscheur** is vergelijkbaar met de warmscheur. Als de krater van een las of een hecht onvoldoende is afgevuuld is, is er op die plaats geen goede hoogte-breedte verhouding. Ook daar trekt de krimp het dunne deel van de krater kapot. Soms zijn het minuscule scheurtjes die niet of slecht zichtbaar zijn, daarom is het verstandig een krater altijd goed uit te slijpen alvorens er met een nieuwe las op aan te sluiten.



Figuur 1.60: Kraterscheur (ref.nr. 104)

Groep 2 Holten (referentienummer 200)

We kennen porositeit, gasporiën en gasnesten. De oplosbaarheid van gassen in vloeibaar metaal is groter dan in vast metaal. De lasser dient tijdens het lassen voor een optimale bescherming te zorgen omdat anders stikstof en zuurstof uit de omgevingslucht kunnen worden opgenomen in het smeltbad. Dit geldt echter ook voor waterstof die afkomstig kan zijn van vochtig toevoegmateriaal. Ook ontstaan gassen ten gevolge van diverse chemische reacties in het smeltbad. De in het smeltbad opgenomen c.q. ontstane gassen moeten de tijd hebben om te kunnen ontwijken. In een snel stollend smeltbad zal de tijd hiervoor meestal te kort zijn.

Oorzaken van porositeit bij het booglassen kunnen zijn:

- een verkeerde startprocedure bij het booglassen met beklede elektrode;
- het lassen met een te lange boog;
- een aanhechtingsfout;
- onvoldoende verwijdering van verf, vuil, vocht, roest en vet.



Figuur 1.61: Porositeit bij een bekistlas (ref.nr. 2017)

Zwarte gaten kunnen bij het thermietlassen ontstaan doordat er gas (waterdamp) door het gesmolten staal een uitweg naar buiten zoekt, door het gebruik van natte verbruiksstoffen / spoorstaaf, doordat de voorbereide voeg te nauw is, door een onjuiste vlaminstelling of brander positie tijdens het voorverwarmen of geen navoeding door te vroeg verwijderen van de opkomers. Een zwart gat uit zich als een gaskanaal dat zichtbaar wordt na het verwijderen van de opkomer.



Figuur 1.62: Zwarte gaten (ref.nr. 2017)

Porositeit in thermietlassen kan in velerlei vormen van groot tot klein en van enkelvoudig tot gegroepeerd voorkomen. In verreweg de meeste gevallen is dit een gevolg van vocht. Dit kunnen natte vormdelen zijn, te nat afdichtingszand, een vochtige portie, een niet voldoende voorverwarmde gietkroes bij de long life gietkroes en de weersomstandigheden.



Figuur 1.63: Porositeit (ref.nr. 2017)

Randporositeit

In verreweg de meeste gevallen is dit door natte vormdelen zijn of te nat afdichtingszand.



Figuur 1.64a: Randporositeit (ref.nr. 2017)

Oppervlakte holtes/defecten

Deze worden veroorzaakt door een te hoog zuurstof aandeel in het gas waardoor de vorm verglaasd.



Figuur 1.64b: Porositeit (ref.nr. 2017)

Groep 3 Vaste insluitels (referentienummer 300)

We onderscheiden

- slakinsluitel;
- oxide-insluitels;
- metallische insluitels.

Slakinsluitels

Oorzaken van het ontstaan van slakinsluitels bij booglassen kunnen zijn:

- het lassen met een te lage stroom;
- een verkeerde stand van de elektrode;
- een verkeerde diameter van toevoegmateriaal;
- een verkeerd zwaai patroon.



Figuur 1.65: Slakinsluitel bij een bekistlas (ref.nr. 304)

Metallische insluitels

Koper insluitels ontstaan doordat de lasser met de elektrode tijdens het lassen. De koperen smeltbad ondersteuning heeft geraakt en meegesmolten. Hierdoor kunnen koperen deeltjes in het smeltbad terecht komen. Deze plekken zijn altijd goed visueel waarneembaar. Zie ook onderstaande Figuur, deze insluitels zullen scheurvorming bevorderen.



Figuur 1.66a: Koperinsluiting in de doorlassing van een bekistlas (ref.nr. 304)

Zand insluitsels

Veroorzaakt door zand wat in de vorm treedt of erin is gedrukt of door te lang voorverwarmen. Gevolg is een zwakkere las welke eerder kan breken bijvoorbeeld bij een slechte spoorligging.



Figuur 1.66b: Niet metallische insluiting bij een thermietlas (ref.nr. 304)

Bij “ingebrand zand” is er onvoldoende metaal zichtbaar aan het oppervlak dit kan veroorzaakt worden door zand welke verglaasd tijdens het gieten of door te lang voorverwarmen waardoor de kop deels is weggebrand. Gevolg kan zijn dat het defect uitgroeit, tijdens gebruik, waardoor er scheurvorming kan ontwikkelen in de kop van de rail.



Figuur 1.66c: Ingebrand zand (ref.nr. 304)

Groep 4 Bindingsfouten en onvolkomen doorlassing (referentienummer 400)

We onderscheiden:

- een bindingsfout (401);
- een onvolkomen doorlassing in de grond van de naad (4021)

Bindingsfout

Het ontstaan van bindingsfouten is veelal te wijten aan onvoldoende vaardigheid van de lasser. Er vindt geen samensmelting plaats tussen het vloeibare lasmetaal en de naadflank of met de voorgaande lasrups.

Enkele mogelijke oorzaken van bindingsfouten bij booglassen kunnen zijn:

- een te groot smeltbad;
- een te lage lasspanning en lasstroom (draadsnelheid);
- een te grote uitsteeklengte c.q. contactbuisafstand;
- het smeltbad loopt voor de boog;
- een te lage voortloopsnelheid;
- een te nauwe voegopening;
- verkeerde elektrodestand.

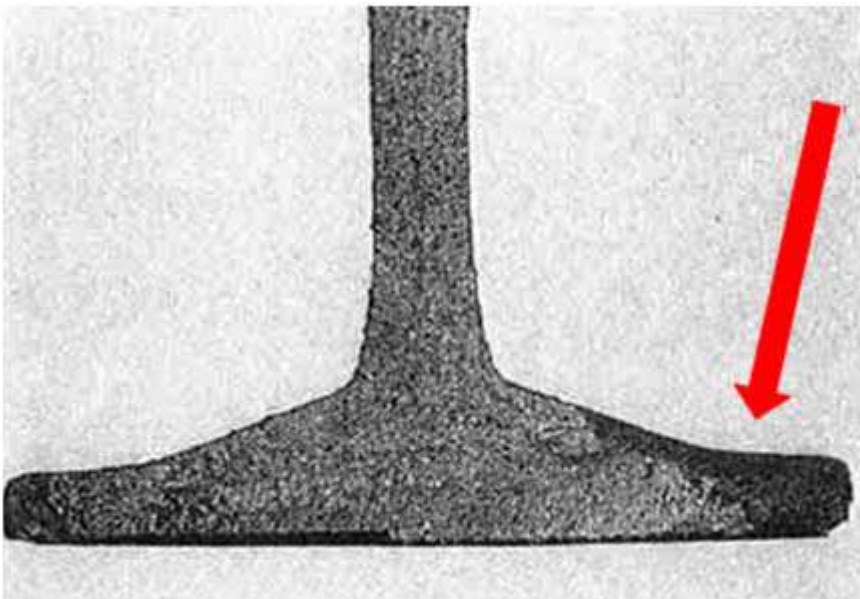
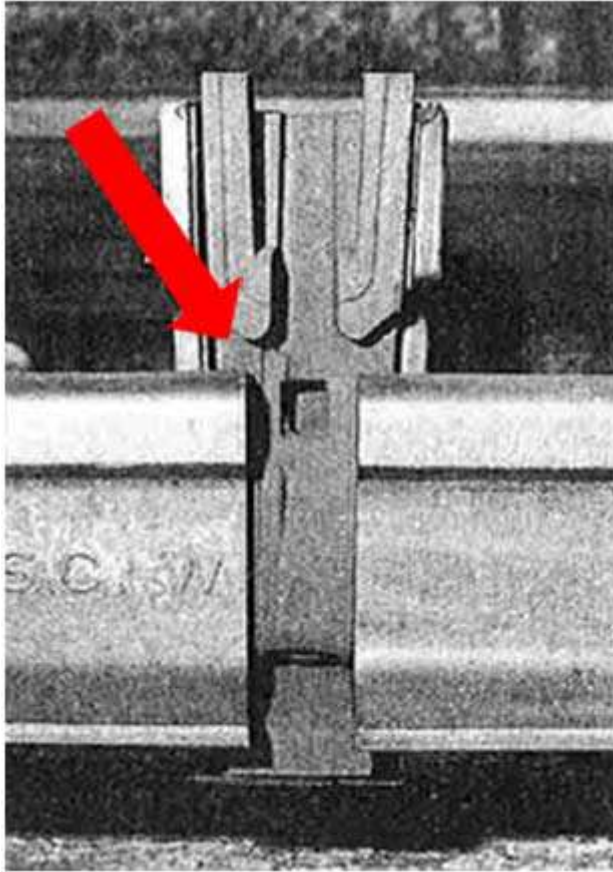
Enkele mogelijke oorzaken van bindingsfouten bij thermietlassen kunnen zijn:

- niet goed uitlijnen vorm;
- vreemd materiaal binnen vormen;
- plaatsing voorverwarmer;
- onvoldoende voorverwarming;
- onjuiste vlaminstelling;
- onjuiste eindvoorbereiding voeg/spoorstaaf;
- problemen bij tapopening.



Figuur 1.67: Bindingsfout met slakinsluiting in een bekistlas (ref.nr. 401)

Bindingsfouten (plakfouten) bij thermietlassen zijn onvolkomenheden in de las waar geen volledige smelting heeft plaatsgevonden. Deze fouten vinden hun oorzaak in het onvoldoende lang of intensief voorwarmen of een onjuiste positie van de brander of scheefstand van de vormen.



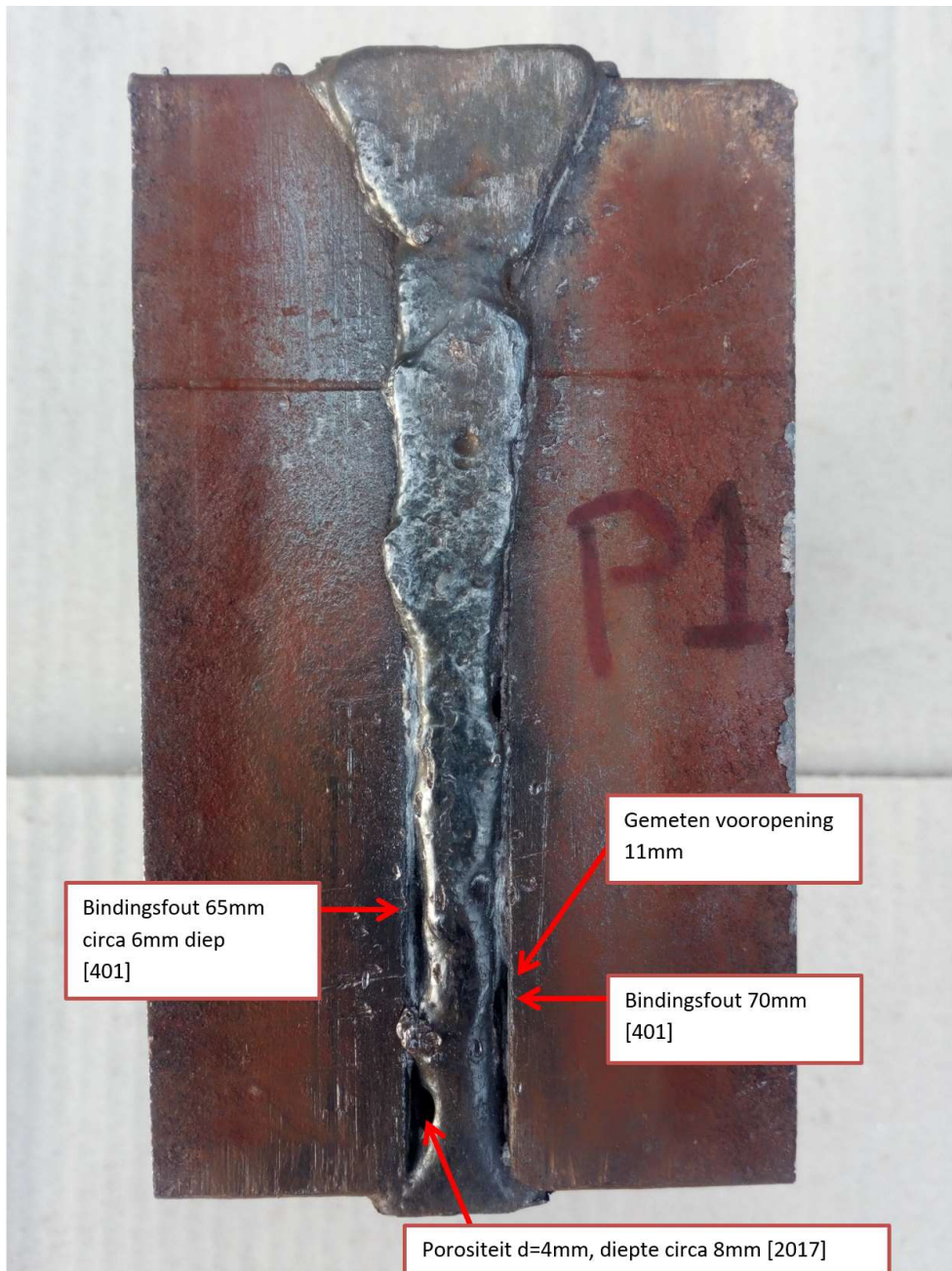
Figuur 1.68: Bindingsfout in een thermietlas (ref.nr. 401)

Onvolkomen doorlassing in een bekistlas

Dit type onvolkomenheid komt voor bij alle handmatige lasprocessen en is vaak te wijten aan onvoldoende vaardigheid van de lasser.

Enkele mogelijke oorzaken van een onvolkomen doorlassing zijn:

- een te smalle voegopening;
- het verkeerd richten van de boog;
- versleten koperen blokken;
- te hoge verwachting van de inbrandingsdiepte.



Figuur 1.69: Bindingsfout voet van een bekistlas (ref.nr. 401)



Figuur 1.70: Bindingsfout voet bij een Mn-C bekistlas (ref.nr. 401)



Figuur 1.71: Onvolkomen doorlassing kop bij een bekistlas (ref.nr. 4021)

4.5 Groep 5 Geometrische afwijkingen (referentienummer 500)

Tot deze groep van onvolkomenheden behoren:

- inkartelingen (501);
- overdikte (502);
- te bolle las (503);
- overmatige doorlassing (504);
- slecht aangevloeide las (505);
- overbloezing (506);
- uitlijnigheid (507);
- uitgezakte las (509);
- onvolledige lasnaadvulling (511);
- holle doorlassing (515);

Hieronder behandelen we enkele van de hierboven genoemde onvolkomenheden.

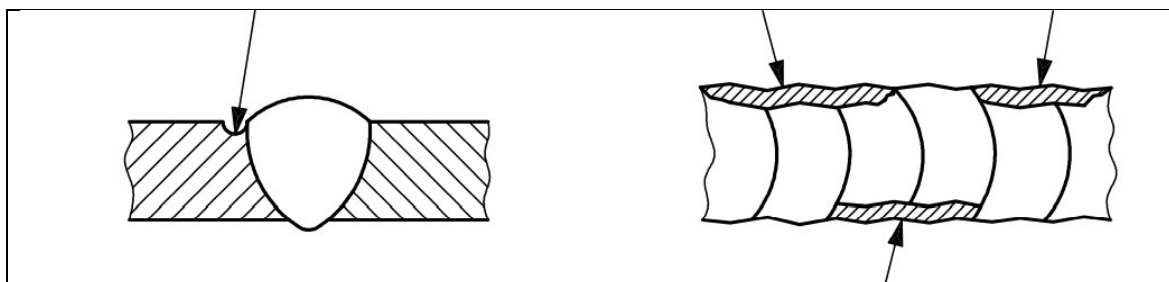
Inkartelingen (bij booglassen) (referentienummer 501)

Hierbij is er geen vloeiende overgang van het lasmetaal naar het basismetaleel. De overgang gaat gepaard met een scherpe groef. Het gevolg kan zijn dat bij hoge belastingen terplekke een te hoge spanning ontstaat waardoor scheurvorming kan optreden. Vooral bij producten die dynamisch (wisselend) worden belast is dit type onvolkomenheid niet acceptabel.

Oorzaken kunnen zijn:

- een te hoge boogspanning;
- een te grote voortloopsnelheid;
- een verkeerde stand van de toorts of de elektrode;
- een verkeerde zwaaibeweging.

De diepte van de randinkarteling kun je meten met een speciale meettool (zie figuur 2.2) en mag bij bekistlassen bij de voet en lijf max. 0,5mm zijn en is bij de kop niet toegelaten

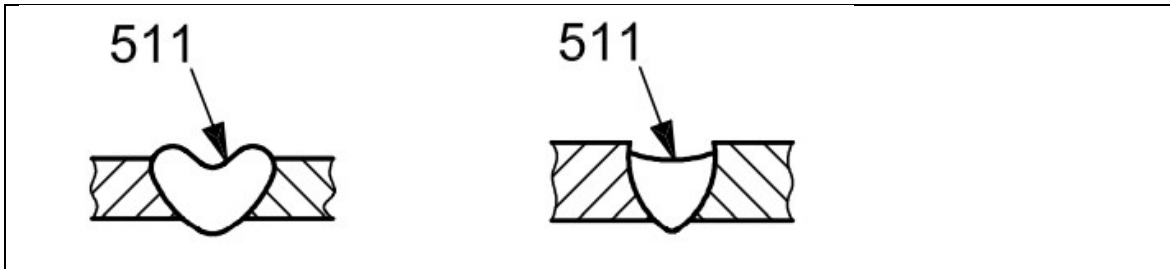


Figuur 1.72: Inkarteling (ref.nr. 501)

Overmatige doorlassing (bij booglassen) (referentienummer 504)

Dit kan het gevolg zijn van een te grote vooropening of een te lage voortloopsnelheid, een te hoge lasstroom of verkeerde diameter van het toevoegmateriaal. Een te zware doorlassing is ongunstig vanwege de scherpe overgang.

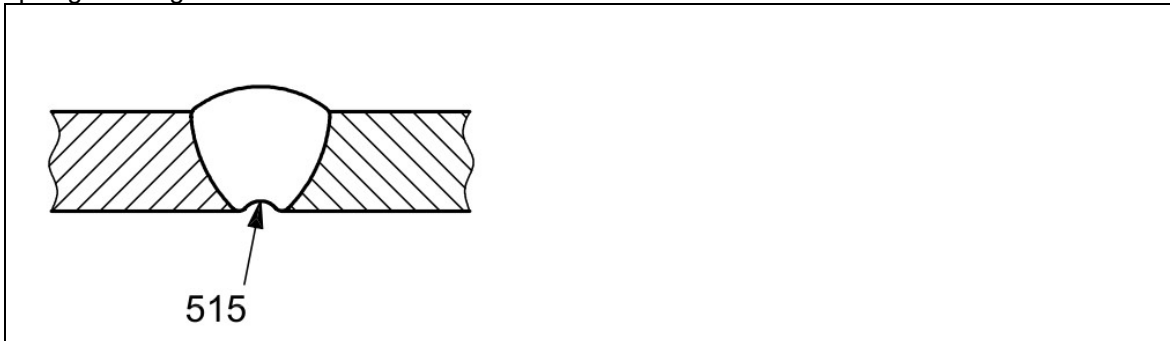
Onvoldoende lasnaadvulling (bij booglassen) (referentienummer 511)



Figuur 1.72: Onvoldoende lasnaadvulling bij een bekistlas (ref.nr. 511)

Holle doorlassing (referentienummer 515)

Een holle doorlassing wordt veroorzaakt door het krimpen van de grondlaag veroorzaakt door de opvolgende lagen.



Figuur 1.73: Holle doorlassing (ref.nr. 515)

Onvoldoende randvorming bij een thermietlas is een gevolg van beschadigde of te veel van de rand weggeschuurde vormen, dan wel onjuist geplaatste of afgedichte vormdelen. De gevolgen zijn een verlies aan overdikte, een asymmetrische lasrandvorm en kerfwerking.



Figuur 1.74: Onvoldoende randvorming bij een thermietlas

Groep 6 Overige onvolkomenheden (referentienummer 600)

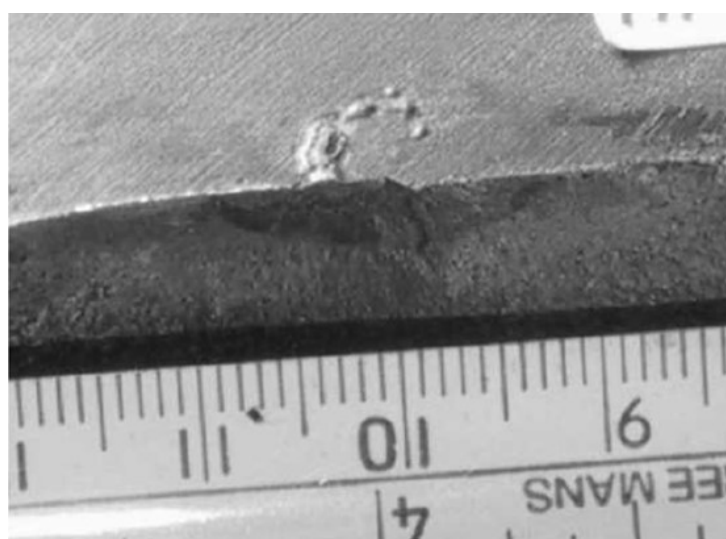
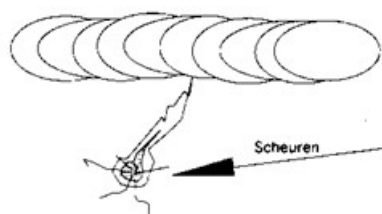
Tot deze groep van onvolkomenheden behoren:

- een ontsteekplaats buiten de lasnaad (referentienummer 601);
- lasspatten (referentienummer 602);
- slijpgroeven (referentienummer 604);
- aanloopkleuren (referentienummer 610);
- sterk geoxideerd oppervlak (referentienummer 613);

Arc strike/ontsteekplaats (bij booglassen) (referentienummer 601)

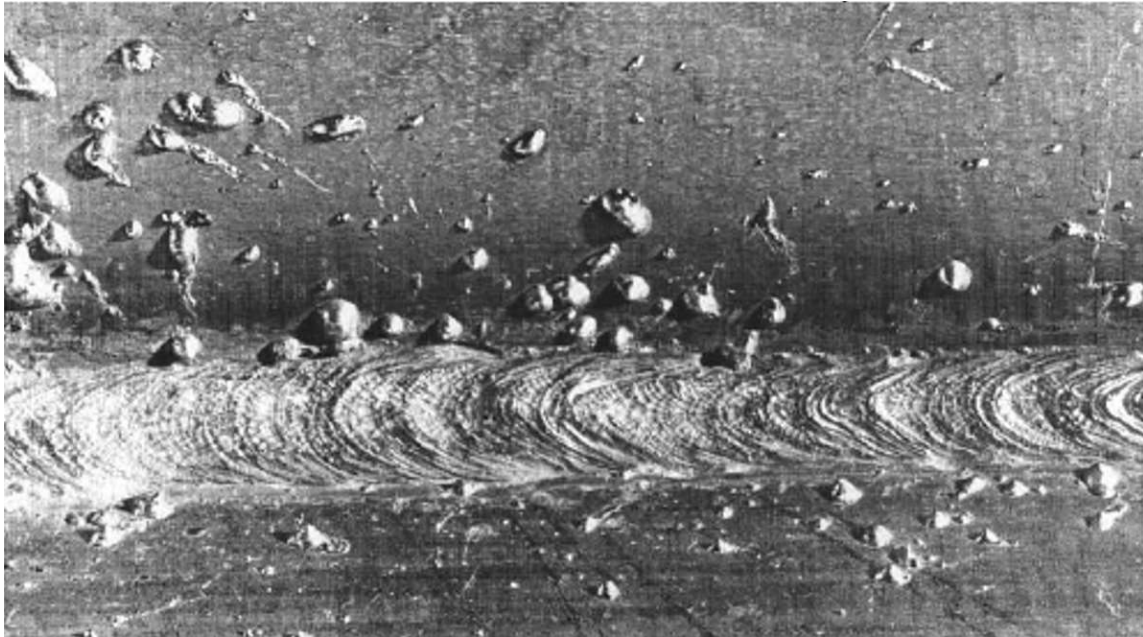
Elektrode raakt onbedoeld het basismateriaal dit kan echter ook via de aardklem gebeuren. Dit leidt tot lokale opharding en scheurvorming bij railstaal.

Arc strike of arc mark (start naast de las.)



Figuur 1.74: Arc strike/ontsteekplaats (ref.nr. 601)

Lasspatten (bij booglassen) (referentienummer 602)



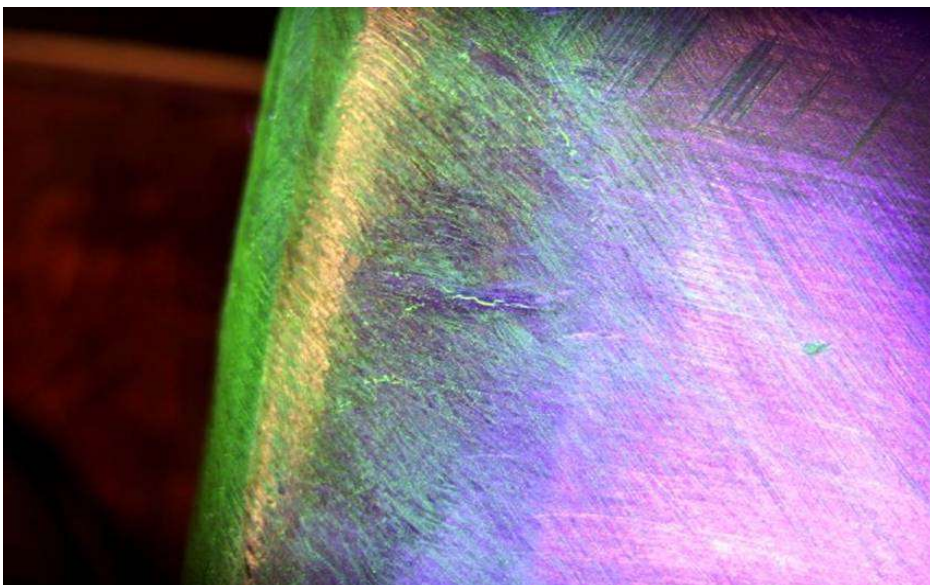
Figuur 1.75: Lasspatten (ref.nr. 602)

Aanloopkleuren (referentienummer 610)

In een aantal gevallen worden lasverbindingen geslepen. Er mogen geen aanloopkleuren aanwezig zijn ten gevolge van het fijnslijpen.



Figuur 1.76: Blauw slijpen (ref.nr. 610)



Figuur 1.77: Scheurvorming ten gevolge van blauwslijpen (ref.nr. 610)



Figuur 1.78: Beschadiging bij thermietlas ten gevolge van het afstropen

Geoxideerde/verglaasde en bolle lasrand.

Deze kan ontstaan door onjuist voorverwarmen vanwege de afstelling (te oxiderend) van de voorverwarmvlam (gasstroom/-druk), een onjuiste branderpositie of een te lange tijd, dan wel een smalle voeg.



Figuur 1.79: Geoxideerde/verglaasde en bolle lasrand bij thermietlas

Vormafwijking door onjuiste voorbocht



Figuur 1.80: Vormafwijking bij thermietlas

Vormafwijking bij een afbrandstuiklas veroorzaakt door het afschuifmes



Figuur 1.81: Afschuiffouten bij een afbrandstuiklas

Nabijheidsfouten:

Lasgieting te dicht bij lasbout. De afstand tussen een voeglas en een gat in de ziel (bijv. de gaten van een lasplaatverbinding) van de (bestaande/nieuwe) spoorstaaf moet minimaal 0,12 m zijn. De las kan hier dus op afgekeurd worden!



Figuur 1.82: Nabijheidsfouten

Flat spots in een afbrandstuiklas

Flat spots zijn lensvormige eliptische/circulair discontinuïteit veroorzaakt door het afbrandstuiklasproces. Flatspots worden zichtbaar bij de reguliere uit te voeren productietesten (breukvlak onderzoek bij het buig en breken). Flatspots ontstaan door vervuiling in de te lassen vlakken. Deze vervuiling (bijvoorbeeld silicaten) blijft aanwezig na het uitpersen van het deegachtige metaal. Flatspots aan de onderkant van de voet hebben een negatief effect op de levensduur van de las (vermoeiing), aangezien daar de meeste trekspanning ontstaat tijdens treinpassages. Flatspots kunnen worden voorkomen door te werken met schone materialen en machines.



Figuur 1.83: Flatspot in bovenkant voet



Figuur 1.84: Flatspot in onderkant voet

1.13 Oefenvragen

1. Welke elementen komen altijd voor in staal?
2. Wat zijn legeringselementen? Noem hiervan ook twee voorbeelden.
3. Noem drie elementen die als verontreiniging in staal kunnen voorkomen.
4. Wat betekenen de aanduidingen R, 350 en HT in het staal R350HT?
5. Op welke manieren is de hardheid van een railstaal te verhogen? Noem van elke methode een voorbeeld.
6. Wat kan je aflezen van het walsteken in de ziel van de spoorstaaf?
7. Wat gebeurt er met de lasbaarheid van staal als het gehalte aan koolstof hoger wordt? Kies het juiste antwoord.
 - a. De lasbaarheid wordt beter.
 - b. Koolstof heeft geen invloed op de lasbaarheid.
 - c. De lasbaarheid wordt slechter.
 - d. De las wordt minder vloeibaar.
8. Wat is het doel van perlitiseren? Kies het juiste antwoord.
 - a. Het verkrijgen van een fijne structuur.
 - b. Het vergroten van de hardheid.
 - c. Het vergroten van de treksterkte.
 - d. Zowel a, b als c zijn juist.
9. Waarvoor dient het voorverwarmen van de spoorstaaf voor het lassen?
10. Wat zijn koudscheuren en wat moet er aanwezig zijn in de las om deze te laten ontstaan?
11. Wat is de minimum lastemperatuur?
12. Noem drie beproevingsmethoden van 'destructief onderzoek' (DO).
13. Noem drie methoden van 'niet-destructief onderzoek' (NDO).
14. Waar ligt doorgaans de oorzaak van krimpscheuren of 'stolfouten' bij een thermietlas? Kies het juiste antwoord.
 - a. Het bewegen van de spoorstaven tijdens het afkoelproces;
 - b. De verkeerde lasportie;
 - c. Te lang voorverwarmen;
 - d. Zowel a, b als c zijn juist.

15. Waar ligt de oorzaak bij het booglassen voor het ontstaan van porositeit (holten)? Kies het juiste antwoord.
- een verkeerde startprocedure bij het booglassen met beklede elektrode;
 - het lassen met een te lange boog;
 - onvoldoende verwijdering van verf, vuil, vocht, roest en vet.
 - Zowel a, b als c zijn juist
16. Waar ligt de oorzaak bij het thermietlassen voor het ontstaan van 'zwarte gaten'? Kies het juiste antwoord.
- doordat er gas (waterdamp) door het gesmolten staal een uitweg naar buiten zoekt;
 - onvoldoende verwijdering roest van de spoorstaaf;
 - door spanningen in het spoor;
 - door het gebruik van steppvormen.
17. Waar ligt de oorzaak bij het thermietlassen voor het ontstaan van 'porositeit'? Kies het juiste antwoord.
- door het gebruik van natte vormdelen;
 - door te nat afdichtzand;
 - door een vochtige portie;
 - Zowel a, b als c zijn juist.
18. Waar ligt de oorzaak bij het booglassen voor het ontstaan van 'slakinsluitels'? Kies het juiste antwoord.
- een verkeerd zwaai patroon;
 - een te warme spoorstaaf;
 - door een te hoge interpass temperatuur;
 - door te vroeg fijnslijpen.
19. Waar ligt de oorzaak bij het thermietlassen het risico als er 'ingebrand zand' wordt aangetroffen in het loopvlak van de spoorstaaf? Kies het juiste antwoord.
- er is geen risico;
 - het defect kan gedurende het gebruik uitgroeien naar een scheur;
 - het fijnslijpen kan niet worden uitgevoerd;
 - er moet gelijk ultrasoon onderzoek plaatsvinden.
20. Hoe kan bij het thermietlassen een 'bindingsfout' ontstaan? Kies het juiste antwoord.
- onvoldoende voorverwarming;
 - onjuiste vlaminstelling;
 - onjuiste plaatsing voorverwarmer;
 - Zowel a, b als c zijn juist.
21. Waardoor kan bij het bekistlassen een 'bindingsfout' ontstaan? Kies het juiste antwoord.
- een te nauwe voegopening;
 - te hoog koolstofgehalte in de spoorstaaf;
 - door het doorslijpen van de spoorstaaf in plaats van snijbranden;
 - Zowel a, b als c zijn juist.

22. Waardoor kan bij het bekistlassen een 'onvolkomen doorlassing' ontstaan? Kies het juiste antwoord.
- een te smalle voegopening;
 - het verkeerd richten van de boog;
 - versleten koperen blokken;
 - Zowel a, b als c zijn juist.
23. Waardoor kan bij het booglassen een 'inkarteling' ontstaan? Kies het juiste antwoord.
- een te hoge boogspanning (booglengte);
 - het verkeerde stand van de elektrode;
 - een verkeerde zwaaibeweging;
 - Zowel a, b als c zijn juist.
24. Waar ligt bij het booglassen het risico als er 'inkarteling' wordt aangetroffen in de nabijheid van de las? Kies het juiste antwoord.
- er is geen risico;
 - door de scherpe overgang kunnen hoge belastingen terplekke optreden waardoor een te hoge spanning ontstaat waardoor scheurvorming kan optreden;
 - de las moet direct uitgenomen worden;
 - de las kan niet meer gerepareerd worden.
25. Waar ligt bij het booglassen het risico als er 'arc strikes' worden waargenomen? Kies het juiste antwoord.
- er is geen risico;
 - Dit leidt tot lokale opharding en scheurvorming bij railstaal;
 - de hele las moet direct uitgenomen worden;
 - er kan geen QI meting worden uitgevoerd.
26. Waardoor kan bij het booglassen een 'arc strikes' ontstaan? Kies het meest juiste antwoord.
- de elektrode raakt onbedoeld het basismateriaal;
 - dit kan ontstaan door slechte stroomoverdracht via het aardekabel;
 - door gebruik van oude elektrodes;
 - antwoord a en b zijn juist

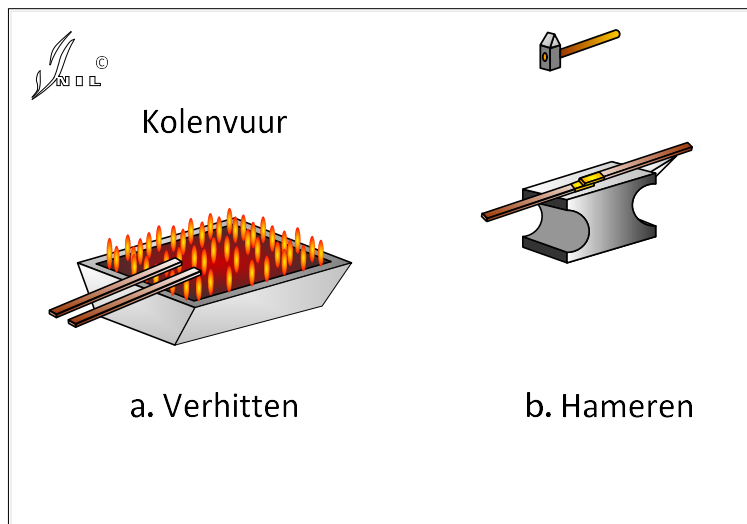
2 Las- en snijprocessen en apparatuur

Inhoud

2	Las- en snijprocessen en apparatuur	1
2.1	Lassen, vroeger en nu (INFORMATIEF).....	2
2.2	Begrippen en definities (INFORMATIEF).....	3
2.3	Indeling lasprocessen (INFORMATIEF).....	4
2.4	Enkele lasprocessen	5
2.4.1	Smeltlasprocessen	5
2.4.2	Druklasprocessen.....	10
2.5	Snijden en doorslijpen van rails.....	13
2.5.1	Mechanisch doorslijpen	13
2.5.2	Principe autogeen snijbranden.....	19
2.5.3	Het brandsnijden van een spoorstaaf (vignole rail).....	31
2.6	Lasprocessen voor in de spoorbouw.....	35
2.6.1	Inleiding bekistlassen	35
2.6.2	Bekistlasproces: booglassen met beklede elektroden	36
2.6.3	Verschillen tussen bekistlassen en normaal elektrodelassen	39
2.6.4	Behandeling en opslag van basische elektroden bij oplassen en bekistlassen.....	39
2.6.5	Twee typen bekistlassen	42
2.6.6	Type 1 las (materiaal R260Mn of R350HT)	42
2.6.7	Magnetisme	53
2.6.8	Type 2 las (materiaal R260Mn aan mangaanstaal)	56
2.6.11	Bekistlasproces: booglassen met gevulde draad zonder gasbescherming (INFORMATIEF)	58
2.6.12	Verschillen met MAG-lassen	58
2.6.13	Het maken van een voeglas met gasloos gevulde draad (INFORMATIEF)	60
2.7	Boog oplassen.....	62
2.7.1	Oplassen van spoorstaven	63
2.7.2	Oplassen van punt- en kruisstukken	69
2.7.3	Oplassen van strijkgeregels	72
2.8	Afbrandstuiklassen	73
2.8.1	Het maken van een afbrandstuiklas	76
2.8.2	Het voorkomen van defecten bij afbrandstuiklassen.....	82
2.9	Thermietlassen	87
2.15	Oefenvragen thermietlassen	110

2.1 Lassen, vroeger en nu (INFORMATIEF)

Meer dan 4000 jaar geleden werd er al gelast. Het oudste lasproces is het vuurlassen of wellen. Hierbij verhitte men twee stukken ijzer in een vuur, zodat het metaal witheet en zacht werd (deegachtig). Daarna legde men de hete, deegachtige stukken op elkaar en verbond ze aan elkaar door te hameren. In onderstaande figuur 2.1 zie je dit proces afgebeeld.



Figuur 2.1: Het oudste lasproces: vuurlassen (wellen)

Toen de elektriciteit was uitgevonden, wilde men dit gebruiken bij het lassen. Na veel proeven ontdekte De Bernados (een Rus) hoe je met een elektrische boog kon lassen. Dat gebeurde in 1887. De Bernados gebruikte een staaf die van samengeperste koolstof was gemaakt (denk aan steenkool). Deze staaf (de elektrode) verbond hij met de ene pool van een accu (een grote batterij). De andere pool van de accu verbond hij met het werkstuk. Er ontstond een boog tussen de koolstaaf en het werkstuk. Door de warmte van deze boog konden twee stukken metaal aan elkaar worden gesmolten. Dit noemde men koolbooglassen.

Een andere Rus, Slavianoff, gebruikte een metalen staaf in plaats van een koolstaaf. Zijn uitvinding zorgde dat het lassen met beklede elektroden werd ontdekt. Dit gebeurde in 1905 door de Zweed Kjellberg.

Ook het lassen zonder elektriciteit werd in die tijd ontwikkeld. Rond 1900 werd het autogeen lassen uitgevonden door Le Chatelier, een Fransman.

Het onderpoederlassen ontstond na 1935. Dit werd zowel in de Verenigde Staten van Amerika als in Rusland ontdekt. In Nederland ging men in 1938 met dit proces werken.

Na 1940 ontwikkelde men het TIG-lassen en het MIG- en MAG-lassen.

Vanaf 1945 is de ontwikkeling van nieuwe lasprocessen heel snel gegaan. Deze ontwikkeling, maar ook de technische verbeteringen aan bestaande processen, gaat nog steeds door.

2.2 Begrippen en definities (INFORMATIEF)

Zoals in elk vak zijn er in de lastechniek een aantal begrippen die typisch zijn voor het vak. Sommige begrippen zijn heel nauwkeurig omschreven, zodat iedereen weet wat er bedoeld wordt. Dat noemen we dan een definitie. We zullen nu een aantal begrippen en definities behandelen die elke lasser moet kennen.

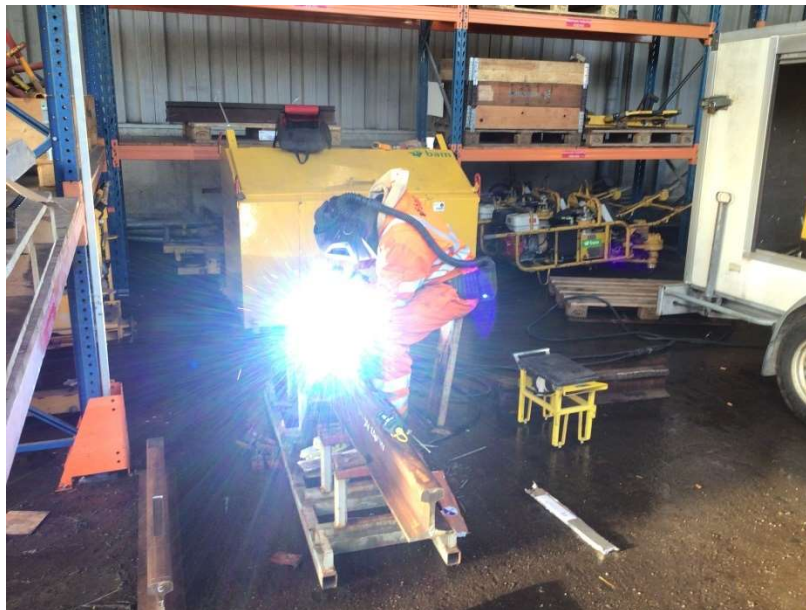
■ Lassen

Er zijn verschillende definities voor dit begrip; dit is er één van:

Lassen is het verbinden van materialen, waarbij het materiaal op de verbingsplaats in vloeibare- of deegachtige toestand wordt gebracht, terwijl al of niet materiaal van dezelfde of ongeveer dezelfde samenstelling wordt toegevoegd.

Wat betekent deze definitie nu eigenlijk? Er staan drie dingen:

- Lassen is het verbinden van materialen.
- De plek waar de materialen aan elkaar worden gelast wordt zó heet, dat die plek smelt (het materiaal wordt vloeibaar) of bijna smelt (het materiaal wordt deegachtig).
- Soms wordt er bij het lassen extra materiaal toegevoegd dat (bijna) dezelfde samenstelling heeft als het materiaal dat gelast wordt. Dit is het lastoevoegmateriaal.



■ Smeltlassen

Een definitie is:

Smeltlassen is het verbinden van materialen, waarbij de materialen op de verbingsplaats aan elkaar worden gesmolten zonder gebruik te maken van mechanische druk.

Bij het smeltlassen maakt men het metaal plaatselijk vloeibaar (smelten), en niet alleen maar deegachtig. Bovendien oefent men geen druk uit op de verbingsplaats.

■ **Druklassen**

Druklassen is het verbinden van materialen, waarbij het materiaal op de verbingsplaats in vloeibare- of deegachtige toestand wordt gebracht en waarbij druk wordt uitgeoefend om de verbinding tot stand te brengen.

Druklassen is ontstaan uit de eerste vorm van lassen, het vuurlassen of wellen. Men brengt het metaal in een deegachtige toestand. Vervolgens last men het onder druk (vroeger waren dit hamerslagen) aan elkaar.

■ **Weerstandlassen**

Weerstandlassen is een vorm van druklassen waarbij de energie die nodig is om de te verbinden materialen in vloeibare of deegachtige toestand te brengen, voortkomt uit de warmteontwikkeling van een elektrische weerstand. De elektrische weerstand, en daarmee de warmteontwikkeling, is het grootst op het contactvlak tussen de te verbindingen materialen.

2.3 Indeling lasprocessen (INFORMATIEF)

Bij het lassen worden de metalen hoog verhit en soms gesmolten. Voor het lassen is er dus (veel) warmte nodig. De warmte die nodig is voor het lassen kan op verschillende manieren worden ontwikkeld, bijvoorbeeld door elektriciteit of door een chemische reactie. In de loop van de tijd zijn er verschillende lasprocessen ontstaan. We hebben er in de eerste paragraaf al een aantal genoemd.

Indeling	Lasproces	Lasproces nummer
	Autogeen lassen	311
	Thermietlassen	71
	Booglassen met beklede elektrode	111
	Booglassen met gevulde draad zonder gasbescherming ('Innershield' lassen)	114
	Gasbooglassen met massieve draad met poeder gevulde draad (beide onder gasbescherming van actief gas)	135 136
	Onder poederdek lassen	121/122
	Afbrandstuiklassen	241/242
	Gasdruklassen	47
	Wrijvingslassen	42x

Figuur 2.2: Overzicht indeling lasprocessen (42x betekent dat er meerdere procesvarianten zijn met elk een ander laatste cijfer)

Je kunt de lasprocessen op verschillende manieren indelen. Ten eerste kun je ze verdelen in **smeltlasprocessen en druklasprocessen**.

De smeltlasprocessen kun je verder verdelen in **elektrische processen** en **processen die geen gebruik maken van elektriciteit** (bijvoorbeeld autogeen lassen). Ook de druklasprocessen kun je verder onderverdelen, maar daar gaan we nu verder niet op in.

2.4 Enkele lasprocessen

Leerdoelstellingen

Je bent in staat om:

VBE 2.2.4.1

De algemene principes en toepassingsgebieden van thermietlassen, booglassen en afbrandstuiklassen te kunnen beschrijven

In deze paragraaf geven we een korte beschrijving van een aantal lasprocessen met hun voornaamste toepassingsgebieden. Per proces is aangegeven hoe de warmte ontstaat en hoe de overgaande metaaldruppels en het smeltbad worden beschermd tegen de invloed van de buitenlucht.

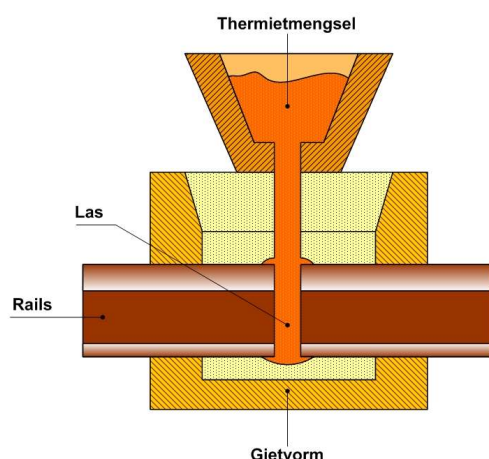
2.4.1 Smeltlasprocessen

■ Thermietlassen

Procesnummer: 71

Warmte door: chemische reactie

Bescherming door: gietvorm en reductie



Figuur 2.4: Thermietlassen

Bij het thermietlassen wordt een mengsel van ijzeroxide en aluminium in de gietkroes gebracht en ontstoken. Door de optredende reactie wordt het ijzeroxide gereduceerd tot ijzer en het aluminium oxideert. Bij deze reactie komt zoveel warmte vrij dat het proces zichzelf in stand houdt en het ijzer, zonder extra toegevoerde warmte, smelt. Het thermietlassen noemt men ook wel een exotherm proces. Het gesmolten ijzer loopt tussen de voorverwarmde delen en doet de oppervlakken smelten. Na het stollen is er een goede verbinding ontstaan.

Toepassingsgebieden

Staal: verbindinglassen voor rails in het veld en het lassen van verschillende vormen van profielen.

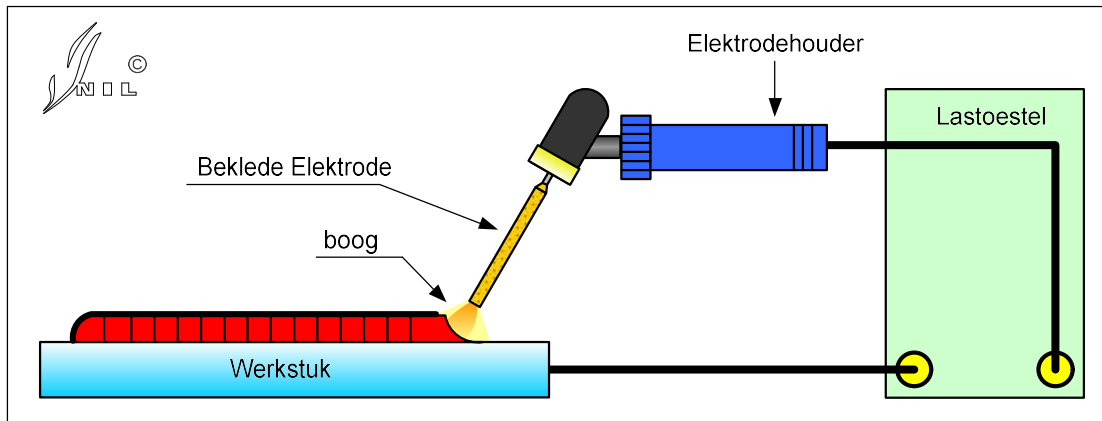
Non-ferrometalen: verbindinglassen in koperen kabels (het ijzeroxide wordt dan vervangen door koperoxide).

Booglassen met beklede elektroden

Procesnummer: 111

Warmte door: elektrische boog

Bescherming door: gas en slak (uit bekleding)



Figuur 2.5: Lassen met beklede elektrode (schematisch)

De boog wordt getrokken tussen het werkstuk en de elektrode. Door de ontwikkelde warmte smelt de elektrode af en ontstaat op het werkstuk een smeltbad. De elektroden zijn voorzien van een uitwendige bekleding. De samenstelling van de bekleding heeft een grote invloed op het lasgedrag van de elektrode en de eigenschappen van de las.

Het booglassen met beklede elektroden is nog steeds een veel toegepast lasproces.

Toepassingsgebieden

Staal: alle takken van de industrie, zowel nieuwbouw als reparatie;

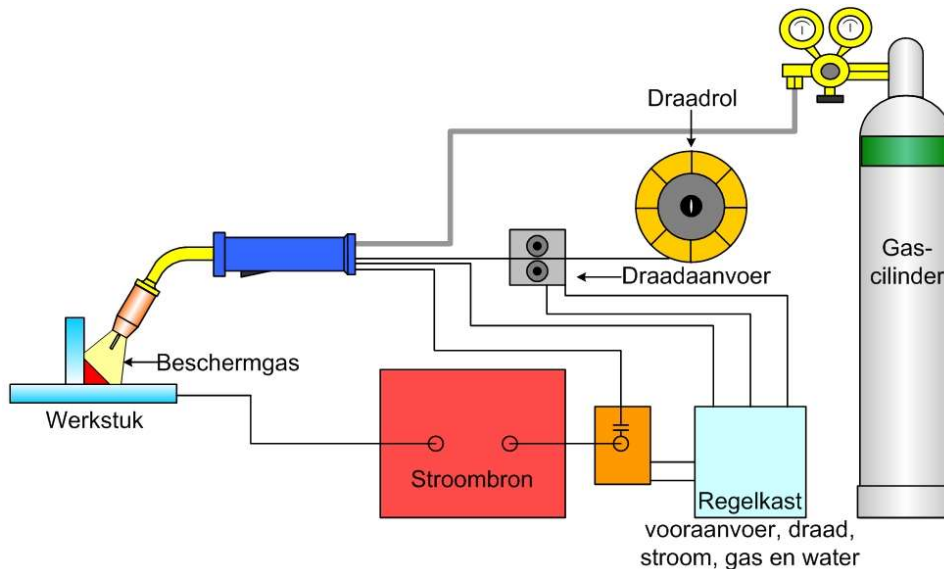
Non-ferrometalen: nikkel- en nikkellegeringen en enkele koperlegeringen.

■ **Gasbooglassen met massieve/gevulde draad onder bescherming van een actief gas**

Procesnummers: 135 (massieve draad) / 136 (poeder-gevulde draad)

Warmte door: elektrische boog

Bescherming door: gas



Figuur 2.6: Gasbooglassen met massieve of gevulde draad

Deze processen werken met een continu toegevoerde en afsmeltende lasdraad onder bescherming van een gas. Het beschermgas kan kooldioxide zijn (CO_2), of een mengsel van argon (Ar) en kooldioxide (CO_2), in een verhouding van 80/20 of 85/15. Doordat CO_2 een actief gas is (d.w.z. reageert met het smeltbad), worden desoxiderende elementen aan de lasdraad toegevoegd. De druppelovergang van de afsmeltende draad naar het smeltbad is bij deze processen afhankelijk van de lasstroom en -spanning.

Bij procesvariant 136 met de gevulde draad, ook wel Flux Cored Arc Welding (FCAW) genoemd, is de draadelektrode een holle buis waarin poeder zit. De samenstelling van het poeder kan variëren, waardoor speciale eigenschappen zijn te bereiken, maar het zorgt ook voor het afdekken van het lasbad met een beschermende slak, naast de gasbescherming.

Toepassingsgebieden

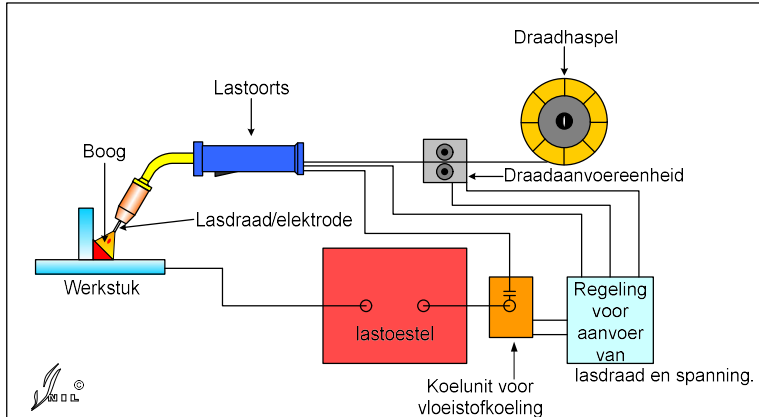
Staal / roestvast staal: staalconstructies
ketel- en apparatenbouw

■ **Booglassen met gevulde draad zonder gasbescherming ('Innershield')**

Procesnummer: 114

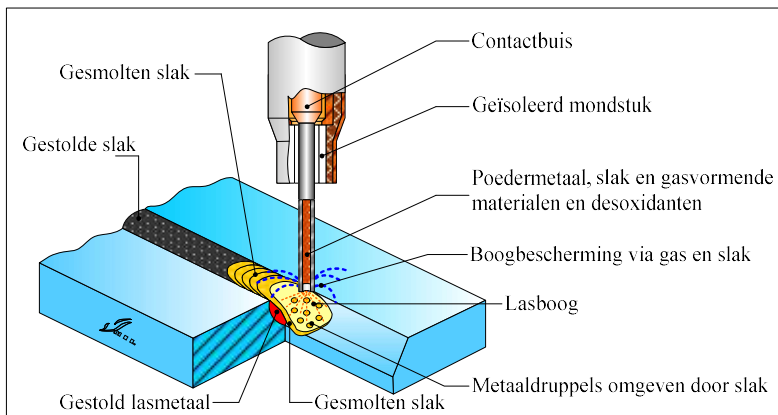
Warmte door: elektrische boog

Bescherming door: gas- en slakvormende stoffen uit de draadvulling + metaaldampen



Figuur 2.7.a: Booglassen met gevulde draad zonder gasbescherming

Dit lasproces werkt met een continu toegevoerde en afsmeltende - met poeder gevulde - lasdraad. De boog maakt de plaats waar deze op het werkstuk is gericht zeer warm; dit deel van het werkstuk smelt en wordt vloeibaar. Er ontstaat op die plaats een smeltbad. Het smeltbad en de afsmeltende draad hoeven niet tegen de omgevingslucht te worden beschermd door een via de lastoorts toegevoerd beschermgas zoals bij het gasbooglassen met massieve of gevulde draden.



Figuur 2.7.b: Schematische weergave van het lassen met gevulde draad zonder gasbescherming.

De bescherming komt hier uit de gasvormende en slakvormende stoffen uit de afsmeltende draad zelf. Desoxiderende stoffen in de draad, zoals een sterk verhoogd aluminiumgehalte, binden de zuurstof en stikstof uit de lucht. De lastoorts is lichter dan bij de eerder genoemde processen met gasbescherming en het proces leent zich uitstekend voor laswerk op locatie in de buitenlucht (zelfs nog bij windkracht 6).

Toepassingsgebieden

Staal: raillassen (verbindingslassen en reparatielassen)
 offshore
 scheepsbouw
 pijpleidingen
 bruggenbouw

■ **Onder poeder lassen (OP-lassen)**

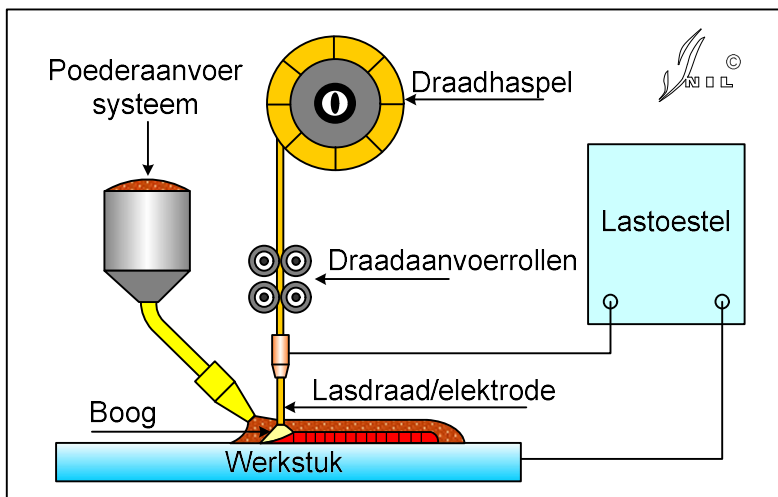
Procesnummers: 121 (OP draadelektrode) en 122 (OP bandelektrode)

Warmte door: elektrische boog

Bescherming door: slak uit de poeder

Bij dit lasproces wordt een boog getrokken tussen een enkele of meervoudig onbeklede elektrode(n) en het werkstuk, waarbij de boog geheel door het laspoeder wordt afgedekt. Doordat de stroom pas kort voor het eind van de draad wordt toegevoerd, kunnen hoge stroomsterktes worden toegepast, waardoor een diepe inbranding mogelijk is. De neersmeltsnelheid is eveneens hoog. Vanwege de hoge warmte inbreng is het, bij het lassen van railstaal, mogelijk met een gereduceerde voorverwarmtemperatuur te lassen in vergelijking met het lassen met beklede elektroden.

Er zijn diverse draad- en poedersoorten beschikbaar waardoor het proces voor een groot aantal materialen met uiteenlopende eisen toepasbaar is.



Figuur 2.8: Onder poederdek lassen

Toepassingsgebieden

Staal: verbindinglassen 'onder de hand', meestal in grotere plaatdiktes
 oplassen met draad- of bandelektroden het lasproces wordt niet toegepast bij ProRail maar wel veelvuldig bij de gemeentelijke vervoersbedrijven om de zijdelingse slijtage aan de spoorstaaf weer op te lassen met mobiele rail gebonden onderpoedertractoren.

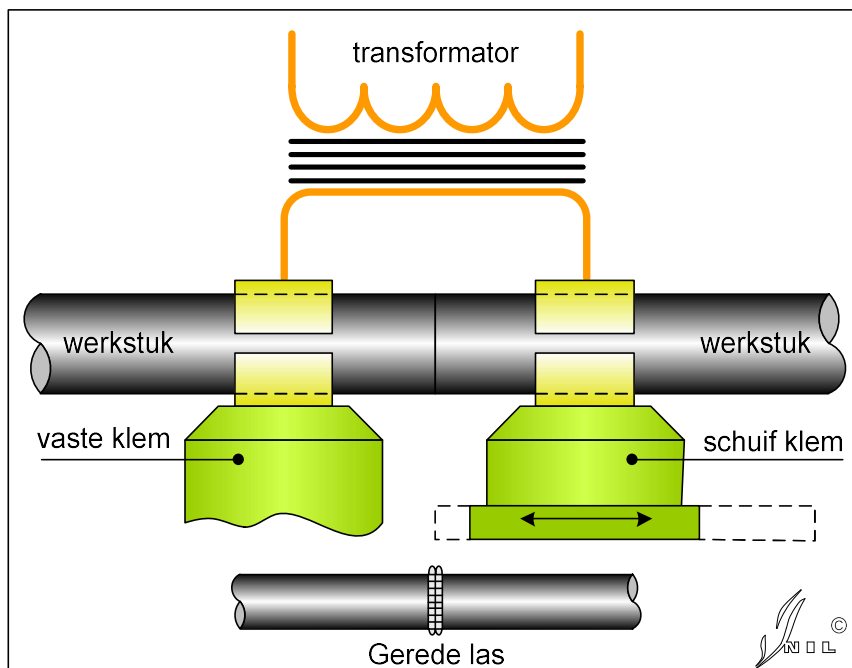
2.4.2 Druklasprocessen

■ Afbrandstuiklassen

Procesnummers: 241 (met voorverwarmen); 242 (zonder voorverwarmen)

Warmte door: elektrische boog

Bescherming door: metaaldamp van het afbrandende materiaal



Figuur 2.9: Afbrandstuiklassen

Bij het afbrandstuiklassen worden na het inschakelen van de stroom de werkstukken afwisselend naar elkaar toe gebracht en van elkaar af bewogen. Er ontstaan daardoor elektrische bogen tussen de beide oppervlakken. Als deze vlakken deegachtig of vloeibaar zijn geworden, worden de werkstukdelen met kracht op elkaar gedrukt.

Toepassingsgebied

Staal: het stomp aan elkaar lassen van (spoor)staven en profielen

■ **Gasdruklassen**

Procesnummer: 47
Warmte door: autogene gasvlam
Bescherming door: reducerende vlaminstelling



Figuur 2.10: Gasdruklassen

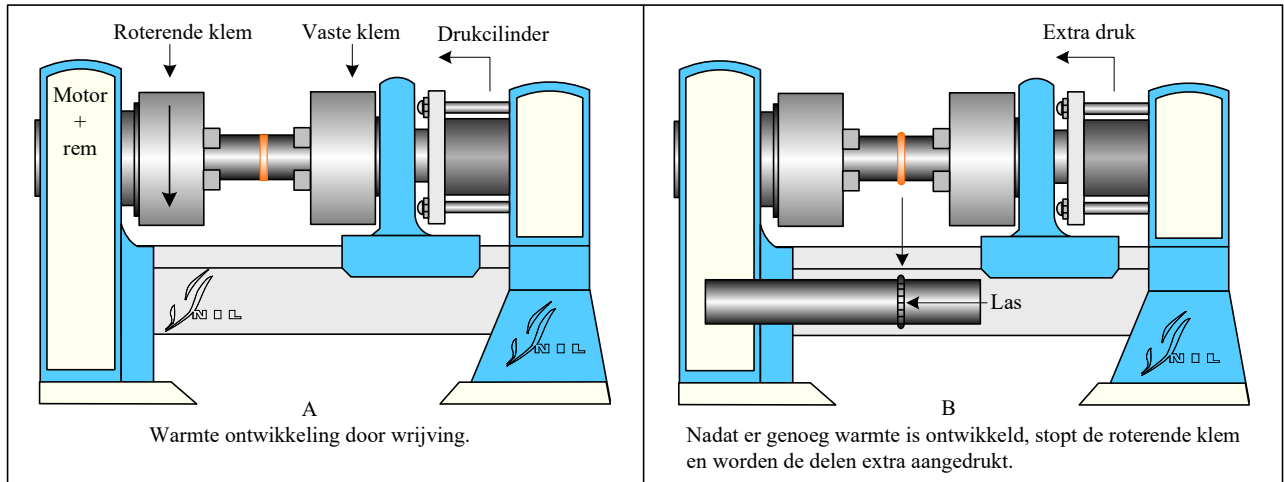
Bij dit lasproces worden de beide te verbinden delen, na het vlakslijpen van de uiteinden, gelijkmatig verhit met de gasvlam. De vlakken worden - evenals bij het afbrandstuiklassen – deegachtig, waarna beide delen met kracht op elkaar worden gedrukt en de verbinding tot stand komt. Het uitstulpende deel wordt vervolgens afgeschoven. Het lasproces wordt veelvuldig in China en Japan toegepast.

Toepassingsgebied

Staal: het stomp aan elkaar lassen van (spoor)staven en profielen

■ **Wrijvingslassen**

Procesnummer: 42
 Warmte door: wrijving
 Bescherming door: geen



Figuur 2.11: Wrijvingslassen

Bij het wrijvingslassen wordt warmte ontwikkeld door wrijving en druk. Eén van de te verbinden delen draait snel rond en wordt tegen het andere deel aangedrukt. Door de wrijving stijgt de temperatuur van de metaaloppervlakken tot dichtbij het smeltpunt. Als de temperatuur voldoende hoog is, wordt het draaien gestopt en worden de delen extra aangedrukt. Door diffusie op de verweekte raakvlakken komt de verbinding tot stand. Op de lasplaats wordt materiaal naar buiten weggedrukt.

Toepassingsgebieden

Staal: auto-industrie o.a. kleppen op klepschotels, schokbrekers en stuurstangen; gereedschappen (boren, beitels).
 Non-ferro metalen: elektrische contacten (koper en aluminium).

2.5 Snijden en doorslijpen van rails

Leerdoelstellingen (2.5)

Je bent in staat om:

VBE 2.2.5.1BK/T/A

De principes en uitvoering van de processen doorslijpen en brandsnijden en de daarbij horende veiligheidsmaatregelen te kunnen beschrijven

VBE 2.2.5.2BK/T/A

De principes, beperkingen en verschillen tussen brandsnijden en doorslijpen te kunnen uitleggen

VBE 2.2.5.3BK/T/A

De apparatuur op technische juistheid te beoordelen

VBE 2.2.5.4BK/T/A

Veilig en juist gebruik van doorslijp- en snijapparatuur

VBE 2.2.5.5BK/T/A

De voornaamste activiteiten voor scheiden van spoorstaven te kunnen aangeven

Zowel in de spoornieuwbouw als in de reparatie van sporen wordt slechts een beperkt aantal las- en snijprocessen toegepast. Deels komt dit doordat de te gebruiken processen en materialen moeten zijn toegelaten door de beheerder / eigenaar van het betreffende spoor, maar deels ook door de geometrie en de materiaalsamenstelling van de spoorstaven en de wissels in het spoor. Dit geldt voor vrijwel alle typen sporen, dus niet alleen voor sporen van ProRail, maar ook voor sporen van gemeentelijke vervoersmaatschappijen zoals tram en metro, en voor kraanbanen en industriële sporen.

In Nederland worden de volgende snijprocessen voor sporen toegepast:

- mechanisch doorslijpen met de doorslijpschijf;
- autogeen snijbranden met de vlam.

Beide snijprocessen worden besproken. Daarna wordt het brandsnijden van een spoorstaaf stap voor stap behandeld.

2.5.1 Mechanisch doorslijpen

Het doorslijpen is een mechanisch proces waarbij de spoorstaaf wordt gescheiden door verspaning. Verspanen is het snijden van kleine stukjes metaal en deze stukjes metaal noemen we spanen. Het grote verschil tussen autogeen snijbranden en doorslijpen is dat bij het verspanen het grootste deel van de ontwikkelde warmte in de spanen (de slijpspetters) blijft, die vervolgens uit de voeg worden geslingerd. Hierdoor warmen de spoorstaafeinden niet of nauwelijks op en is er geen sprake van een zogenaamde 'warmte-beïnvloede zone'. Dit in tegenstelling tot het autogeen snijbranden, waarbij de ontwikkelde warmte grotendeels in de spoorstaafeinden achterblijft en het materiaal wel degelijk beïnvloedt, zoals we later zullen zien. Bovendien is de voeg bij het doorslijpen ten opzichte van snijbranden veel schoner, vlakker en vaak beter haaks. Dit is een voordeel als de voeg moet worden gelast, maar ook als er andere verbindingen zoals isolatielassen (lijmassen) gemaakt moeten worden.

Veiligheid bij het doorslijpen

Het doorslijpen van spoorstaven of wisseldelen, vaak toegepast als voorbereiding op het lasproces of om spoorstaven in te korten of uit te nemen, kan een gevaarlijke bezigheid zijn. Het is dus van groot belang dat je de apparatuur goed kent en alle veiligheidsvoorschriften in acht neemt. Er zijn verschillende speciale apparaten op de markt, uitgevoerd met een elektrische of een verbrandingsmotor. **Als voorbeeld** gaan we in op verschillende veiligheidsaspecten bij de uitvoering met een verbrandingsmotor zoals weergegeven in figuur 2.12.

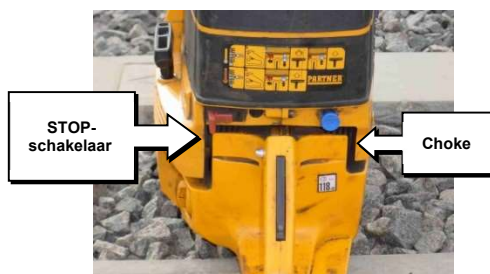


Figuur 2.12

■ Het controleren van de machine

Allereerst bekijken en controleren we de machine zelf :

- Controleer of de machine is voorzien van een sticker met daarop een onderhoudsdatum.
- Bekijk of er op het eerste gezicht losse of beschadigde onderdelen zijn.
- Controleer de staat van de cardanas, de borgbout en de flenzen.
- Zorg dat je de plaats van alle schakelaars kent.
- Controleer of alle schakelaars naar behoren werken.



Figuur 2.13

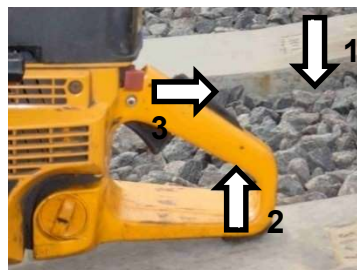


Figuur 2.14

- De decompressieknop dient om de slijpmachine tijdens het opstarten vrij te laten draaien; druk de knop in om deze te activeren.
- Controleer de staat van het trekkoord; dit moet ongeveer 1 meter lang zijn, mag niet zijn gerafeld en moet na te zijn uitgetrokken helemaal naar de uitgangspositie terugkeren.



Figuur 2.15



Figuur 2.16

- Druk achtereenvolgens de bovenste hendel (1) in, de onderste hendel (2) omhoog en vergrendel alles met de knop aan de zijkant (3).
- Controleer of de juiste en voldoende brandstof in de tank zit; standaard 25 : 1 mengsel. Bedenk dat roken en open vuur hierbij verboden zijn!
- Controleer of de steunarm op de machine past.



Figuur 2.17

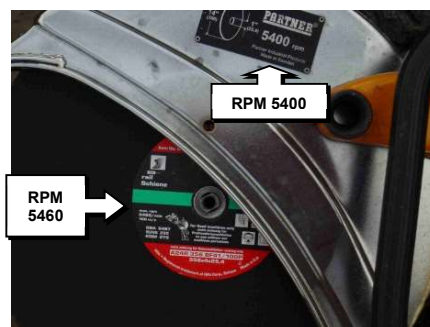


Figuur 2.18

- Controleer de maat van de flenzen; deze moeten rondom vlak zijn en een grootte hebben van tenminste 1/3 van de diameter van de slijpschijf. Controleer ook of de flenzen bij elkaar passen.
- Controleer de snelheid van de machine; de maximale snelheid van de schijf moet hoger zijn dan die van de machine.



Figuur 2.19



Figuur 2.20

■ Het controleren en aanbrengen van de slijpschijf

- Breng altijd een slijpschijf aan met een geldige vervaldatum breng nooit een gebruikte slijpschijf aan!
- Controleer de slijpschijf op mogelijke beschadigingen (uitgebrokkeld /scheurtjes / aangetast door vocht).
- Controleer de staat van de schijf en de pakkingsringen. De pakking dient minimaal van dezelfde grootte te zijn als de schijf. Als de pakkingen in slechte staat zijn mag je de schijf niet gebruiken.



Figuur 2.21



Figuur 2.22

- Plaats de pakkingsring en vervolgens schijf op de aangebrachte flens.
- Zorg dat de staalzijde bij het aanbrengen naar onderen is gericht en past op de naaf.
- Controleer of de schijf vrij, maar niet los draait.
- Plaats de tweede pakkingsring en de tweede flens op de schijf.
- Controleer of alles goed geplaatst is.
- Breng de borgmoer aan en draai deze vast met de juiste maat moersleutel.



Figuur 2.23



Figuur 2.24



Figuur 2.25

■ Het doorslijpen

Nu de slijpschijf is aangebracht kan begonnen worden met het doorslijpen van de spoorstaaf, nadat gemarkeerd is waar de spoorstaaf is door te slijpen. Dat gaat als volgt:

- Markeer de snijplaats op de spoorstaafkop.
- Breng de schijfklem aan met een klemhulp die op de spoorstaaf wordt aangebracht.
- Haal de klemhulp vóór het snijden weer weg.



Figuur 2.26



Figuur 2.27



Figuur 2.28

- Breng de doorslijper aan; zorg dat hierbij de schijf de spoorstaaf niet raakt en beschadigt.
- Start de machine om door te slijpen:
 - Open de gashendel en vergrendel deze.
 - Druk de bovenste hendel in.
 - Trek de onderste hendel omhoog.
 - Duw de knop aan de zijkant in om de hendels te vergrendelen.
 - Ontgrendel de machine door de decompressieknop in te drukken.
 - Gebruik de choke als de motor koud is en controleer of de schakelaar AAN staat.
 - Trek stevig aan het startkoord, laat de greep niet los en laat het startkoord langzaam teruglopen om op te rollen.
- Laat de choke aanstaan tot de motor start, schakel de choke dan uit. De choke blijft uit, ook als de motor afslaat.

- De machine is nu gereed om te gaan slijpen. Maar voordat je hiermee begint moet je de volgende handeling uitvoeren:
 - Het motortoerental moet van stationair tot vol vermogen worden gebracht. Laat de machine eerste enige tijd 'los' draaien.
- Nu kun je gaan slijpen:
 - Houd de machine op vol vermogen (vol gas).
 - Breng de slijpschijf in contact met de spoorstaafkop aan de binnenzijde.
 - Maak een licht zagende beweging met de machine tijdens het snijden van de spoorstaaf.

Wat voor gevaren zie je in onderstaande afbeeldingen met betrekking tot het gebruik van de PBM's?



Figuur 2.29



Figuur 2.30

- Als de spoorstaaf geheel is doorgeslepen, moet je de machine op de volgende manier uitzetten:
 - Haal de schijf weg bij de snede.
 - Neem gas terug totdat de motor stationair draait.
 - Druk dan de STOP-knop in en de machine is uitgeschakeld.
- De doorgesneden spoorstaaf moet je tenslotte controleren:
 - Verwijder de machine van de spoorstaafklem.
 - Verwijder de spoorstaafklem van de spoorstaaf.
 - Controleer of de spoorstaafeinden loodrecht en haaks zijn; de tolerantie is ± 2 mm.
 - Verwijder vervolgens eventuele bramen met een vijl.



Figuur 2.31

Opmerking: Bij werkzaamheden waar de spoorstaaf temperatuur hoger is dan de neutraaltemperatuur, kan het voorkomen dat de drukspanningen in de spoorstaaf zo hoog zijn dat bij het doorslijpen de schijf vastloopt. In die gevallen zal alsnog autogeen gesneden moeten worden (zie hiervoor § 2.5.3).

Veiligheidsmaatregelen

Buiten de normale veiligheidsmaatregelen moet bij het doorslijpen ook nog gelet worden op de volgende punten:

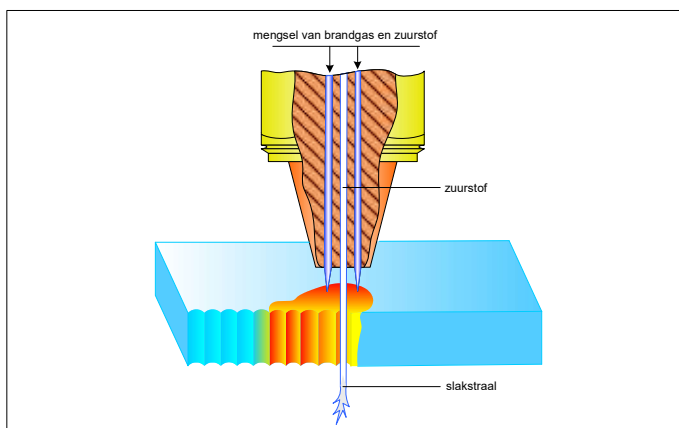
- Slijp niet over de volle bovenkant van de spoorstaaf, want dit leidt tot een vonkenregen op kniehoogte. Let daarom ook op de stand van de benen!
- Pas de beschermkap aan om de vonken tegen te houden.
- Laat de machine niet draaien op te lage of te hoge toerentallen.
- Gebruik de volgende persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM's):
 - laarzen;
 - veiligheidsbril of slijpkap;
 - vlamwerende overall;
 - oorbeschermers;
 - anti-trilhandschoenen;
 - ademhalingsmasker (indien vereist).



Figuur 2.32

2.5.2 Principe autogeen snijbranden

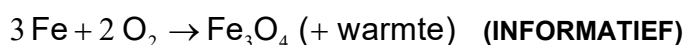
Het snijbrandproces of brandsnijden wordt gebruikt om metalen van elkaar te scheiden en is gebaseerd op de eigenschap van zuurstof om metalen te verbranden.



Figuur 2.33: Autogeen snijbranden

Hierbij wordt het materiaal plaatselijk verhit tot ongeveer 1150°C (de ontstekings temperatuur van ongelegeerd staal) welke dus lager is dan de smelttemperatuur circa 1500°C, waarna er zuivere zuurstof op 'gespoten' wordt. Het materiaal moet dus worden voorverwarmd totdat het op de gewenste ontstekings temperatuur is gekomen.

Het ijzer verbrandt vervolgens spontaan volgens de volgende vergelijking:



Het brandsnijden en specifiek de reactie tussen de zuurstofstraal en het basismateriaal, is een exotherm proces waarbij de benodigde warmte vrijkomt. Het snijbrandproces kan dan ook alleen maar in stand worden gehouden zolang de zuurstofstraal aanwezig is. Het gevormde ijzeroxide vormt een dun vloeibare slak die zich gemakkelijk uit de snijvoeg laat blazen.

Theoretisch is er 265 liter zuurstof nodig om 1 kg ijzer volledig te verbranden.

In werkelijkheid is er ongeveer 30 % minder nodig. Dit komt omdat een deel van het ijzer wel wordt gesmolten en door de zuurstofstraal uit de snede wordt gespoten, maar niet volledig verbrandt.



Figuur 2.33a: Snijden met een snijbeugel

Het brandbare gas dat bij het brandsnijden wordt gebruikt en tot taak heeft om het materiaal voor te warmen, heeft als enige eis dat het tot een vereiste ontstekings temperatuur van 1150 °C kan komen. Daarom zijn vrijwel alle gangbare brandbare gassen zoals aardgas, propaan en acetyleen geschikt, mits de juiste branders worden toegepast. In het spoor wordt propaan het meest gebruikt.

LET OP: Acetyleen is niet toegelaten in ProRail spoor zodat alle stof hieromtrent volledig als informatief beschouwd kan worden.

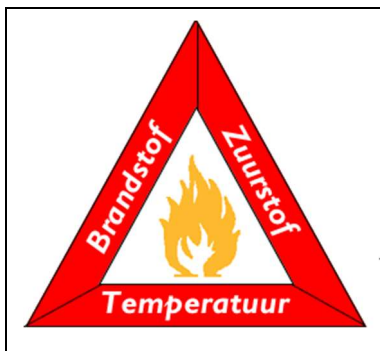
Via het snijbrandproces kunnen stukken metaal (stukken rail) worden ingekort of ter vervanging uitgenomen worden. Brandsnijden wordt onder andere gebruikt bij het slopen, samenstellen en/of repareren van railtrajecten en voor het maken van een voeg van sommige railstaalsoorten. In het laatste geval dient er altijd een snijbeugel toegepast te worden om de haaksheid van de snede te garanderen. Ook doorslijpen heeft dit doel; alleen maakt deze methode geen gebruik van een chemische reactie, maar (zoals eerder in dit hoofdstuk aangegeven), vindt afkorting of uitnemen plaats op mechanische wijze.

Verbranding (algemeen)

Zowel bij het verhitten als bij het snijden van staal is warmte nodig. Deze kan onder andere verkregen worden door verbranding van een brandbaar gasmengsel met zuurstof in een speciaal voor dit doel geconstrueerde brander. Enkele bekende brandbare gasmengsels die worden toegepast zijn: propaan en zuurstof of acetyleen en zuurstof, waarbij een ontsteking voor het starten van de verbranding zorgt.

Voor verbranding moeten altijd drie bestanddelen aanwezig zijn:

1. brandstof;
2. zuurstof;
3. ontstekingstemperatuur.



Figuur 2.33b Branddriehoek

Verbranding (met lucht)

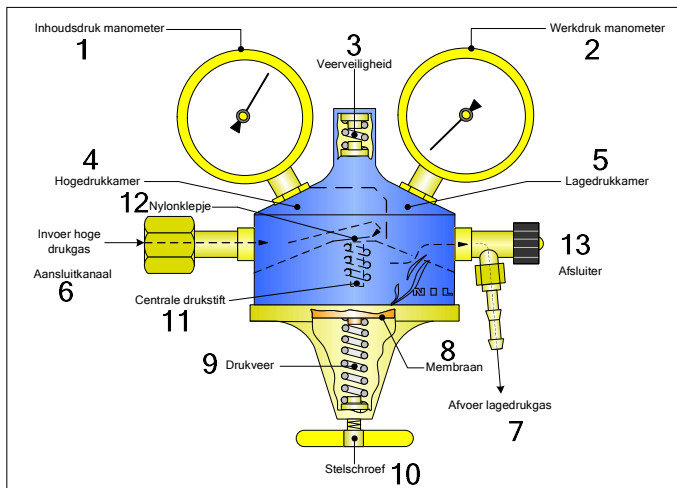
Bij verbranding van brandbare stoffen (papier, hout, steenkool, olie, vet, gas enzovoort) in de lucht, heeft alleen de zuurstof in de lucht een werkzaam aandeel. Verbranding is immers de verbinding van een brandbare stof met zuurstof. Lucht bestaat voor slechts 21% uit zuurstof en voor 78% uit stikstof. Bij verbranding in de lucht neemt deze grote hoeveelheid stikstof dus niet deel aan de verbranding. Integendeel, de stikstof belet de zuurstof om zich snel aan de brandbare stof te binden! De stikstofdeeltjes staan de zuurstofdeeltjes als het ware telkens weer in de weg. Het gevolg is, dat de verbranding trager verloopt.

Daarbij komt nog het volgende: is de vertraagde verbranding van het gas met zuurstof uit de lucht een feit geworden, dan gaat een gedeelte van de daarbij ontstane warmte verloren aan de verwarming van de nu eenmaal aanwezige stikstof. Stikstof in de lucht is dus in dit opzicht een ballaststof die de verbranding vertraagt en ook nog warmte opslokt door zich te laten verwarmen.

Het gevolg hiervan is, dat de verbrandingstemperatuur niet zo hoog is als zij zou kunnen zijn, maar belangrijk lager. Conclusie: schoon werken en verbranden met zuurstof geeft het beste resultaat.

Principe en werking snijbrander

Bij het brandsnijden maken we gebruik van een snijbrander, die aangesloten is op twee cilinders, één gevuld met zuurstof en één met acetyleen of propaan. Op de cilinders is een zogenaamd reduceerventiel aangebracht, omdat de hoge druk waarmee de gassen uit de cilinder komen veel te hoog is om mee te kunnen werken. Deze druk moet verlaagd (gereduceerd) worden tot de werkdruk.



Figuur 2.34a: Doorsnede reduceerventiel

Het reduceerventiel heeft twee taken:

1. Het moet de hoge druk uit de cilinders verlagen tot de werkdruk die de brander vraagt.
2. Het ventiel moet de eenmaal ingestelde werkdruk constant te houden, ook al neemt de druk in de cilinder geleidelijk af.

Er zijn verschillende reduceerventielen in de handel, maar het principe en de constructie komen met elkaar overeen (zie figuur 2.34a). Het reduceerventiel bestaat uit een huis waar aan de ene zijde de gastoevoer uit de cilinder is aangesloten en aan de andere zijde het gereduceerde gas naar de branderhouder wordt afgevoerd. Het reduceerventiel bestaat uit twee kamers: de hogedrukkamer (4) en de lagedrukkamer (5). Beide kamers worden van elkaar gescheiden door een klep (12) die onder veerspanning tegen zijn zitting wordt aangedrukt. De hogedrukkamer wordt, afhankelijk van het soort gas, door middel van een aansluitmoer of klembeugel op de leiding bevestigd. Er zijn ook reduceerventielen welke integraal deel uitmaken van de gasfles (zie figuur 2.34b)



Figuur 2.34b: Geïntegreerd reduceerventiel

Bij het openen van de afsluiter stroomt het gas onder hoge druk in de hogedrukkamer. Deze druk wordt gemeten door de hogedrukmanometer (1). In de lagedrukkamer (5) bevindt zich een membraan (8) dat aan de bovenzijde is verbonden met de klep naar de hogedrukkamer en aan de onderzijde met de veer van de stelschroef (10). Met de stelschroef kan een veerdruk onder het membraan worden ingesteld. Door de stelschroef in te draaien, wordt respectievelijk via de drukveer, membraan en drukstift een druk naar boven uitgeoefend op het nylonklepje. De klep komt hierdoor iets vrij van de zitting, waardoor het gas vanuit de hogedrukkamer naar de lagedrukkamer kan stromen. De klep blijft geopend totdat de druk in de lagedrukkamer boven het membraan sterk genoeg is om het membraan tegen de veerdruk van de instelschroef in, naar onderen te drukken. Het membraan trekt hiermee de drukstift omlaag, waardoor het nylonklepje de hogedrukkamer weer afsluit. De druk in de lagedrukkamer is af te lezen op de lage drukmanometer.

Door het verdraaien van de instelschroef kan de gewenste druk in de lagedrukkamer worden verkregen. Bij afname van het gas uit de lagedrukkamer zal de druk op het membraan afnemen waardoor het membraan onder invloed van de veer van de instelschroef omhoog komt en de klep dichtgaat. De druk in de lagedrukkamer wordt op deze wijze op de ingestelde waarde gehouden. Boven in het reduceerventiel bevindt zich een veiligheidsveer (3) die een open verbinding met de lagedrukkamer heeft. Hierdoor functioneert hij als een soort ontlastklep die, zodra de druk in de lagedrukkamer te hoog wordt, (deze waarde is ingesteld) gas afblaast. Het reduceerventiel is bij sommige typen aan de lagedrukkamer af te sluiten via een ingebouwde afsluiter (13).

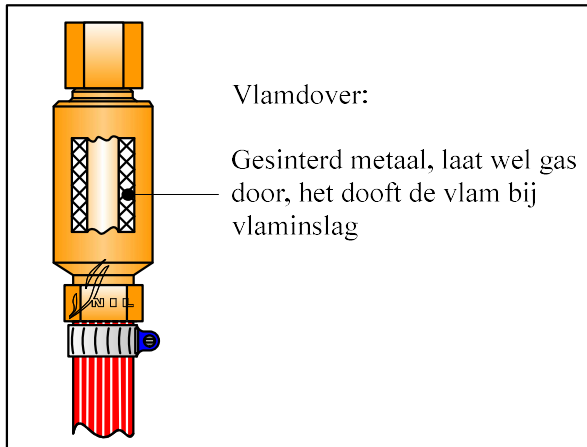
De reduceertoestellen zijn om veiligheidsredenen voor de verschillende gassen voorzien van verschillende aansluitingen. Gebruik daarom nooit verloopstukken om de schroefdraad 'passend' te maken !

Na de werkzaamheden moet je eerst de cilinderafsluiter dichtdraaien, vervolgens het reduceertoestel drukloos maken en het membraan daarmee ontlasten door de stelschroef (10) uit te draaien. Voor de veiligheid en voor de levensduur van het membraan en het reduceertoestel is dit van belang. Bij een volgend gebruik is de werkdruk dan weer opnieuw in te stellen.

Vlamdover

Onder bepaalde omstandigheden kan de vlam de snijbrander in slaan. We spreken dan van vlaminslag. Veel gevaarlijker wordt het als er sprake is van vlamterugslag: het brandende gasmengsel dringt dan het afvoerkanaal van het lagedrukgas (figuur 2.34, nr. 7) binnen en zou zelfs via het reduceerventiel in de (brander)gascilinder terecht kunnen komen.

Om te verhinderen dat de vlamterugslag tot de cilinder doordringt, wordt er tussen het reduceerventiel en de branderhouder een vlamdover geplaatst. Zie figuur 2.35.



Figuur 2.35: Doorsnede vlamdover

De vlamdover bestaat uit een huis met daarin een aansluitnippel waarin fijne gaatjes geboord zijn. Om de aansluitnippel bevindt zich een poreus lichaam van gesinterd metaal met vele kleine poriën. Dit is een materiaal dat wel gas doorlaat maar dat de vlam smoort. Dit komt doordat de vlam zich moet verdelen over vele kleine gaatjes van het element. De vlam koelt daardoor af tot beneden zijn ontstekingstemperatuur en dooft.

Een vlamdover moet bij acetyleen volgens de voorschriften van de Arbeidsinspectie altijd geplaatst zijn tussen de (snij)branderhouder en de gascilinder of het aftappunt van de gastoevoerleiding. Meestal zijn de vlamdovers direct aan het reduceerventiel gekoppeld. Het plaatsen ervan bij de zuurstofaanvoer is overbodig en wordt niet toegepast.

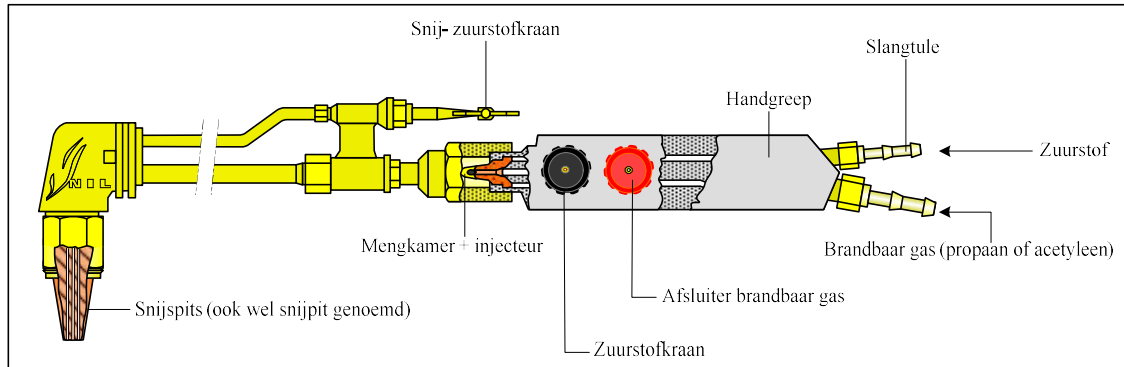
Veiligheden mogen alleen geïnstalleerd worden voor een gassoort waarvoor ze zijn bestemd. De gespecificeerde druk en afname mogen niet overschreden worden. Na een vlamterugslag, maar ook bij periodiek onderhoud moet de gebruiker de werking en de dichtheid van de vlamdover laten controleren. Wanneer de thermische zekering voor het afsluiten van de gastoevoer heeft gefunctioneerd moet de veiligheid worden vervangen.

Vanwege de grote afname van propaan en zuurstof bij het voorverwarmen functioneert een vlamdover niet. Een oplossing is het plaatsen van een speciale terugslagklep, omdat deze een grotere gasroom aankan.

Snijbrander

Bij een snijbrander zorgt de zuurstofstroming ervoor dat het (brander)gas wordt aangezogen en dat in de mengkamer een brandbaar mengsel gevormd kan worden. Dit mengsel verlaat het mondstuk waardoor er een geconcentreerde vlam (voorverwarmvlam) ontstaat.

Behalve het verzorgen van de voorverwarmvlam wordt er in de snijbrander een snij-zuurstofstraal gevormd. Deze snij-zuurstofstraal moet het metaal verbranden en het verbrande metaal wegblazen.



Figuur 2.36: Doorsnede snijbrander

De snijbrander wordt op de branderhouder bevestigd door middel van de wartelmoer. Door de versnelling van de zuurstof ontstaat onderdruk (venturi-werking), waardoor het brandbare gas wordt aangezogen. De juiste mengverhouding wordt in de mengkamer geregeld en kan door de afsluitkranen bijgesteld worden.

Het gasmengsel stroomt via de gasbuis naar de kop van de brander. Bij het verlaten van de kop kan het brandbaar gasmengsel worden aangestoken om dan als voorverwarmvlam ervoor te zorgen dat het metaal plaatselijk op ontstekings temperatuur komt.

De zuurstof(stroming) heeft dus eigenlijk drie taken:

1. het aanzuigen van het (brandbare gas);
2. het met propaan vormen van een brandbaar mengsel;
3. het vormen van een snijstraal.

De zuurstofaanvoer voor deze snij-zuurstofstraal wordt geregeld door een extra afsluitkraan in het kraanhuis van de snijbrander. Na het passeren van deze afsluitkraan gaat de zuurstof door een afzonderlijke buis naar de snijpiti die zich binnen in de branderkop bevindt. Nadat de zuurstofstraal de snijpiti heeft verlaten, zal deze het metaal dat door de voorverwarmvlam op ontstekings temperatuur is gebracht, verbranden en wegblazen. De aanvoer van de zuurstofstraal kan met de snij-zuurstofkraan geheel worden geopend en gesloten.

Afhankelijk van de dikte van het te snijden metaal, moet de juiste snijpiti met hierbij behorende snijpiti op de branderkop gemonteerd worden. Ook hier is van toepassing: hoe dikker het te bewerken metaal, hoe groter de opening in de branderkop en de snijpiti moet zijn.

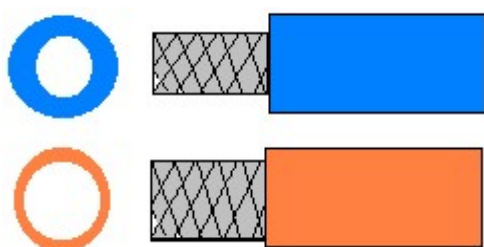
Slangen

De slangen dienen om het gas en de zuurstof te transporteren van de cilinder of het aftappunt, naar de branderhouder die zich bij het werkstuk bevindt. Door de slangen is de branderhouder goed in alle richtingen te bewegen.

De slangen moeten voldoen aan de Europese norm NEN EN ISO 3821 en hebben in verband met de herkenbaarheid van het te transporteren brandbare gas en zuurstof een kleur gekregen.

De zuurstofslang is blauw van kleur en heeft een inwendige diameter van 6 mm, de gas slang heeft een rode of oranje kleur en een diameter van 9 mm. Het verschil in diameter heeft te maken met het drukverschil en afname van het gas ten opzichte van de zuurstof. Het is daarom bij goed gereedschap niet mogelijk om de slangen verkeerd op de koppelstukken van de branderhouder en reduceerventiel te plaatsen. De slangen zijn van rubber vervaardigd en moeten voorzien zijn van een textiel tussenlaag, omdat zij anders ten gevolge van de gasdruk kunnen vervormen en scheuren.

Voor slangen is geen maximale levensduur vastgelegd, maar ze kunnen uitdrogen en haarscheurtjes gaan vertonen. De lasser/brander moet voor het gebruik de slangen visueel controleren op beschadigingen en haarscheurtjes en indien nodig repareren. Geadviseerd wordt om de slangen iedere twee jaar te vervangen. Het jaar van fabricage staat op de slang aangegeven.



Figuur 2.37: Zuurstofslang (blauw) en gas slang (oranje)

Het gebruik van slangenklemmen is verplicht, deze moeten zo zijn aangebracht dat ze niet afneembaar zijn. Dus klemmen en niet schroeven. In tunnels moet er tenminste 10 m slang aan een snijbrander of voorverwarmbrander zitten, snelkoppelingen zijn hier verboden.

Fabricage en levering van zuurstof

Voor verbranding is zuurstof een onmisbaar gas. De dampkring bestaat voor 21% uit zuurstof, voor 78% uit stikstof en voor de rest uit edelgassen. Stikstof en zuurstof zijn enkelvoudige gassen.

Veel stoffen kunnen in drie aggregatietoestanden (vast, vloeibaar en gasvormig) voorkomen. Zo is het mogelijk om onder bepaalde omstandigheden, lucht vloeibaar te maken. Men bereikt dit door de lucht zeer sterk af te koelen tot ongeveer -200°C . De componenten uit de lucht hebben een verschillend kookpunt en komen bij destillatie apart vrij. Stikstof als eerste bij -196°C , vervolgens argon bij -186°C en als laatste zuurstof bij -183°C . De gassen komen zowel in vloeibare als gasvormige toestand vrij en worden apart afgevangen/afgetapt. De zuurstof, zoals toegepast in het spoor, wordt door de fabrikant geleverd in cilinders.

Inhoud	Gewicht (cilinder + inhoud)
50 liter	80 kg
30 liter	50 kg
10 liter	15 kg

Tabel 2.1: Verschillende maten zuurstofcilinders

De zuurstof wordt na te zijn verdampt in stalen cilinders geperst, die een volume of 'waterinhoud' hebben van 50, 30 of 10 liter (zie tabel 2.1).

De vuldruk bij een cilinder van 50 liter is 200 of 300 bar. Afhankelijk van de cilindergrootte en de vuldruk is de hoeveelheid zuurstof in de cilinder te berekenen: waterinhoud (L) x vuldruk (bar).

Een grote 50 L cilinder met een vuldruk van 200 bar heeft dus $50 \times 200 = 10.000$ liter gasvormige zuurstof als inhoud. Zo kan dus, na aansluiting van het reduceertoestel na aflezen van de cilinderdruk op de manometer, ook de resthoeveelheid zuurstof worden berekend.

De zuurstofcilinders zijn te herkennen aan:

- de schouder: deze heeft een witte kleur. Het cilindrische deel is grijs of blauw (deze kleur is niet genormaliseerd en verschilt per leverancier);
- een in de schouder ingeslagen merkteken: 'zuurstof' of 'O₂';
- een in de schouder ingeslagen vuldruk (200 of 300 bar);
- de aansluiting: W 21,8 x 1¼ rechtse inwendige schroefdraad (RI2);
- etiketten met vermelding van de productnaam.

Zuurstof heeft de volgende kenmerkende eigenschappen:

- Zuurstof is een kleurloos, smaakloos en reukloos gas.
- Zuurstof is iets zwaarder dan lucht (1,1 x), zakt bij lekkage naar de bodem en kan bij hogere concentratie tot gevaarlijke situaties leiden.
- Zuurstof zelf is niet brandbaar, maar is extreem brandbevorderend. Door toevoeging van extra zuurstof aan lucht neemt de brandbaarheid van een aantal stoffen toe.
- Zuurstof kan onder hoge druk, in combinatie met olie, vet of organische stoffen explosieve verbranding veroorzaken.

Veiligheidsmaatregelen bij gebruik van zuurstof:

- De zuurstof mag niet met olie, vet of organische stoffen worden samengebracht in verband met explosiegevaar. (De schroefdraad van de cilinder of reduceertoestel nooit smeren!)
- Zuurstof hecht zich aan de kleding, dus nooit met zuurstof je kleding afblazen wegens het grote brandgevaar.
- Zuurstofcilinders mogen niet blootgesteld worden aan verhitting, anders loopt de druk in de cilinder ontoelaatbaar hoog op.
- Bij het koppelen van cilinders met zuurstof om de uitstroming per cilinder te verminderen en daarmee bevriezing van het reduceer te voorkomen, altijd cilinders met dezelfde maximum inhoud gebruiken.
- Bevriezing van het reduceer bij grote afname is ook te voorkomen door een verwarmingsapparaat tussen de cilinder en het reduceertoestel te plaatsen.
- Voor het snijden op hoogte moet een speciale instructie zijn gevolgd, hierbij wordt geleerd om veilig in een harnas te snijden.
- Een mens ademt 21% zuurstof uit de lucht in, is dit slechts 2% minder, dan raakt de gemiddelde mens in coma. Houd hier dus rekening mee in besloten ruimtes zoals tunnels.

Fabricage en levering van acetyleen (INFORMATIEF)

Acetyleen wordt geproduceerd door carbid met water te laten reageren of door pyrolyse (kraken) van koolwaterstoffen. De in Nederland geleverde acetyleen wordt in hoofdzaak door middel van het kraakproces geproduceerd en is hierdoor aanzienlijk zuiverder dan acetyleen uit een zogenaamde acetyleenontwikkelaar.

Acetyleen wordt door de fabrikant in stalen cilinders opgeslagen die een volume hebben van 10, 30 of 50 liter. Acetyleen is een instabiele chemische verbinding (C_2H_2). Wanneer acetyleen boven een kritische waarde wordt samengeperst, valt deze verbinding uiteen in koolstof (C) en waterstof (H_2). Men noemt dit dissociatie. Toch is de levering van acetyleen onder druk in stalen cilinders mogelijk geworden door de acetyleen op te lossen in aceton. Men spreekt dan van **acetyleendisous** (disous betekent opgelost). Vergelijk het geheel maar met een flesje limonade waarin een gas (koolzuur) is opgelost in een vloeistof. Zodra de dop eraf gaat, parelt het koolzuurgas eruit en ontwijkt.

De aceton in de cilinder zit verdeeld in een heel poreuze massa (90% poreus), vergelijkbaar met een spons. Hierdoor hebben wij ook bij acetyleencilinders te maken met een afgiftecapaciteit, omdat de acetyleen die door de aceton is opgenomen, tijd nodig heeft om zich uit deze poreuze massa vrij te maken.

De poreuze massa zorgt voor een goede blijvende verdeling van het aceton over de gehele cilinderinhoud en maakt het mogelijk om tot een veilige vuldruk van 18 bar te komen.

De acetyleencilinders zijn te herkennen aan:

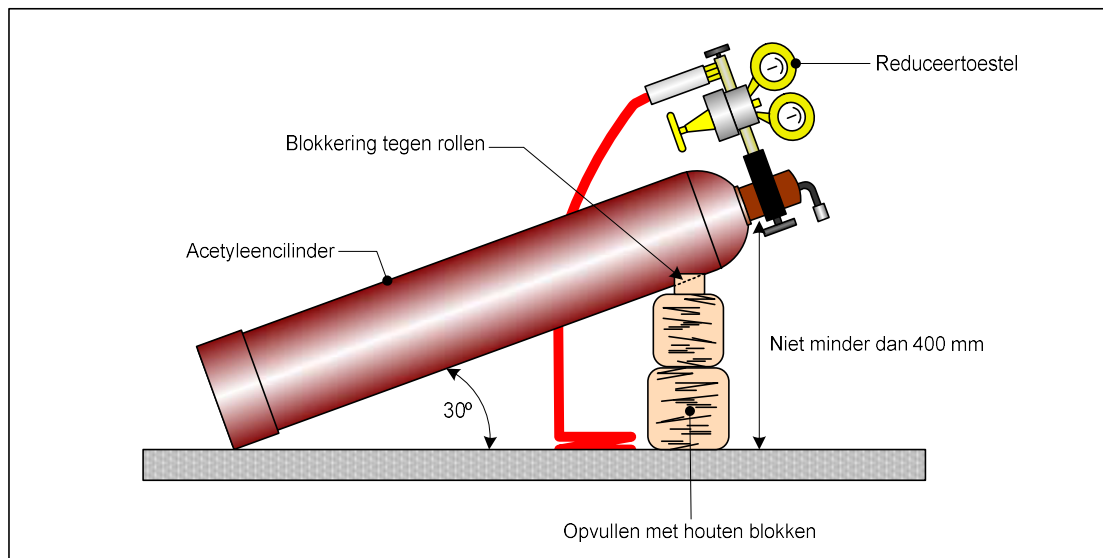
- hun bruine kleur;
- een in de schouder ingeslagen merkteken: 'Acetyleen' en ' C_2H_2 ';
- een in de schouder de ingeslagen vuldruk van 18 bar;
- de aansluiting: een inwendige afdichtingschroef voor de klembeugel.

Acetyleen heeft de volgende kenmerkende eigenschappen:

- Acetyleen is een kleurloos, zeer brandbaar gas met een knoflookachtige geur.
- Acetyleen is iets lichter dan lucht en blijft niet op de bodem of lager gelegen gedeelten hangen, maar stijgt geleidelijk op.
- Een mengsel van acetyleen en zuurstof heeft een maximale vlamtemperatuur van $3160^{\circ}C$.
- Een mengsel van acetyleen met lucht is explosief tussen de 2 en 82%.

Veiligheidsmaatregelen bij het gebruik van acetyleen:

- Omdat acetyleen lichter is dan lucht moet in de (opslag)ruimte een goede ventilatie aanwezig zijn (openingen aan de bovenkant) en mag er geen vuur gebruikt of gerookt worden.
- Het gebruik van een vlamdover is verplicht.
- De afgiftecapaciteit is afhankelijk van de cilindergrootte en de temperatuur. Bij een te grote afname komt er aceton mee uit de cilinder, die het reduceerventiel, de slangen en de brander vervuult. Het koppelen van twee of meer cilinders kan daarom bij grote afname noodzakelijk zijn.
- Zet de cilinders acetyleen altijd rechtop, dus verticaal.
- Alleen als het niet anders kan mag de cilinder iets schuin staan (maximaal onder een hoek van 30° met de horizontaal, zie figuur 2.38), anders komt er ook aceton mee uit de cilinder.



Figuur 2.38

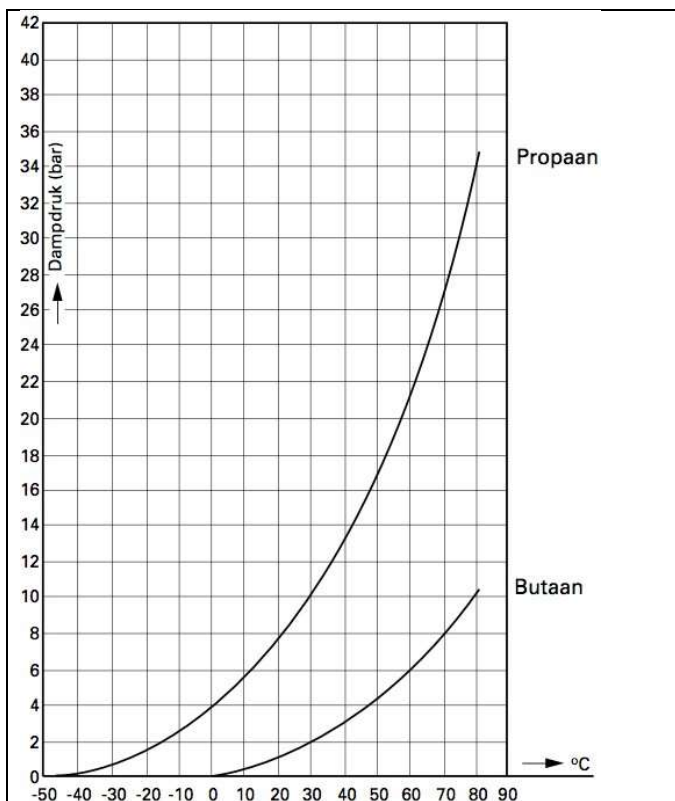
Propan- en butaancilinders

Op vrijwel ieder bouwwerk wordt gebruik gemaakt van propaan- of butaangas. Deze gassen worden vooral gebruikt voor verwarming, heetstoken en autogeen snijden en branden. Ze zijn onder druk gevuld en bevinden zich als vloeistof in de cilinder. Propaan is in tegenstelling tot butaan ook bij temperaturen onder nul te gebruiken. Bij butaan valt bij lage temperaturen de cilinderdruk (dampdruk) weg (verdampt niet meer).

Propaan en butaan zijn brandbare gassen met een lage onderste explosiegrens. Een mengsel van lucht en gas dat circa 2% gas bevat is al explosief. Propaan en butaan zijn zwaarder dan lucht. Ze verzamelen zich op de laagste plaatsen. Lekkage van gas veroorzaakt explosies als het gas in aanraking komt met een heet oppervlak, met vonken of open vuur. Lekkage komt nogal eens voor bij onjuiste (aansluiting van) accessoires op de cilinder en door het niet goed dichtdraaien van de afsluiter. Ook uit een schijnbaar lege propaan- of butaancilinder kan bij temperatuurstijging gas stromen. Dit komt doordat de druk dan snel oploopt.

Boven de vloeistof in de cilinder bevindt zich gasvormig propaan of butaan, waarvan de druk (dampdruk) afhankelijk is van de omgevingstemperatuur. Hoe hoger de temperatuur, des te hoger is de dampdruk. De vloeistof die in de cilinder zit, zal eerst moeten verdampen voordat het brandbare gas de cilinder verlaat om vervolgens als mengsel met zuurstof te kunnen ontbranden. Voor de overgang van vloeistof naar gas is warmte nodig, die aan de omgeving van de cilinder wordt onttrokken.

Zolang de gasafname de verdampingscapaciteit niet te boven gaat, is er niets aan de hand. Wordt deze balans verstoord doordat er meer gas wordt onttrokken dan dat er kan verdampen, dan is dit aan de buitenzijde van de cilinder duidelijk te zien. Eerst wordt de cilinder nat (condensatie van vocht uit de buitenlucht tegen de koude cilinderwand) en na enige tijd vormt zich een laagje ijs op de cilinderwand. Op dat moment is de afgiftecapaciteit sterk teruggelopen en kan de druk in de distributieleiding dalen (zie figuur 2.39). Hierdoor ontstaat er een zuurstofoverschot in de op dat moment aangesloten brander. De verbrandingssnelheid van het mengsel neemt hierdoor toe. Het vlamfront zal zich verplaatsen tot in de brander (vlaminslag) en kan zo aanleiding geven tot oververhitting van de apparatuur.



Figuur 2.39: Grafiek dampspanning.

Hieruit is af te lezen dat bij dalende temperatuur de afgifte van het gas terugloopt.

Het is dan ook van het grootste belang dat de afgiftecapaciteit van een cilinder niet wordt overschreden. Uit een cilinder met een inhoud van 12 kg kan maximaal 175 liter gas per uur continu worden onttrokken (bij 15°C omgevingstemperatuur). Gedurende korte periodes kan er ongeveer 340 liter gas per uur afgenomen worden.

Dit is de reden dat een thermietlasser twee propaancilinders moet koppelen met een T-stuk voor het voorverwarmen van een las bij temperaturen onder 10°C. Een andere mogelijkheid is het plaatsen van een elektrische verwarmingsmantel rondom de cilinder, waardoor de verdampingscapaciteit op peil blijft.



Figuur 2.40: Verwarmingsmantel voor propaancilinder

Men moet nooit proberen de capaciteit te verhogen door met de brander de cilinders te verwarmen. (Denk aan het ongeluk bij Chemie-Pack Moerdijk.) Een betere oplossing is de propaancilinders in warm water of warme lucht uit de uitlaat van een aggregaat te zetten. De juiste mengverhouding tussen propaan en zuurstof in de brander bedraagt ongeveer 1:4.

De propaancilinders zijn te herkennen aan:

- de vorm en de kleur: kort en dik en egaal grijs (of blauw – afhankelijk van leverancier);
- het ingeslagen vulgewicht (10 – 12 – 23) in kg en de code 'Propaan';
- de linkse uitwendige schroefdraad;
- het etiket met vermelding van de productnaam.

Propaan heeft de volgende eigenschappen:

- Propaan is een kleurloos, zeer brandbaar gas met een zoetachtige geur.
- Propaan is zwaarder dan lucht (1,5 x), zakt bij uitstroming en lekkage naar de bodem of lager gelegen gedeelten en zal in combinatie met de lucht explosieve mengsels vormen.
- Een mengsel van propaan met lucht is explosief tussen de 2 en ca. 10%.
- Propaan / lucht geeft een oxiderende vlam en een vlamtemperatuur van ca. 1900°C.
- Propaan / zuurstof geeft een oxiderende vlam en een vlamtemperatuur van ca. 2800°C.

Veiligheidsmaatregelen bij het gebruik van propaan:

- Zet de cilinders propaan altijd rechtop, anders komt er vloeistof uit en bevriest het reduceer.
- Omdat propaan zwaarder is dan lucht moet in de (opslag)ruimte een goede ventilatie aanwezig zijn (openingen aan de onderzijde) en mag er geen vuur gebruikt of gerookt worden.

2.5.3 Het brandsnijden van een spoorstaaf (vignole rail)

Het principe van het brandsnijden en alle daarvoor benodigde materialen en gassen is al uitvoerig aan de orde geweest. Voordat we daadwerkelijk gaan branden, is een aantal veiligheidsmaatregelen strikt noodzakelijk.

Een gas-zuurstofvlam straalt zowel zichtbaar als onzichtbaar licht en warmte uit, waartegen de huid en ogen als volgt beschermd moeten worden:

- Gebruik de voorgeschreven snijbril (gradatie 4-5).
- Draag een brandvertragende overall, laslaarzen en lashandschoenen.
- Houd rekening met de vonkenregen.
- Gebruik een brandscherm.
- Draag de mouwen over de handschoenen.
- Draag de pijpen van de overall over de laarzen.
- Draag nooit een benzine- of gasaansteker in de zak.
- Houd blusmateriaal altijd bij de hand.
- Bescherm de omgeving met spatschermen tegen spatten.

Wat te doen bij verbranding:

Kleding niet verwijderen, maar meteen koelen met water; pas hierbij op voor onderkoeling. Naar gelang de ernst van de verbranding een deskundige waarschuwen. Neem bij twijfel geen risico en bel 112. Ga bij lichte verbrandingen altijd eerst langs een arts: deze bepaalt de ernst.

Extra veiligheidsmaatregelen voor de petrochemie en voor tunnels:

- Brandvergunning (aftekenen);
- Brandwacht (indien vereist);
- Blusmiddelen.

Extra veiligheidsmaatregelen bij kunstwerken:

- Afscherming bruggen, looproosters, betonnen vloeren tegen spatten en vloeibaar metaal.

Sommige werkzaamheden maken zoveel lawaai dat je gehoor gevaar loopt.

- Draag de geschikte gehoorbescherming zoals otoplastieken of oorkappen.

Werkvolgorde

Allereerst gaan we de benodigde apparatuur opbouwen, vervolgens testen op de juiste werking, controleren op mogelijke lekkage en zo nodig repareren.

■ **Opbouwen/testen**

1. De zuurstof- en de propaancilinders moeten geborgd zijn tegen omvallen of weggrollen. Hierbij moet de propaancilinder staan en mag de zuurstofcilinder (eventueel) liggen.
2. Controleer de cilinders visueel op beschadiging (afsluiter/schroefdraad) en zorg dat de cilinderaansluitingen en de te monteren reduceerventielen schoon en vetvrij zijn.
3. Open, vóór het aansluiten van de reduceerventielen, kortstondig de cilinderafsluiter om het mondje schoon te blazen.
4. Plaats indien nodig verwarmingsapparatuur op het zuurstof-reduceer en eventueel rondom de propaancilinder.
5. Controleer de reduceertoestellen visueel op beschadiging (manometer(s)/schroefdraad, indien beschadigd: niet gebruiken) en plaats deze

vervolgens met de hand op de cilinder.

Let hierbij op de aanwezigheid van de pakkingring (anders gevaar voor lekkage) en het uitgedraaid zijn van de instelschroef. Gebruik de juiste sleutel om het reduceer over de laatste draadgang vast te zetten.

6. Controleer de aan te sluiten slangen op beschadiging en haarscheurtjes. Repareer zo nodig door een defect stuk slang ertussenuit te snijden en messing koppelstukje te plaatsen.
7. Sluit de slangen met snelkoppelingen aan op de reduceertoestellen en het brander-handvat. Controleer of de te gebruiken brander geschikt is voor propaan. (LET OP: snelkoppelingen mogen niet in tunnels gebruikt worden!)
8. Draai de zuurstof- en de propaankranen op het brander-handvat dicht en draai vervolgens de propaan- en zuurstofcilinders open. Laat de cilindersleutel op de zuurstofcilinder zitten.
9. Stel de werkdrukken van het propaan (1,5 bar) en de zuurstof (4-5 bar) in op de manometers en laat deze enkele minuten zo staan. Als de ingestelde druk niet is gewijzigd, lekt de klep van het reduceer niet.
10. Draai de cilinders dicht (de werkdruk blijft gehandhaafd en de kranen op het handvat blijven dicht) en wacht nogmaals enkele minuten. Blijft de ingestelde werkdruk ongewijzigd, dan is de installatie lekdicht. Is dit niet het geval, controleer dan alle aansluitingen door afsoppen met water en zeep (of lekspray) om de lekkage te vinden en vervolgens te repareren.
11. Open het zuurstofventiel op de brander (injecteurtype) helemaal, koppel de gaslang van de brander af, draai het gasventiel op de brander iets open en voer de aanzuigproef uit met de vinger. Is deze in orde, koppel dan de gaslang weer aan.
12. Ontsteek de voorverwarmvlam van het mengsel gas/zuurstof met een kom-aansteker en stel de vlam zo neutraal mogelijk in.
13. Voer de snijwerkzaamheden uit en sluit na voltooiing eerst het gasventiel op de brander en daarna pas het zuurstofventiel om de vlam te doven.

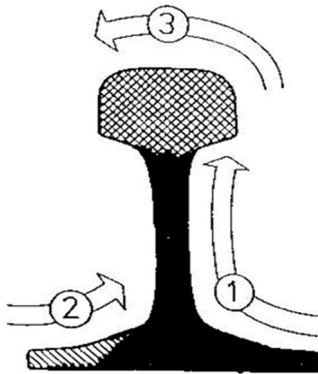
■ Afbouwen

Na uitvoering van de snijwerkzaamheden volgt het afbouwen van de apparatuur en gereedmaken voor transport in deze volgorde:

1. Draai de afsluiters van de propaan- en de zuurstofcilinder dicht. De laatste met de cilindersleutel.
2. Maak de gehele installatie drukloos door op de brander zowel de propaan- als de zuurstofkranen te openen en vervolgens de instelschroef van de reduceertoestellen volledig uit te draaien, waardoor het membraan zich ontspant.
3. Koppel de slangen af en verwijder de reduceertoestellen van de cilinders. Deze mogen tijdens transport niet op de cilinders blijven zitten.
4. Rol de slangen op en berg ze op.
5. Controleer voor het transport nogmaals of de cilinders goed zijn vastgezet.

■ **De uitvoering van het brandsnijden**

De beginsnede bij het brandsnijden van een spoorstaaf is in de voet. De reden hiervoor is dat er een zeer grote trekspanning op de rail kan staan en de voet deze belasting niet aankan. Een andere reden is dat het verbrande materiaal gemakkelijk uit de voeg geblazen wordt. De snedevolgorde is 1 – 2 – 3 zoals aangegeven in figuur 2.41.



Figuur 2.41: Snijvolgorde vignole rail



Figuur 2.42: 1e snede in de voet



Figuur 2.43: 3e snede in de kop

Het gebruik van een snijbrandmal is voor het verkrijgen van een optimale haakse snede noodzakelijk.

Snede 1:

Voet en ziel tot onder de radius van de kop snijden. Hierbij de brander onder de kop zover kantelen dat de snijstraal schuin naar boven wijst. Dan aan de andere kant van de spoorstaaf gaan staan en de slakresten van de voet verwijderen.

Snede 2:

Ook hierbij in de voet beginnen en wel in het verlengde van de 1^e snede zodat er geen kantje blijft staan.

Snede 3:

Als laatste de kop snijden. Hierbij de brander zodanig kantelen dat alleen de zijkant van de kop voorverwarmd wordt. Aangekomen bij de ziel, de brander wat langzamer voortbewegen omdat de te snijden dikte hier het grootst is en er grotere kans op vlamslag ontstaat.

Na het snijden de beide spoorstaafeinden ontdoen van slakresten met staalborstel of beitel en controleren op maatvoering: haaksheid en afwezigheid van snijgroeven dieper dan 2mm.

Bij werkzaamheden aan het spoor boven de neutraaltemperatuur is te verwachten dat er grote drukspanningen in de spoorstaaf aanwezig zijn. Het volledig doorslijpen is dan vaak niet mogelijk omdat de schijf vastloopt. Er zal dan toch gesneden moeten worden, in voorkomende gevallen ook

bij de materiaalkwaliteiten MHH en R370CrHT. Dit kan gebeuren door middel van een zogenaamde 'ontlastingsnede'. Hierbij snijden we eerst een deel van de voet en ziel eruit (zie figuur 2.44) en als laatste de kop.



Figuur 2.44: Ontlastingsnede

Een andere mogelijkheid is het volledig snijbranden van de spoorstaaf en vervolgens de beide laskanten naslijpen. Dit laatste moet zeker gebeuren bij de materiaalkwaliteiten MHH en R370CrHT om de warmte-beïnvloede zone te verwijderen.

2.6 Lasprocessen voor in de spoorbouw

Leerdoelstellingen (2.6 t/m 2.7)

Je bent in staat om:

VBE 2.2.6.1BK De principes van bekistlassen te begrijpen

VBE 2.2.6/7.2B Een juiste behandeling van lasapparatuur, gereedschappen en toevoegmaterialen bij het lassen, opslaan en transport aan te geven

VBE 2.2.6.3BK De stappen te beschrijven die nodig zijn om een bekistlas te maken voor een specifieke LMB

VBE 2.2.6.4BK/T Juist uitlijnen van spoorstaven

VBE 2.2.6.5BK Op de juiste manier een bekistlas ook in Mn-C lassen te maken

VBE 2.2.6.6BK Lasplaten bij de Mn-C lassen te monteren

VBE 2.2.6.7BK het principe van het demagnetiseren te kunnen beschrijven

Inleiding

Zowel in de spoornieuwbouw als in de reparatie van sporen wordt slechts een beperkt aantal lasprocessen toegepast. Deels komt dit doordat de te gebruiken processen en materialen moeten zijn toegelaten door de beheerder / eigenaar van het betreffende spoor, maar deels ook door de geometrie en de materiaalsamenstelling van de spoorstaven en de wissels in het spoor. Dit geldt voor vrijwel alle typen sporen, dus niet alleen voor sporen van ProRail, maar ook voor sporen van gemeentelijke vervoersmaatschappijen zoals tram en metro, en voor kraanbanen en industriële sporen.

In Nederland worden de volgende voeglasprocessen voor sporen toegepast:

- Bekistlassen met beklede elektroden;
- bekistlassen met gevulde draad zonder gasbescherming;
- afbrandstuiklassen;
- thermietlassen.

En de volgende oplasprocessen:

- Oplassen met beklede elektroden;
- Oplassen met onderpoederlassen (gemeentelijke vervoersmaatschappijen);
- Oplassen met gevulde draad zonder gasbescherming (niet algemeen vrijgegeven door ProRail).

2.6.1 Inleiding bekistlassen

Bekistlassen is het maken van een stompe verbindingslas tussen twee spoorstaafinden, waarbij de te lassen voeg is omsloten door een 'bekisting', ofwel een meerszijdige lasbad-ondersteuning. Deze ondersteuning bestaat meestal uit koperen blokken, al dan niet gecombineerd met een keramische onderlegstrip.

Het bekistlassen is in principe uitvoerbaar met verschillende lasprocessen zoals:

- booglassen met beklede elektrode (proces 111);
- booglassen met massieve of gevulde draad onder beschermgas (processen 135 en 136);
- booglassen met gevulde draad zonder gasbescherming (proces 114).

In de spoorbouw is vooralsnog alleen het booglasproces met beklede elektrode erkend en goedgekeurd. Het booglassen met gevulde draad zonder gasbescherming ook wel "Innershield lassen" genoemd lassen wordt alleen indien toegelaten door de railinfra beheerder, bij de tram en

metro toegepast. Het lasbedrijf moet in dat geval wel beschikken over een geschikte lasmethodekwalificatie. Beide processen zullen echter wel in de volgende hoofdstukken aan de orde komen.

Een bekistlas is vaak niet de eerste keus voor het maken van een voeglas in het spoor. ProRail is in zijn regelgeving (ontwerpvoorschrift OVS00056-5.1) hierin heel duidelijk. Bij alle baanvaksnelheden gaat de voorkeur uit naar het afbrandstui Klassen en is thermietlassen de tweede keus. Het bekistlassen is volgens dit voorschrift alleen toegestaan in baanvakken met een baanvaksnelheid lager dan 80 km/uur en in (kruis)wissels die bereden worden met snelheden tot en met 80 km/uur, maar alleen indien het afbrandstui Klassen en het thermietlassen technisch niet uitvoerbaar zijn. In dat geval dient een keramische en geen koperen onderlegstrip te worden gebruikt.

Een belangrijke reden voor deze keuzevolgorde is dat de weerstand tegen vermoeiing veel hoger is bij het afbrandstui Klassen en, in iets mindere mate, bij het thermietlassen. Beide processen zijn niet, of althans veel minder, afhankelijk van de handvaardigheid van de lasser / bediener. De kans op breuk door het constant wisselen van de belasting door de treinenloop, ingeleid door een onvolkomenheid in de las, is daardoor dan ook kleiner.

De toepassing van het bekistlassen ligt daarom vooral op moeilijk bereikbare plaatsen of de fabricage van kostbare enkelstuks, ongelijk afgesleten profielen, aansluitingen van zeldzaam voorkomende overgangen en gesleten industriesporen. Deze moeten voegloos worden gemaakt, waarbij met speciale lassen twee metaalsoorten aan elkaar worden gelast. Een voorbeeld hiervan is het lassen van 12-14% mangaanstaal (austeniet) aan railstaal R260Mn (zie: www.prorail-kennisbank-metallurgische-lassen.nl voor de actuele/vrijgegeven SWPSén).

2.6.2 Bekistlasproces: booglassen met beklede elektroden

Bij het lassen met beklede elektroden is er een boog tussen de elektrode en het werkstuk. Deze boog bestaat uit een gas dat elektrisch geleidend is gemaakt en waar een elektrische stroom doorheen vloeit. Het lastoestel levert de elektrische stroom en wordt dus ook wel stroombron genoemd.

Een complete installatie voor het booglassen met beklede elektrode bestaat uit:

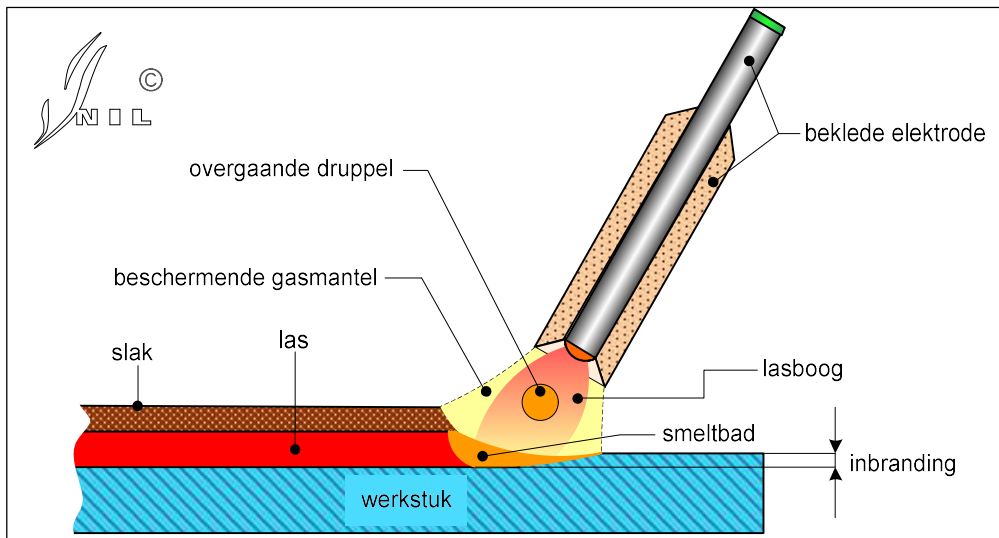
- een lastoestel (= stroombron);
- een elektrodehouder met laskabel;
- een werkstukkabel met werkstukklep;
- een beklede elektrode.

Wat voor gevaren zie je in onderstaande afbeelding met betrekking tot het gebruik van de PBM's?



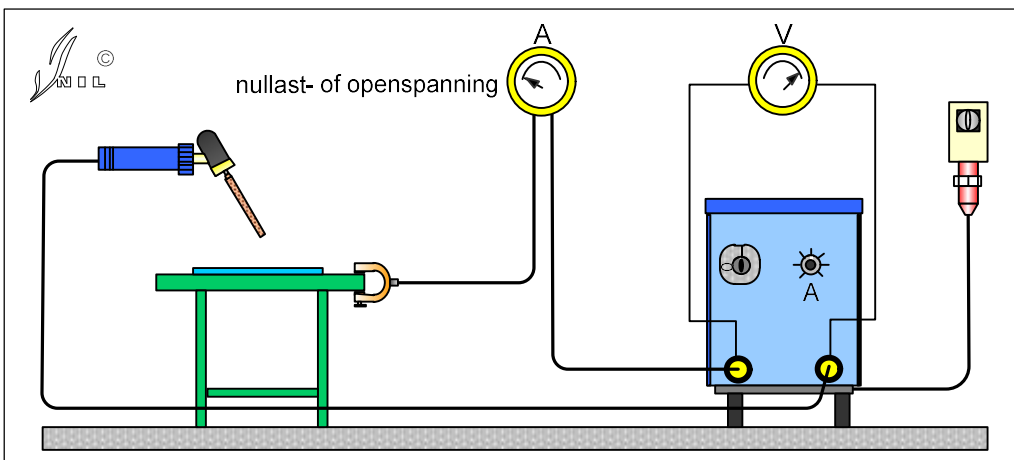
Figuur 2.45: Bekistlassen door middel van booglassen met beklede elektrode

De boog (en de 'lucht' rondom de boog) en de daarin overgaande metaaldruppels moeten worden beschermd tegen het binnendringen van ongewenste gassen. Bij het booglassen met beklede elektroden zorgen speciale stoffen in de bekleding van de elektrode voor deze bescherming. De elektrodebekleding smelt met de kerndraad mee af en zorgt voor een 'slak'. Dit zijn deeltjes uit de bekleding die een beschermend laagje vormen. Dit beschermende slaklaagje zit rondom elke metaaldruppel die afsmelt van de elektrode. In figuur 2.46 is te zien hoe de druppels overgaan van elektrode naar smeltbad.



Figuur 2.46: Bescherming overgaande druppel en smeltbad tegen invloed van omringende lucht

Om een boog te kunnen trekken tussen de elektrode en het werkstuk, moet er een spanning aanwezig zijn die de elektrische stroom door de boog stuurt. De spanning die nodig is om de boog te kunnen ontsteken bedraagt 60 - 80 Volt. Dit is de zogenaamde open spanning of nullastspanning.



Figuur 2.47: Open spanning of nullastspanning

Als de boog ontstoken is, dan is een spanning van 20 - 35 Volt voldoende om de boog in stand te houden. Dit is de boogspanning. Verder moet de stroombron een stroom leveren die voldoende warmte ontwikkelt in de boog.

Deze lasapparatuur is eenvoudig en zeer geschikt om op de montageplek (openlucht) te worden ingezet.

2.6.3 Verschillen tussen bekistlassen en normaal elektrodelassen

Het bekistlassen is een afwijkende lasmethode ten opzichte van het normale lassen met de hand. Er wordt voor het bekistlassen geen openingshoek aangebracht maar een haakse voeg met een vooropening.

Verder wordt bij het bekistlassen een afwijkende elektrode gebruikt. Deze elektrode geeft een slak die langer vloeibaar blijft, terwijl het slakvolume kleiner is.

Als de slak vloeibaar wordt gehouden kan er over de slak heen worden gelast zonder dat de slak insluit dit is alleen bij de speciaal hiervoor ontwikkelde basische elektrode mogelijk.

Bij het normale handlassen met beklede elektroden is de las vaak al afgekoeld na het aanbrengen van de opeenvolgende lagen. Bij het bekistlassen van railstalen wordt, zonder het afbikken van de slak, direct weer een volgende laag gelegd. Een uitzondering hierop vormt de overgang van de voet naar de ziel van de spoorstaaf, of als er tussentijd wordt gestopt met lassen. De nog warme vloeibare slak wordt voor de elektrode naar de buitenkant van de las gedreven, waar deze stolt tegen de koperen bekisting.

Een voorbeeld van een speciaal voor het bekistlassen van spoorstaven ontwikkelde elektrode is FILARC 56R (R = rail) met een basische bekleding. De te lassen spoorstaven hebben een koolstofgehalte dat ligt tussen de 0,4 en 0,8 %. Het probleem dat kan ontstaan is dat de warmtebeïnvloede zone (WBZ) in het moedermateriaal door een te snelle afkoeling hard wordt. Er ontstaat dan zogenaamd martensiet (zie Module 1 Materialen en materiaalgedrag).

Door nu voldoende voor te verwarmen, en door het lassen zelf, ontwikkelt zich zo veel warmte dat de las langzaam zal afkoelen. Er ontstaat dan een minder harde structuur, waardoor de las minder scheurgevoelig is dan bij snelle afkoeling.

Een eenmaal gevormde, minder harde, perlitische structuur zal tijdens het verder afkoelen niet meer veranderen en kan alleen harder worden door koudverstevinging.

Koudverstevinging:

Metaal sterker/harder maken door plastisch te vervormen.

Koud vervormen kan een materiaal sterker, maar het meer gevoelig voor breuk maken

2.6.4 Behandeling en opslag van basische elektroden bij oplassen en bekistlassen

Voor lasconstructies waarbij hoge eisen aan de verbinding worden gesteld, gebruikt men basische elektroden. Basische elektroden worden ook toegepast voor het verbinden en oplassen van zogenaamde moeilijk lasbare staalsoorten, vanwege hun sterkte-eigenschappen en lagere gevoeligheid voor ongewenste bestanddelen in het staal (zoals zwavel of koolstof). Basische elektroden beschikken over het laagste aandeel waterstof per gesmolten lasmetaal. Dit voorkomt het risico op koudscheuren (zie Module 1 Materialen en materiaalgedrag) aanzienlijk. Dit is dan ook de reden dat diverse basische elektroden welke in het spoor worden toegepast ook leverbaar zijn in een vacuüm verpakking (zie figuur 2.48a). Let altijd goed op dat de verpakking niet lek is (een verpakking welke je in kunt drukken is altijd lek) omdat er zodoende toch vocht opname in de elektrode bekleding kan plaatsvinden. Lastoevoegmaterialen moeten altijd behandeld worden volgens de eisen van de leverancier de lascoördinator moet je kunnen voorzien van een werkinstructie.



Figuur 2.48a: Voorbeeld van een vacuüm verpakte beklede elektrode

Indien elektroden niet geleverd worden in een vacuüm verpakking of er elektroden overblijven of er elektroden worden gebruikt uit een standaard verpakking kan het voorgeschreven waterstofgehalte pas weer verkregen worden door de elektroden terug te bakken in een daarvoor geschikte oven (zie als voorbeeld figuur 2.48b).



Figuur 2.48b: Droogbak oven voor elektroden

De temperatuur en tijd staat op de elektroden verpakking geschreven de moet opgevolgd worden en mag niet worden overschreden om overdrogen te voorkomen. Om te voorkomen dat elektroden vervolgens vocht opnemen tijdens het lassen worden op locatie portable verwarmbare kokers toegepast (zie figuur 2.48c).



Figuur 2.48c: Voorbeeld portable verwarmbare elektrode (warmhoud) koker

2.6.5 Twee typen bekistlassen

Binnen het door ProRail beheerde gebied kennen twee typen bekistlassen toepassing:

- Type 1: R260Mn onderling verbinden of R350HT onderling verbinden;
- Type 2: 12-14% mangaanstaal verbinden met R260Mn (inclusief RVS onderlegstrip).

LET OP: Alleen lasmethodebeschrijvingen (WPS) welke zijn vrijgegeven door ProRail mogen worden toegepast deze zijn te vinden op: www.prorail-kennisbank-metallurgische-lassen.nl. Alle voorbeelden in deze module dienen alleen voor opleidingsdoeleinden het lasbedrijf dient de voor- en nabehandeling van de uit te voeren las te beschrijven in een werkinstructie (minimaal conform de eisen uit ISV00451) aanvullende aan de door ProRail vrijgeven WPS.

In het vervolg van deze paragraaf (voorbehandeling, lasproces en nabehandeling) is als voorbeeld het maken van een bekistlas type 1 gevolgd. De verschillen met het type 2 las (mangaanstaal) komen eveneens als voorbeeld aan het eind van deze paragraaf aan de orde.

2.6.6 Type 1 las (materiaal R260Mn of R350HT)

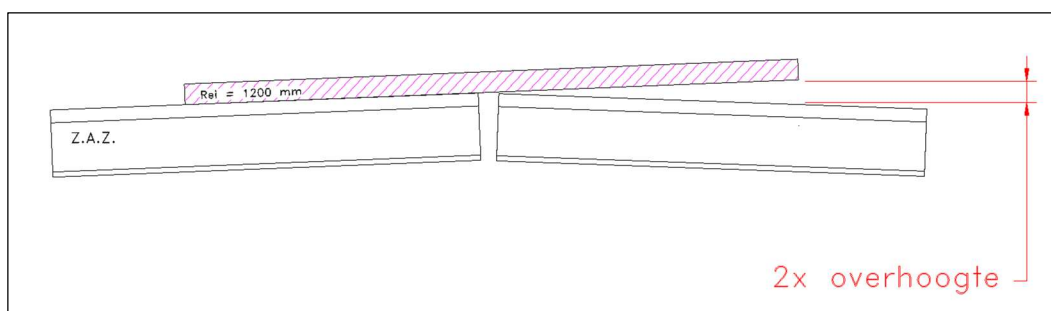
Voorbehandeling

Tot de voorbehandeling behoren werkzaamheden als:

- a. **Het creëren van de vereiste voegbreedte** (15 tot 18 mm) in principe door middel van het doorslijpen van de spoorstaaf (indien dit voor wat betreft de toegang mogelijk is). Hierbij moet men vooral opletten dat aan de onderzijde van de voet geen groeven ontstaan die mogelijk tot scheuren kunnen leiden. Indien mogelijk moet men de voeg maken in het midden van het vak tussen twee dwarsliggers. Indien de spoorstaafte temperatuur hoger is dan de neutraaltemperatuur en er dus vanwege inwendige drukspanningen de kans bestaat op vastlopen van de slijpschijf, is autogeen snijbranden noodzakelijk. Na het branden moet men de snijkanten nog over een diepte van 3 mm door middel van slijpen verwijderen. De totale voegbreedte moet echter wel binnen 15 - 18 mm blijven, dus houd hier goed rekening mee! De beide te lassen spoorstaafeinden moeten vrij zijn van scheuren of uitbrokkelingen.
- b. **Bevestigingsmiddelen van de spoorstaaf losmaken**. Dit moet gebeuren aan beide zijden van de te maken las over een lengte van 3 dwarsliggers.
- c. **Uitrichten of stellen van de beide spoorstaafeinden** in horizontale en verticale richting met behulp van wiggen en keggen. Zorg dat de houten of betonnen dwarsliggers hierbij niet beschadigen. Het uitrichten gebeurt met behulp van een stalen rei. Voor de ligging in verticale richting is een overhoogte van 1 - 1,5 mm aan beide zijden noodzakelijk, omdat de las door krimp iets zal gaan zakken. Zie ook figuur 2.48d. Fixeer de beide einden na het stellen, zodat hun positie behouden blijft.

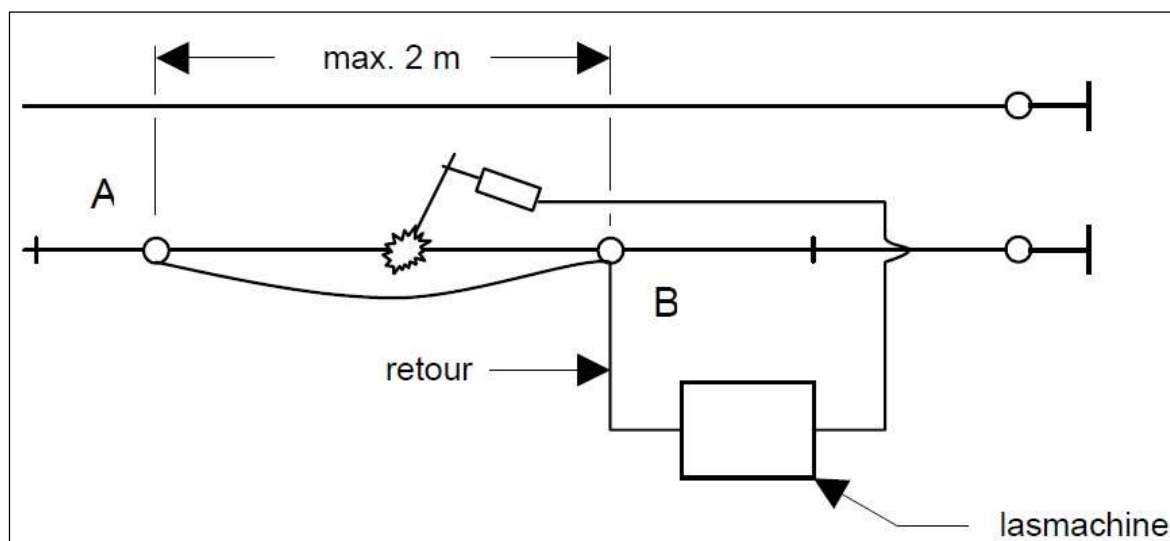
Ook voor uitvoering van een lasserskwalificatie moeten de proefstukken gesteld worden zoals hierboven beschreven. De totale lengte van de het proefstuk moet in dat geval minimaal 1320 mm zijn (met de las in het midden).

Dit is nodig om voldoende lengte te hebben om een 3-punts buig-breekproef uit te voeren ter beoordeling van de vereiste doorbuiging en het breukvlak.



Figuur 2.48d: Overhoogte spoorstaaf

- d. **Reinigen van de voeg** en ongeveer 10 mm rondom de voeg (ook de onderzijde van de voet!). Verwijder roest met behulp van een staalborstel.
- e. **Het opstellen van de lasapparatuur** moet gebeuren zoals figuur 2.49a laat zien. Dit om te voorkomen dat beveiligingsinstallaties ontregelen of beschadigen als gevolg van de lasstroom.



Figuur 2.49a: Opstelling van elektrische lasapparatuur

Hierbij gelden de volgende eisen:

- De retourstroomkabels moeten bevestigd zijn op een deugdelijke wijze (zoals op een blank geslepen oppervlak) zodat er geen vonkoverslag kan plaats vinden, links en rechts van de plaats waar moet worden gelast. De aansluitpunten zorgen ervoor dat er een stroomkring kan ontstaan.
- De aansluitpunten A en B mogen niet een elektrische scheiding overbruggen.
- De aansluitpunten A en B moeten aan hetzelfde spoorstaafbeen, punt- of kruisstuk of ander constructie-onderdeel bevestigd zijn.
- De aansluitpunten A en B mogen niet verder dan 2 meter uit elkaar liggen.
- De laskabels (dus inclusief retourleiding) moeten voorzien zijn van goed isolatiemateriaal.
- De lasmachine (trafo, omvormer, aggregaat) moet zodanig uitgevoerd zijn dat het lasstroomvoerende gedeelte vrij is van: het net, aarde en de spoorstaven.

Retourstroom kan een belangrijke rol spelen bij het ontstaan van magnetische blaaswerking hierover meer in paragraaf 2.6.7.

Uitvoering van het lasproces

De uitvoering van het lasproces is vastgelegd in een zogenaamde 'Lasmethodebeschrijving' (LMB) of 'Welding Procedure Specification' (WPS) van ProRail waarbij ook het voorverwarmen behoort tot de uitvoering.

LET OP: Alleen lasmethodebeschrijvingen (WPS) welke zijn vrijgegeven door ProRail mogen worden toegepast deze zijn te vinden op: www.prorail-kennisbank-metallurgische-lassen.nl. Alle voorbeelden in deze module dienen alleen voor opleidingsdoeleinden het lasbedrijf dient de voor- en nabehandeling van de uit te voeren las te beschrijven in een werkinstructie (minimaal conform de eisen uit ISV00451) aanvullende aan de door ProRail vrijgeven WPS.

Het voorverwarmen tot een temperatuur van 300 - 350°C met een propaan/zuurstofbrander, vindt plaats vóór het aanbrengen van de koperen bekisting. Het voorverwarmen moet zeer gelijkmatig gebeuren, beginnend uit het hart van de laszone, zodat beide spoorstaafeinden ook goed zijn doorverwarmd. Controleer de voorverwarmtemperatuur op ongeveer 100 mm naast de te lassen zone over de gehele spoorstaaf met een gekalibreerde contact thermometer.

Na het voorverwarmen moet men de keramische (eventueel koperen) onderlegstrip onder de voet aanbrengen (bijvoorbeeld in een plaatstalen houder) en tegen de voet aan klemmen / vastzetten, want deze moet volledig aansluiten. In de onderlegstrip is ter plaatse van de voeg een gleuf aanwezig voor de slak en het verkrijgen van een goede doorlassing in de voet.

Breng in- en uitloopplaatjes aan, zodat de elektrode niet op de spoorstaaf zelf ontstoken wordt waardoor stop- en start fouten in de definitieve las voorkomen worden en dit voorkomt mede dat het lasbad eerder gaat uitzakken. Indien een koperen onderlegstrip wordt gebruikt, moet er ter plaatse van de voeg 2 mm ruimte blijven tussen de spoorstaafvoet en de strip voor de slak en de doorlassing. Indien je op een keramische onderlegstrip last dan kan je niet starten op het inloopplaatje zelf je start dan langs de spoorstaafvoet en dan direct op het plaatje.

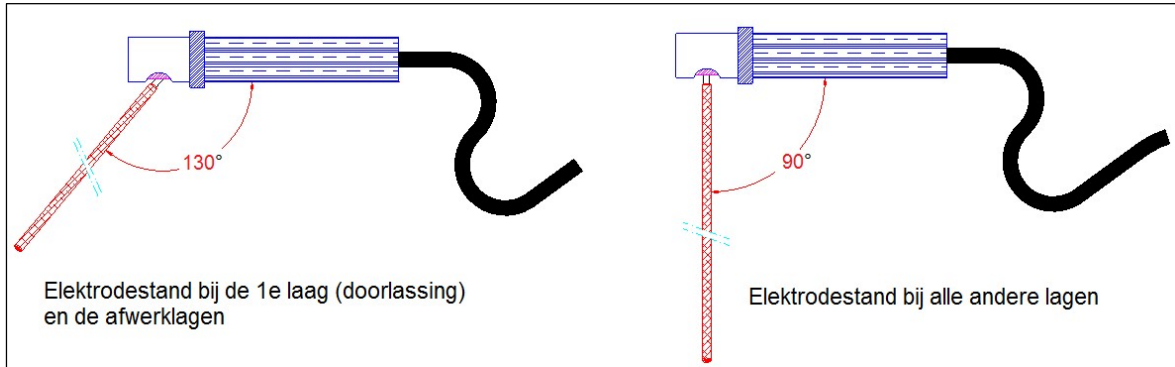
Bekistlassers die volgende de ProRail Richtlijn RLN00451-1 gecertificeerd zijn op een koperen onderlegstrip mogen niet op een keramische ondersteuning lassen. Andersom mag wel: bekistlassers die gecertificeerd zijn op een keramische onderlegstrip mogen ook op een koperen ondersteuning lassen.

De te gebruiken basische elektroden zijn doorgaans vacuüm verpakt om vochtopname uit de omgevende lucht te verhinderen. Ze mogen pas vlak voor het lassen uit de verpakking gehaald worden. De andere elektroden uit de verpakking moeten bewaard worden in een (bij voorkeur verwarmde) quiver of minimaal in een afgesloten koker, om vochtopname door de bekleding te beperken.

Het lassen zelf begint met het nogmaals controleren van de vereiste voorverwarmtemperatuur. Indien de temperatuur tot onder de 300°C is gezakt, is verder voorverwarmen vereist. Het lassen van de voeg gebeurt in een aantal fasen: als eerste de voet, vervolgens de ziel en de overgang naar de kop, en als laatste de kop.

1. Het lassen van de voet

De parameters voor het lassen staan vermeld in de LMB/WPS. De stand van de elektrode ten opzichte van de elektrodehouder (lastang) is bij de eerste laag ca. 130°, waarbij de slak onder het lasmetaal loopt en stolt op de onderlegstrip. Bij alle volgende lagen staat de elektrode onder een hoek van 90° ten opzichte van de elektrodehouder (zie figuur 2.50).

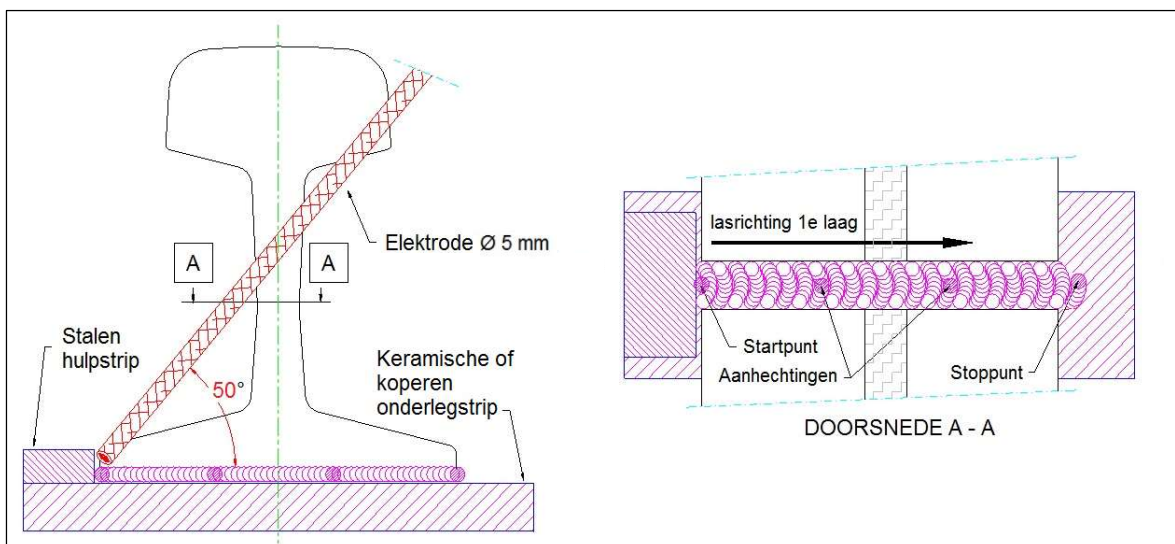


Figuur 2.50: Elektrodestand

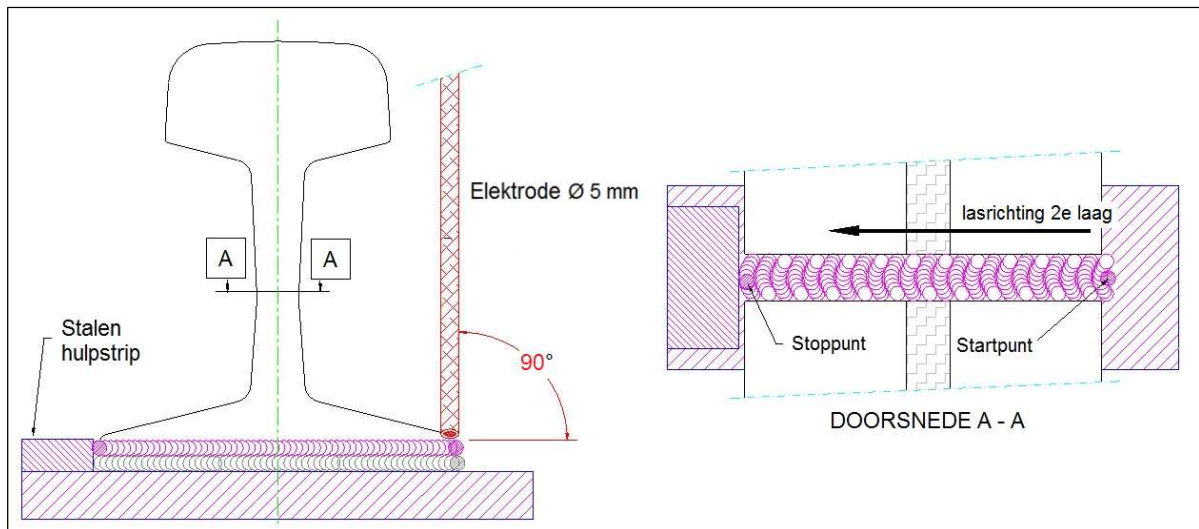
Start- en stoppunten moet men altijd in het hart van de las maken. Bij het starten en stoppen moet men met de punt van de elektrode een rondje draaien, om kraterscheuren te voorkomen. Het lassen zelf gebeurt met een zeer korte boog!

Het stoppunt moet men bij de volgende elektrode opnieuw omsmelten, of zo nodig uitslijpen. Zie figuur 2.51 voor een schets van de eerste laag in de voet. Bij het lassen moet men de elektrode pendelen tussen de beide flanken. Laat de flanken goed omsmelten, om een goede aanhechting te krijgen en randinkarteling onder de voet te voorkomen.

Bij het lassen van de tweede laag (en ook de volgende) in de voet staat de elektrode haaks op de lastang en lassen we in de andere richting (zie figuur 2.52). Bij iedere laag moet men wisselen van lasrichting.



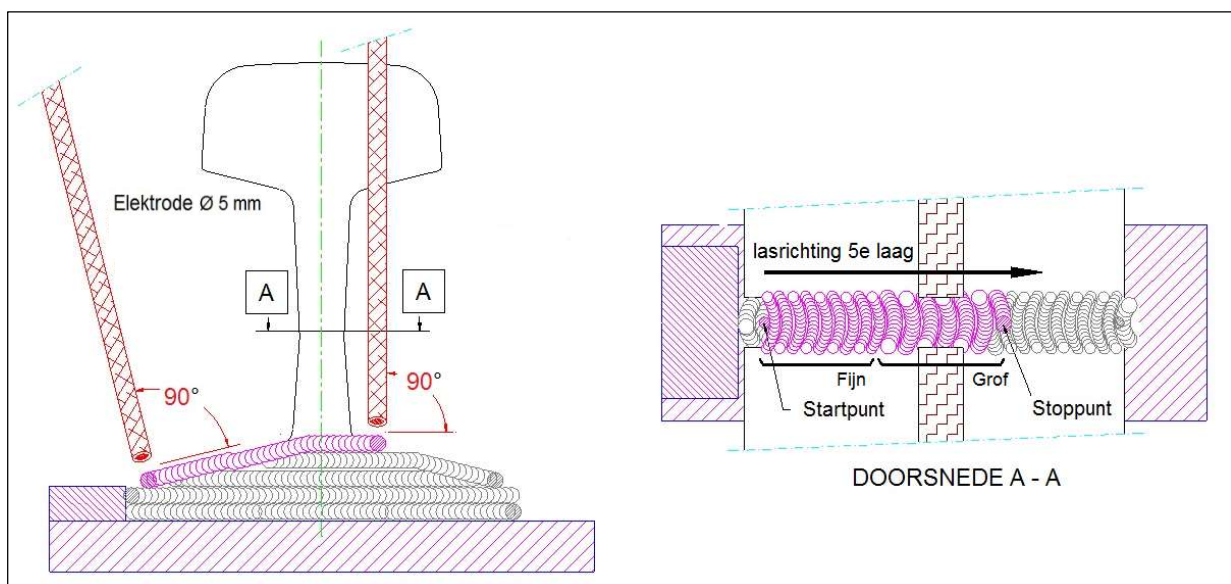
Figuur 2.51: Eerste laag in de voet



Figuur 2.52: Tweede laag in de voet

Doordat de voet smaller wordt in de richting van de ziel van de spoorstaaf, zullen de volgende lagen steeds korter zijn. De vierde en de vijfde laag zijn (meestal) de afwerklagen van de voet. Deze worden op het schuine gedeelte van de voet wat fijner gelast. Voordat men met de afwerklagen kan beginnen, moet men de naad eerst met de staalborstel goed schoonmaken. Bij het lassen van de afwerklagen moet de elektrode precies op het hart van de lasnaad worden gehouden om randinkarteling te voorkomen. Zie ook figuur 2.53.

Gedurende het gehele lasproces is het belangrijk om regelmatig de tussenlaagtemperatuur (interpass temperatuur) te meten op 10 - 20 mm naast de las. Deze mag niet boven de 400°C uitkomen in verband met mogelijke scheurvorming. Zo nodig moet men dus pauzeren om de temperatuur weer tussen de 300 en 350°C te laten komen.



Figuur 2.53: Vierde en vijfde laag in de voet

2. Het lassen van de ziel

Na het afwerken van de voet plaatsen we de koperen profielblokken met de afstandsnokken tegen ziel van de spoorstaaf en klemmen deze vast met bijvoorbeeld lijmtangen. De afstandsnokken (2 mm) zijn bedoeld om voldoende ruimte te hebben voor de wegvloeiende slak.

De ruimte tussen de blokken en de onderzijde van de kop moet 4 mm zijn.

Voorbeelden hiervan (incl. de onderlegplaat) zijn gegeven in de figuren 2.54 en 2.55.

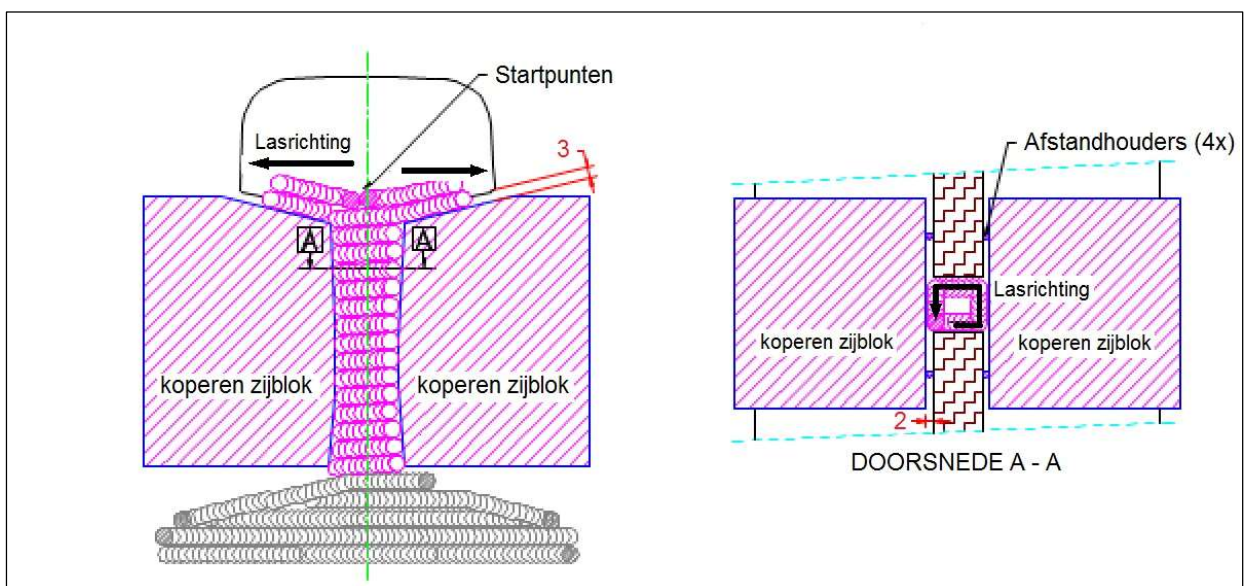


Figuur 2.54: Koelblokken

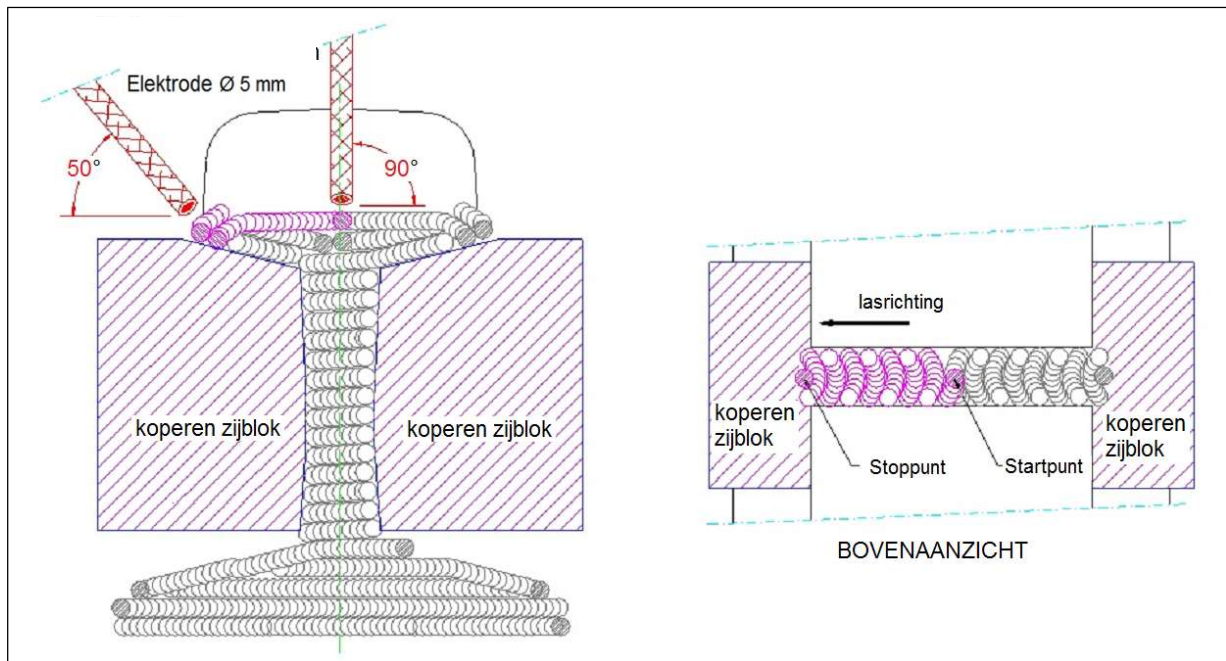


Figuur 2.55: Koelblokken (omsloten uitvoering)

Vervolgens wordt de ziel vol gelast met rechthoekige zwaaibewegingen (zie figuur 2.56) om de slak naar buiten te drukken. Wanneer de onderzijde van de kop is bereikt, wordt de lasnaad verder uitgebouwd naar de linker- en rechterzijde van de nek (zie figuur 2.57). Voordat aan het lassen van de kop wordt begonnen moet men, na het lassen van de nek, het geheel slakvrij maken.



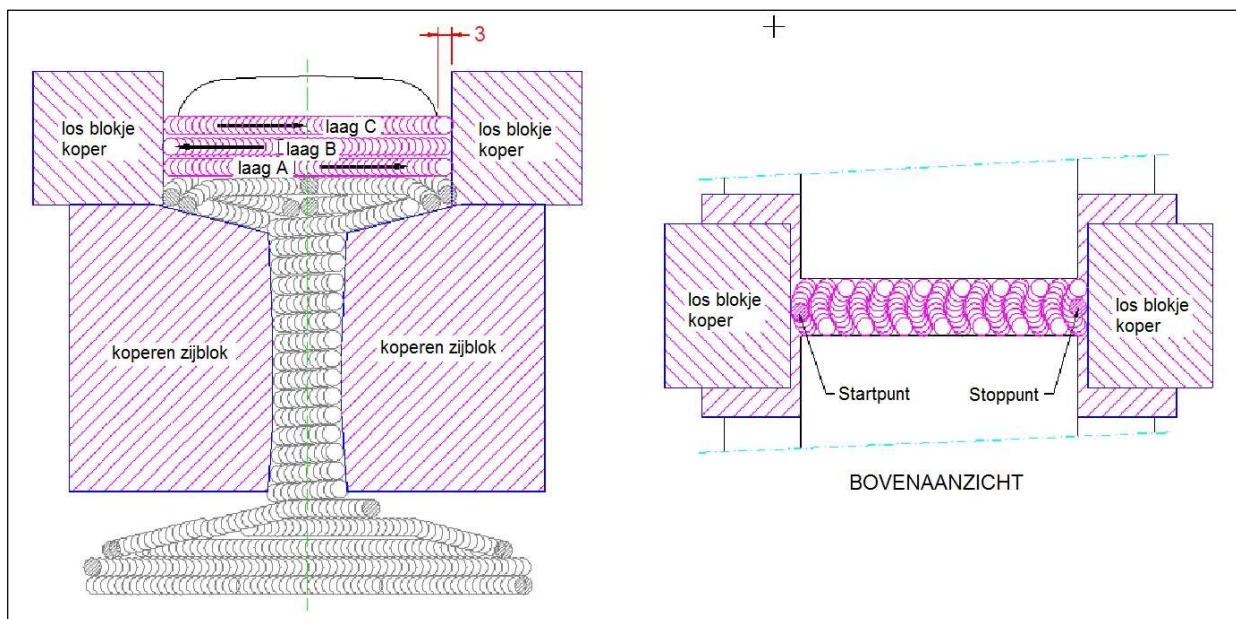
Figuur 2.56: Lassen van de ziel



Figuur 2.57: Lassen van de overgang naar de kop (links en rechts)

3. Het lassen van de kop

Voor het lassen van de kop plaatsen we twee koperen koelblokken bovenop de andere om vervolgens een drietal lagen (A, B en C in figuur 2.58) achter elkaar door te lassen tot een hoogte van ca. 8 mm onder de kop. Daarna moeten we wachten tot de kop enigszins is afgekoeld, dat wil zeggen tot de slak een diep donkerrode kleur heeft. Indien we zouden doorlassen ontstaat er oververhitting en een zeer brede sluitlaag die zacht en mogelijk zelfs poreus zal zijn.



Figuur 2.58: Lassen van de kop (exclusief de 'sluitlaag')

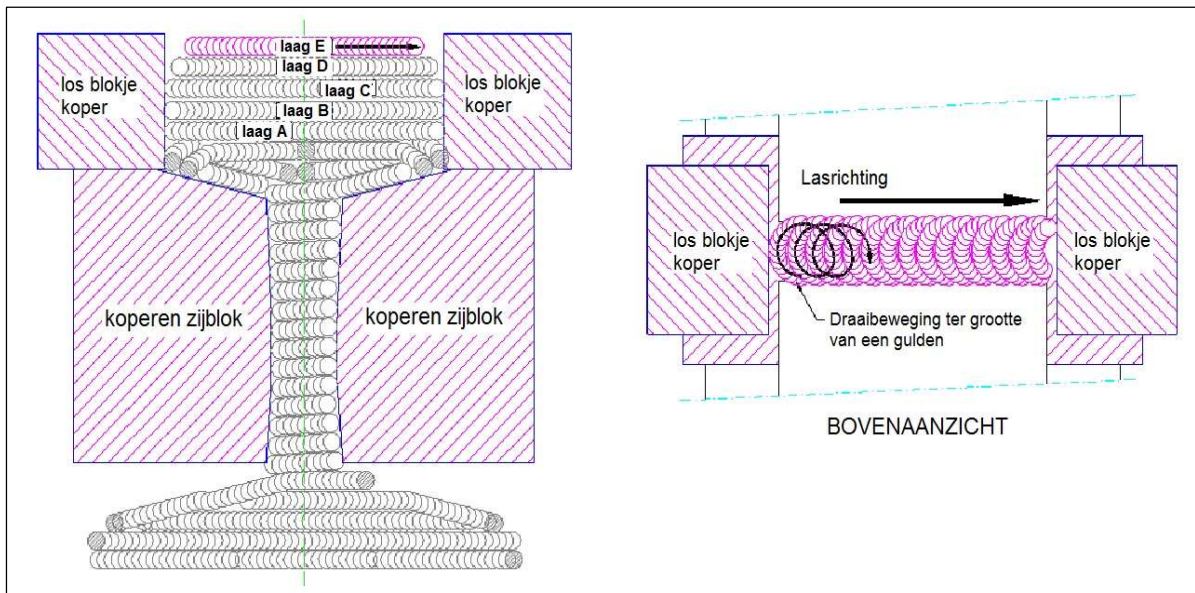
De laatste lasrupsen om de kop vol te lassen worden de 'sluitlaag' genoemd. Deze moet bestaan uit minimaal twee lagen.

Voorbeeld voor het toepassen van de sluitlagen bij de materiaalkwaliteiten R260Mn en R350HT:

De hiervoor te gebruiken elektrode is volgens de LMB/WPS de 5 mm dikke 'Wearrode 30'. Het is echter ook toegestaan om de zogenaamde hoog-rendement-variant van dezelfde diameter te gebruiken: de 'Wearrode 30HD'.

De reden voor het gebruiken van een andere elektrode dan die voor de vullagen is om de hardheid van de kop te kunnen garanderen die minimaal overeen moet komen met het basismateriaal van de spoorstaaf.

De sluitlaag lassen we dus in minimaal twee lagen, waarbij de punt van de elektrode een ronddraaiende beweging moet maken. In de eerste laag (D) een rondje ter grootte van ca. 1,5 cm en de tweede laag (E) een rondje van ca. 2,5 cm. Zie hiervoor ook figuur 2.59.



Figuur 2.59: Lassen van de sluitlaag in minimaal twee rupsen (D + E)

4. Nabehandeling

Na het lassen moet men de koelblokken afnemen, de slakresten volledig verwijderen en de las schoonborstelen. Vervolgens moet men de spoorstaaf zodanig slijpen dat er een overdikte van ca. 1 mm blijft staan. Het in profiel slijpen mag pas gebeuren als de spoorstaaf is afgekoeld tot 50°C of lager. Dit om aan de geometrie-eisen te kunnen voldoen.

In deze fase moet een visuele controle uitgevoerd worden op mogelijke uiterlijke onvolkomenheden.

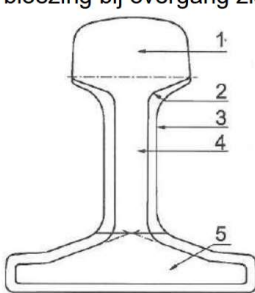
De onvolkomenheden welke niet zijn toegestaan in een bekistlas staan beschreven in de RLN00451-4:

Tabel 4 – Algemene niet toelaatbare uitwendige onvolkomenheden

Referentie naar ISO 6520-1	Niet toelaatbare onvolkomenheden bij voeg- en oplassen Zie ook de betreffende EN norm
n.v.t.	Inslijpingen > 1 mm diep en scherpe overgangen.
n.v.t.	Ruwheden van de geslepen oppervlakken Ra < 10 µm.
n.v.t.	Verblauwing (harde structuurvorming), als gevolg van te warm slijpen vanuit koude toestand alsook verblauwing op elektrische contactvlakken (bijv. a.g.v. vonkvorming op de contactvlakken van elektrische lasprocessen).
n.v.t.	Horizontale en verticale slijplengte over de kop > 900 mm met de las in het midden.
100, 104 2017	- (krater-)scheuren/ spleten - poreusheden/holten groter en dieper dan 1 mm (acceptabele holtes altijd zonder scherpe overgangen)
n.v.t. 304	- slink tot voorbij de profiellijn van de (grootste) spoorstaaf - insluitingen (bijv. van koper bij gebruik van koperen smeltbadondersteuning)
401	- bindingsfouten
5011	- voor voeglassen: inkarteling voet en lijf > 0,5 mm
5011	- inkarteling in de kop
n.v.t.	- kerven (bijv. als gevolg van het afstropen)
n.v.t.	- beschadigingen (bijv. als gevolg van inklemmen, slijpen, etc.)
n.v.t.	- indrukkingen met scherpe overgangen
511	- onvoldoende lasnaadvulling van de las op het basismateriaal
601	- hechtlassen/ontsteekplaatsen (arc strikes)
n.v.t.	- gesmolten metaal op de voet (bijv. bij kop-reparatie)
602	- lasspatten > 1 mm en slak- of zandresten/insluitingen.

De specifieke eisen voor uitwendige onvolkomenheden voor bekist- en thermietlassen zijn:

Tabel 5 – Niet toelaatbare uitwendige onvolkomenheden bij bekist- en thermietlassen

Referentie naar ISO 6520-1	Niet toelaatbare onvolkomenheden bij voeglassen Zie ook de betreffende EN norm
504	<p>Overdikte thermiet-, - en bekistlassen: De overdikte van de las (over de gehele omtrek van het profiel) met een ongelijkmatige overgang matig aangevloeid op het basismateriaal. Zie Figuur. Overbloezing bij overgang ziel/voet en bovenkant voet</p>  <p>1. Spoorstaafkop 2. Spoorstaafprofiel 3. Lasprofiel 4. Spoorstaafziel 5. Spoorstaafvoet</p> <p>Overdikte bekistlas, exclusief kop en onderkant voet: groter dan 7 mm</p>
504 515	<p>Doorlassing bekistlassen: Bij een bekistlas, aan de onderzijde van de voet, de doorlassing ongelijkmatig met een doorlassing > 5 mm. Een holle doorlassing voorbij onderkant profiel.</p>

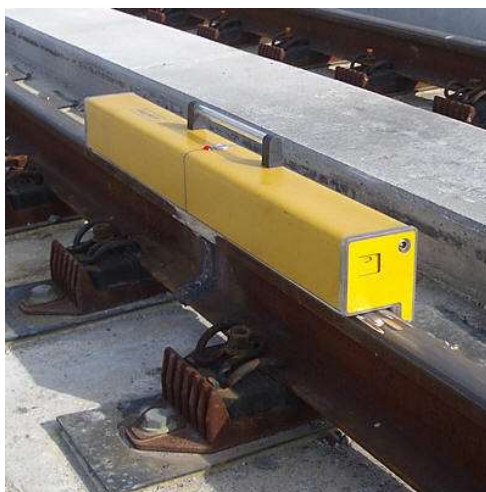
Daarnaast moet over de gehele omtrek van het profiel een gelijkmatige overgang aangevloeid zijn op het basismateriaal. De doorlassing aan de onderzijde van de voet moet gelijkmatig zijn tot een maximum van 5 mm.

Indien onvolkomenheden aansluitend hersteld kunnen worden, dan begint dat uiteraard weer met het voorverwarmen.

Na de visuele inspectie volgt het herstellen van de 'bovenbouw', dat wil zeggen het verwijderen van de spieën en keggen, het aanbrengen van de beddingplaatjes onder de voet en het vastzetten van de spoorstaaf met de bevestigingsmiddelen op de dwarsliggers.

Voordat de las is afgekoeld tot 50°C is het verplicht om tenminste een overdikte van 1mm lasmateriaal op het te slijpen railoppervlak te laten bestaan.

Indien de las volledig is afgekoeld tot 50°C of lager, kan men het profiel van de spoorstaaf weer naar de juiste geometrie brengen met behulp van een vlakslijp-machine (bijvoorbeeld een Robel-slijper). Hierbij moet men de warmte-inbreng zoveel mogelijk beperken om blauwkleuring van de las te voorkomen. De geometrie-eisen kunnen per opdrachtgever en baanvaknelheid verschillen. De controle van de geometrie vindt plaats met een digitale meetrei.



Figuur 2.60: Het meten van de geometrie met een digitale meetrei

Tot slot van deze fase wordt de ballast hersteld, en wordt de werkplek opgeruimd (elektrodepeuken - slakresten – slijpschijven, en het inpakken van de gebruikte gereedschappen en de apparatuur). De elektronische meetrei ten behoeve van het vast stellen van de geometrie door middel van de QI-waarde is voorgeschreven in de

RLN00451-4 regelgeving ten behoeve van de metallurgische voeglassen. ProRail hecht veel waarde aan de juiste geometrie omdat de spoorbelasting vanwege een slechte lasgeometrie sterk toeneemt, ook defecten in de tijd worden vaak veroorzaakt door een onjuiste geometrie. De meetresultaten moeten overeenstemmen met de eisen zoals ProRail deze heeft geformuleerd in de regelgeving. De meetinstellingen van de digitale meetrei zoals de baanvaksnelheid moeten wel juist door de bediener ingevoerd worden in de meetrei om tot het juiste resultaat te komen.

2.6.7 Magnetisme

Door magnetische blaaswerking bestaat het risico dat het volkomen onmogelijk is werkstukken te lassen, omdat de het lasmetaal van de elektrode onderin het werkstuk naar één spoorstaaf wordt getrokken. Er zijn twee plaatsen waar magnetisme kan optreden:

- rondom de lasboog, als gevolg van de stroomdoorgang;
- in de spoorstaven.

Om de lasboog is altijd een ringvormig veld aanwezig; hier is niets aan te doen.

Het magnetisme in de spoorstaaf kan worden veroorzaakt door:

- aardmagnetisme;
- niet-destructief onderzoek;
- transport onder de bovenleidingen;
- mechanische bewerkingen;
- de manier van walsen (in een richting);
- retourstroom.

Omdat de twee magneetvelden aan weerszijden van de voeg elkaar beïnvloeden wordt het lasmetaal uit de voeg weggeblazen.

Indien het veld sterk genoeg is, wordt lassen hierdoor onmogelijk. Als hier niets aan wordt gedaan, ontstaan porositeit en bindingsfouten.

Om het magnetisme op te heffen of om gedurende het lassen de nadelige invloeden binnen de perken te houden, kan men de volgende maatregelen treffen:

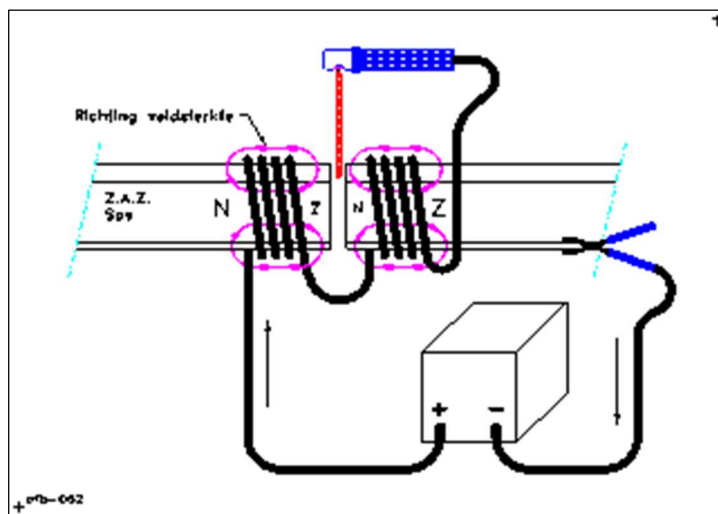
- Het maken van brughechten.
- Het opheffen van het magnetisme met behulp van een laskabel (2 maal 50 mm² of 70 mm² in koper of 100 mm² in aluminium).
- Het toepassen van een demagnetiseur.

Voor de laatstgenoemde twee oplossingen worden gebruikt bij het bekistlassen van spoorstaven. Het magneetveld wordt opgeheven met behulp van een 'magneetspoel'. Daarvoor zijn er twee mogelijke werkwijzen. Indien het toepassen van een demagnetiseur niet het gewenste resultaat geeft, is een thermietlas de juiste oplossing.

Twee werkwijzen voor het demagnetiseren

1. Demagnetiseren met behulp van een extra aggregaat (zie ook figuur 2.61a)

Door de laskabel een aantal malen strak om de magnetische spoorstaaf te wikkelen en de lastang en de aardklem met elkaar te verbinden wordt een elektromagneet gemaakt. De sterkte van deze elektromagneet kan worden geregeld door de stroomsterkte te variëren en meer of minder wikkelingen te leggen. De magneetspoel heeft het meeste effect wanneer hij dicht bij de voeg wordt geplaatst. Nadeel van deze methode is dat er een extra aggregaat nodig is omdat gedurende het lassen van de eerste naad de stroom continu aanwezig moet blijven.



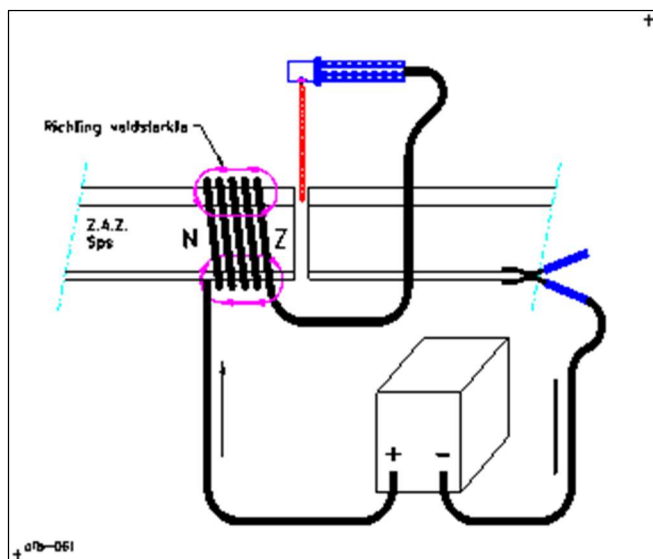
Figuur 2.61a: Demagnetiseren met extra aggregaat

Werkwijze:

1. Wikkel de laskabel drie keer om de spoorstaaf.
2. Plaats de wikkelingen zo dicht mogelijk bij de las.
3. Zorg dat de kabel strak om de spoorstaaf is gewikkeld.
4. Verbind de lastang met de aardklem d.m.v. een 5 mm dikke elektrode (of dikker).
5. Stel het aggregaat in op de laagste stroomsterkte.
6. Schakel de spanning in.
7. Voer nu langzaam de stroomsterkte op en controleer tegelijkertijd met een staafje ijzer (niet-magnetisch, bijvoorbeeld een nieuwe elektrode), of het magneetveld zwakker wordt. Hiervoor kan een zaagblad uit een handzaag worden gebruikt.
8. Wordt het magneetveld sterker, regel dan de stroom terug naar nul en wissel nu de + pool en de - pool om en herhaal punt 6 en 7.
9. Regel de stroom nu zodanig dat het eerder gebruikte staafje ijzer niet meer wordt aangetrokken.
10. Wanneer de stroomsterkte te hoog wordt (in relatie tot de inschakeltijd), regel dan de stroom terug naar nul en breng meer wikkelingen aan. Herhaal nu de punten 6 t/m 9.

2. Demagnetiseren zonder een extra aggregaat (zie ook figuur 2.61b)

Het is ook mogelijk een spoel te maken met behulp van de laskabel waarmee wordt gelast. Omdat de stroomsterkte hierbij wordt bepaald door de elektrodediameter, kan de veldsterkte worden geregeld door meer of minder wikkelingen om de spoorstaaf te leggen en/of de wikkelingen verder uit elkaar te leggen.



Figuur 2.61b: Demagnetiseren zonder extra aggregaat

Werkwijze:

1. Wikkel de laskabel twee keer om de spoorstaaf.
2. Plaats de wikkelingen dicht bij de voeg.
3. Trek de laskabel strak om de spoorstaaf.
4. Plaats de te gebruiken elektrode in de lastang.
5. Verbind de aardklem vervolgens met een proefplaatje.
6. Las vervolgens een stukje met de te verwachten stroominstelling op het proefplaatje.
7. Laat iemand anders met een nieuwe elektrode controleren of het magneetveld is veranderd.
8. Wanneer het magneetveld sterker is geworden, wikkel dan de laskabel tegengesteld aan de richting zoals deze nu is.
9. Wanneer het magneetveld zwakker is geworden maar toch nog te sterk is om te kunnen lassen, breng dan een aantal extra wikkelingen om de spoorstaaf aan, tot het magneetveld nul is.
10. Eventuele fijnregeling van de veldsterkte kan worden bereikt door de afstand tussen de wikkelingen te variëren.

2.6.8 Type 2 las (materiaal R260Mn aan mangaanstaal)

Zoals aan het begin van deze paragraaf vermeld, zijn er twee typen bekistlassen:

- Type 1: R260Mn onderling verbinden of R350HT onderling verbinden;
- Type 2: 12-14% mangaanstaal verbinden met R260Mn (inclusief RVS onderlegstrip).

Het grootste deel van de voorgaande paragraaf is gewijd aan de type 1 las. Hoewel de opzet soortgelijk is, zijn er toch aanmerkelijke verschillen met het lassen van mangaanstaal aan R260Mn (type 2 las).

LET OP: Alleen lasmethodebeschrijvingen (WPS) welke zijn vrijgegeven door ProRail mogen worden toegepast deze zijn te vinden op: www.prorail-kennisbank-metallurgische-lassen.nl. Alle voorbeelden in deze module dienen alleen voor opleidingsdoeleinden het lasbedrijf dient de voor- en nabehandeling van de uit te voeren las te beschrijven in een werkinstructie (minimaal conform de eisen uit ISV00451) aanvullende aan de door ProRail vrijgeven WPS.

Hierna wordt voor elke fase de verschillen met een bekistlas type 1 (R260Mn of R350HT) aangegeven.

Voorbehandeling

- Mangaanstaal is vanwege het hoge percentage mangaan (12-14%) niet autogeen te snijden. Mechanisch doorslijpen is hier de enige mogelijkheid.
- De voegbreedte is 16-20 mm (in plaats van 15-18 mm).
- De overhoogte van de spoorstaafeinden is 1,5-2,0 mm (in plaats van 1-1,5 mm).

Lasproces

- Mangaanstaal is bij verwarming scheurgevoelig en moet daarom eigenlijk zo koud mogelijk blijven, terwijl de andere zijde, de materiaalkwaliteit R260Mn, net zo hoog zou moeten worden voorverwarmd als bij type 1.
In de LMB/WPS is een compromis beschreven door het mangaanstaal tot handwarm (45-50°C) en de R260Mn tot ca. 200°C voor te verwarmen en controleer deze met gekalibreerde contact thermometer.
- De tussenlaagtemperatuur mag bij de Mn-C-las (ook wel "DAM-las" of Direct Aan Mangaan-las genoemd) vanwege de gevoeligheid voor scheurvorming aan de Mn-zijde, beslist niet hoger zijn dan 200°C. Er moet dan ook regelmatig tussentijds gepauzeerd worden. Dat komt goed uit, want ...
- Na iedere rups moet de slak volledig verwijderd worden!
- Als onderlegstrip (backing) moet een 2-zijdig onder 45° afgeschuind roestvast stalen plaatje (type AISI 304 of 316) worden gebruikt, in plaats van de keramieken of koperen strip. Het plaatje, dat onderdeel blijft van de te maken las, moet men eerst hechten aan de Mn-zijde en daarna aan de koolstofstaalzijde. Zoals de tekening in de LMB aangeeft komt het plaatje schuin te staan in de voeg vanwege het hoogteverschil tussen de beide spoorstaafeinden.
- Ook de te gebruiken elektrode is anders, namelijk van het roestvast staal type: AISI 307. De hechtlassen en de grondlaag/doorlassing moeten gelast worden met een diameter 2,5 mm; de vullagen van de voet en ziel met diameter 3,2 mm en de vullagen van de kop met een 5,0 mm elektrode.

- Het is beter om de massaklem(men) aan de mangaanzijde te plaatsen, om de magnetische blaaswerking te beperken. Deze magnetische blaaswerking treedt op als gevolg van de kleinere elektrische geleiding van het mangaanstaal in vergelijking met koolstofstaal.
- Het pendelen tijdens het lassen is niet toegestaan en er moet zoveel mogelijk snoerend gelast worden. Bij de start- en stopplaatsen blijft uiteraard het 'rondje draaien' gehandhaafd, om kraterscheuren te voorkomen.
- Het maken van een goede doorlassing is bij dit type las moeilijker vanwege het schuin weglopende RVS-plaatje, maar zo mogelijk nog belangrijker, in verband met de scheurgevoeligheid van het materiaal.
Men moet eerst de doorlassing controleren, bijvoorbeeld met een spiegeltje, voordat met het lassen van de voet wordt begonnen! Figuur 2.62 geeft een voorbeeld van een slecht doorgelaste Mn-C-las.



Figuur 2.62: Slechte doorlassing Mn-C-las

- Na het vollassen van de voet (waarbij men op de interpasstemperatuur moet blijven letten!) kunnen, net als bij de type 1 las, de koperen koelblokken tegen het profiel geplaatst worden. Het verschil is echter dat de blokken alleen aan de Mn-kant (geforceerd) gekoeld mogen worden. De koolstofstaalzijde (R260Mn) mag beslist niet afkoelen en zal mogelijk bijverwarmd moeten worden om scheurvorming te voorkomen.
- Anders dan bij het materiaal R260Mn of R350HT, zijn de sluitlagen bij de Mn-C-las ook met de roestvast stalen elektrode van het type AISI 307 te lassen.

Nabehandeling

De behandeling na het lassen van een Mn-C-las verschilt niet van het andere type bekistlas. Ook hier dus las schoonmaken – visuele controle uitvoeren – herstellen bovenbouw – geometrie herstellen en (digitaal) opmeten.

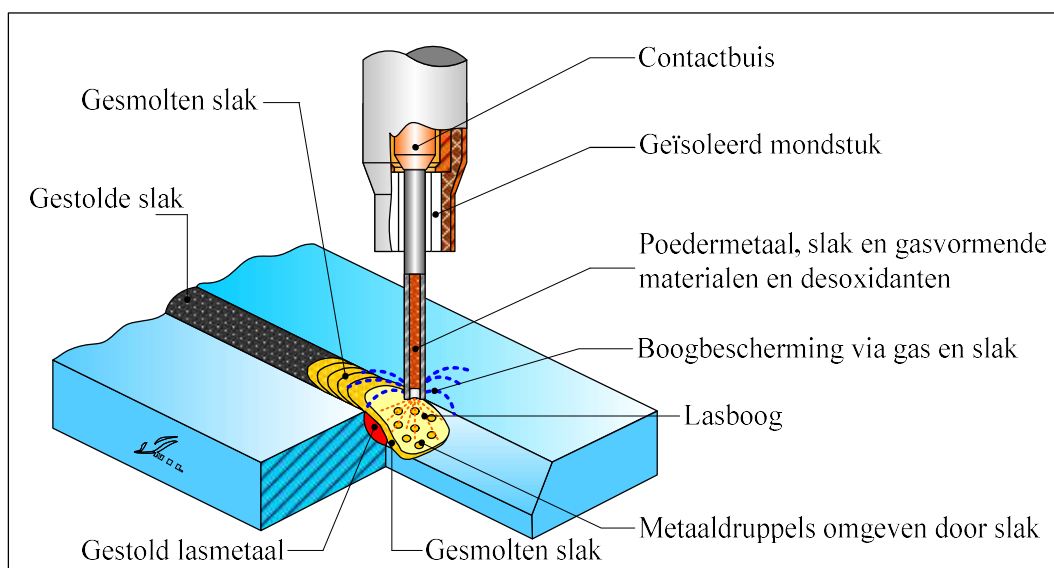
Er is één uitzondering in de praktijk in het spoor: Na het in profiel slijpen moeten er aan beide zijden van de las lasplaten (eventueel verlijmd) aangebracht worden ter zekering van de lasverbinding. Indien de platen verlijmd zijn, moeten na het uitharden de platen worden nagetrokken.

2.6.11 Bekistlasproces: booglassen met gevulde draad zonder gasbescherming (INFORMATIEF)

Het bekistlassen ook uit te voeren met een ander lasproces, namelijk het booglassen met een poedervevulde draad zonder gasbescherming, ook wel 'Innershield'-lassen genoemd. Dit lasproces wordt uitgevoerd met een gevulde lasdraad waaraan zoveel slak- en gasvormende stoffen zijn toegevoegd, dat het niet noodzakelijk is gebruik te maken van een extra gasbescherming.

Het booglassen met gevulde draad zonder gasbescherming is evenals het MAG-lassen een halfautomatisch lasproces dat met de hand of volledig geautomatiseerd wordt uitgevoerd.

Het principe van het booglassen met gevulde draad zonder gasbescherming is schematisch weergegeven in figuur 2.63.



Figuur 2.63: Schematische weergave van het booglassen met gevulde draad zonder gasbescherming.

2.6.12 Verschillen met MAG-lassen

Principe

Het principe van het booglassen met gevulde draad zonder gasbescherming lijkt op het MAG-lassen. Het belangrijkste verschil met MAG-lassen, naast het feit dat er geen beschermgas wordt gebruikt, betreft de gebruikte lasapparatuur.

De lastoorts is niet voorzien van een gascup, waardoor deze aanmerkelijk kleiner is dan een conventionele toorts voor het MAG-lassen. Dit maakt dat er makkelijker in kleine lasnaden kan worden gelast. Ook wordt er gelast met een veel grotere uitsteeklengte dan bij het MAG-lassen, omdat het proces zelfbeschermend is en zorgt dat de weerstand in de draad toeneemt waardoor er vervolgens minder stroom nodig is om de draad te doen smelten ("I²R effect", I=stroom, R=weerstand) hierdoor neemt de neersmeltsnelheid toe.

Het belangrijkste aspect bij het booglassen met gevulde draad zonder gasbescherming is de afwezigheid van een beschermgas, waardoor het mogelijk is in de buitenlucht te lassen

Voor het binnen of buiten lassen in beperkte ruimten kan het laspistool voorzien worden van een speciale afzuiging, waardoor een groot deel van de bij dit proces extra geproduceerde lasrook dicht bij de bron wordt weggezogen.

Lasdraad

De gebruikte lasdraden zijn voorzien van een speciale vulling voor het lassen zonder beschermgas. De vulling zorgt voor een slakbescherming op de las en er zitten zoveel gasvormende stoffen in, dat ook het smeltbad en de overgaande metaaldruppels voldoende beschermd worden. Ook de diameter van de lasdraad is vaak wat groter dan die van de MAG-lasdraden. De lasdraden zijn op speciale haspels gewikkeld zodat er geen verwisseling met MAG-lasdraden kan plaatsvinden.

Apparatuur

Apparatuur voor het booglassen met gevulde draad zonder gasbescherming bestaat uit de volgende onderdelen:

- een gelijkstroombron (ca. 350 A bij 60% inschakelduur); zonder koeleenheid voor de lastoorts;
- stroom- en massakabels (doorsnede 70 mm²);
- een lastoorts met slangenpakket (alleen stroom- en stuurkabel);
- een geïsoleerd verlengstuk (L=90 of 180 mm) voor de draadgeleiding;
- een draadaanvoerenheid / draadkoffer.



Figuur 2.65: Draadkoffer voor het 'Innershield' lassen



Figuur 2.66: Bekistlassen met 'Innershield'

Uitvoering

Het booglassen met gevulde draad zonder gasbescherming wordt vooral ingezet uit economische overwegingen en het gebruik in de buitenlucht op locatie.

Voor- en nadelen

Het 'Innershield' lassen kent zowel voor- als nadelen:

Voordelen

- een lichtere toorts;
- geen gaskosten en gesleep met gascilinders;
- een hogere inschakelduur (geen verwisseling elektroden);
- geen restpeuken;
- veel hogere neersmelt (kg/uur), dus een kortere lastijd.

Nadelen

- veel lasrookontwikkeling;
- duurder lasapparatuur;
- meer risico op bindingsfouten en onvolkomen doorlassingen vergeleken met het lassen met beklede elektroden;
- storingsgevoeliger vanwege draadaanvoer.

2.6.13 Het maken van een voeglas met gasloos gevulde draad (INFORMATIEF)

Het maken van een bekistlas met gasloos gevulde draad (ook wel 'Innershield'-proces genoemd) lijkt erg veel op die van een bekistlas met beklede elektrode. Voor de details van de verschillende stappen binnen de deelprocessen voorbereiding, uitvoering en nabehandeling wordt dan ook verwezen naar de eerder behandelde stappen bij het lassen met beklede elektroden.

We beperken ons in deze beschrijving tot het benoemen van de achtereenvolgende stappen en de verschillen tussen beide processen.

Zoals eerder aangegeven is het lassen met gevulde draad zonder gasbescherming nog niet goedgekeurd door ProRail op Vignole rail maar wel bij sommige gemeentelijke vervoersbedrijven voor groefrail. Hierna is dan ook een voorbeeld gegeven op basis van een willekeurige LMB/WPS.

Voorbehandeling

- Het creëren van de voeg (16-18 mm).
- Bevestigingsmiddelen losmaken (3 dwarsliggers aan beide zijden van de las).
- Het uitrichten of stellen van de las (overhoogte 2,0-2,5 mm).
- Het reinigen van de voeg en ca. 10 mm rondom blank maken.
- Het opstellen lasapparatuur en spoeldraad aanbrengen (bijvoorbeeld Lincoln Smitweld type NS 3M, \varnothing 2mm).

Lasproces

- Het aanbrengen van de onderlegstrip (keramiek of koper) en startplaatje.
- De gehele doorsnede van beide spoorstaafinden over een lengte van ca. 200 mm voorverwarmen met een propaan/zuurstofbrander op ca. 250°C.

Controleren van de voorverwarmtemperatuur op ca. 100 mm naast de voeg over gehele doorsnede c met gekalibreerde contact thermometer.

Instellen van de lasparameters, waarbij met name de spanning (29-30 Volt), die de lengte van het vrije draadeinde of de 'stick-out' regelt, van groot belang is. Een te grote of een te kleine 'stick-out' tijdens het lassen geeft onvoldoende bescherming van het lasbad en heeft poreusheid in de las tot gevolg.

Het vrije draadeinde moet tijdens het gehele lasproces 40-50 mm bedragen.

Met name bij het lassen van de ziel moet men hier zeer goed op letten! Dit is in het begin lastig, als men gewend is met beklede elektroden te lassen.

- Het lassen van de voet gaat in meerdere lagen, veelal zonder onderbreking, waarbij echter wel de interpass temperatuur (maximaal 350°C) in de gaten moet worden gehouden, te meten op ca. 10 mm naast de las.
- Om de koelblokken goed aan te kunnen brengen wordt de laatste laag bovenop de voet vaak pas na het aflassen van de kop uitgevoerd. De koelblokken beschikken over grotere nokken (circa 3 a 4mm) om het slak af te voeren.
- Aanbrengen van de koelblokken in het profiel van de spoorstaaf en deze vastzetten.
- Nogmaals de temperatuur controleren.
- Ook de ziel wordt achter elkaar vol gelast, waarbij wederom de interpass temperatuur bepalend is. De temperatuur loopt namelijk vrij snel op bij dit lasproces. Men moet ervoor zorgen dat de lichtboog beide flanken van de spoorstaaf steeds goed omsmelt, om bindingsfouten te voorkomen.
- Tijdens het gehele lasproces moet men goed opletten dat de slak voldoende wegvloeit, omdat deze anders in het smeltbad ingesloten wordt.
- Voor het vollassen van de kop geldt hetzelfde als voor de ziel.
- Afhankelijk van eisen van de spoorbeheerder moet men de laatste 8 of 10 mm van de kop, de sluitlagen, lassen met een elektrode of gevulde draad met een grotere hardheid, om de slijtvastheid van de kop te waarborgen.
- Hierbij moet de spoorstaaf zijn afgekoeld tot de voorverwarmtemperatuur van ca. 250°C (dus NIET de interpass temperatuur !). Anders bestaat het gevaar van een 'ontlaateffect' en verliest de spoorstaaf een deel van zijn oorspronkelijke hardheid. De hardere sluitlagen worden dan ingereden / weggedrukt door de wielbelasting.
- Als laatste moet men de deklagen in de voet lassen, en wel zo dat er een vloeiende overgang naar beide zijden van het basismateriaal ontstaat en geen randinkarteling. Hiervoor moet men eerst de slakresten verwijderen. Let op: dit zijn geen sluitlagen, dus hierbij moet men niet de slijtvaste elektrode of gevulde draad toepassen, maar na voorverwarming van de voet, de Lincoln Smitweld NS 3M gevulde draad toepassen.

Nabehandeling

- Slak en lasspatten verwijderen en de las rondom goed schoonborstelen.
- Uitvoeren van de visuele controle (zie voor details de beschrijving bij bekistlas beklede elektrode).
- Herstellen bovenbouw.
- Na afkoeling tot 50°C of lager het kopprofiel slijpen om de juiste geometrie te verkrijgen.
- Controleren van de geometrie met een digitale meetrei.
- Opruimen van de werkplek en inpakken van de gebruikte gereedschappen en apparatuur.

2.7 Boog oplassen

Leerdoelstellingen (2.6 t/m 2.7)

Je bent in staat om:

VBE 2.2.7.1OP De principes van oplassen te begrijpen

VBE 2.2.7.2OP De stappen te beschrijven die nodig zijn om een las te maken voor een specifieke LMB

Het oplassen van bovenbouwonderdelen in het spoor wordt in het algemeen toegepast om de levensduur van die onderdelen te verlengen en om een versnelde (verdere) slijtage te voorkomen. Oplassen is bovendien meestal veel goedkoper dan het vervangen / uitwisselen van een stuk spoorstaaf (passtuk) of wisselonderdelen als punt- of kruisstukken.

Schades die door oplassen gerepareerd kunnen worden zijn: algemene slijtage, kopscheuren, afschilfering, uitbrokkeling, brandplekken als gevolg van slippen en verslagen koppen.

Voor het oplassen komen in principe verschillende lasprocessen in aanmerking :

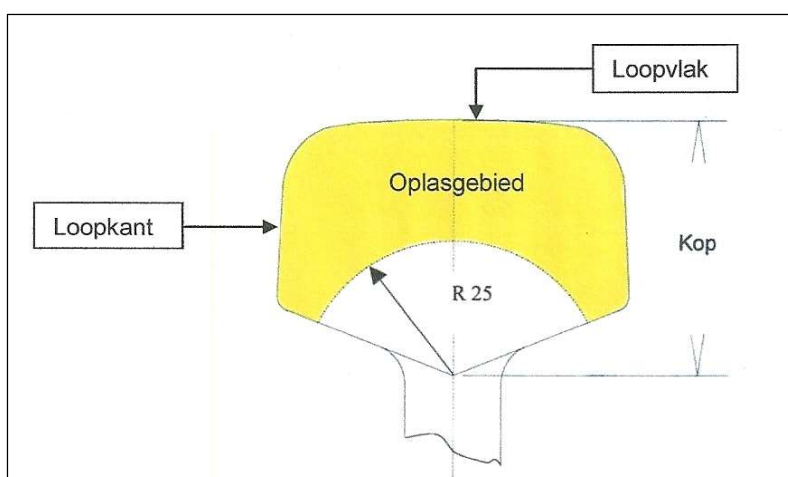
- booglassen met beklede elektroden;
- booglassen met massieve of gevulde draad onder gasbescherming;
- booglassen met gevulde draad zonder gasbescherming;
- onder poeder lassen.

Binnen de huidige regelgeving van ProRail is alleen het booglassen met beklede elektroden een goedgekeurd oplasproces. Het booglassen met gevulde draad zonder gasbescherming en het onder poederdek lassen zijn wel toegestaan oplasprocessen voor groefrail bij de trambanen. In het kader van deze opleiding zal alleen het booglassen met beklede elektroden worden behandeld.

Voor het oplassen onderscheiden we een drietal deelgebieden:

1. spoorstaven (inclusief detectierupsen zie bijlage 5);
2. wisseldelen als punt- en kruisstukken;
3. strijkgelassen.

Binnen deze deelgebieden zijn, afhankelijk van de materiaalkwaliteit, nog verschillende lasmethodebeschrijvingen (LMB's) of Welding Procedure Specifications (WPS'en), van toepassing. Voor de geldige WPS'en wordt ten alle tijden verwezen naar: www.prorail-kennisbank-metallurgische-lassen.nl (en na te vragen bij de lascoördinator). De WPS'en in deze lesstof zijn dus uitsluitend bedoeld voor lesdoeleinden. In het algemeen geldt dat oplassing (oppervlaktelassen) alleen uitgevoerd mogen worden in de kop van de bovenbouwconstructie, zoals aangegeven in figuur 2.66. Het oplassen van de wisseltong is alleen toegestaan tot aan de wortelklos, dus niet het mechanisch bewerkte en beweegbare deel van de tongbeweging.



Figuur 2.67: Oplasgebied van spoorstaafkop in mm

2.7.1 Oplassen van spoorstaven

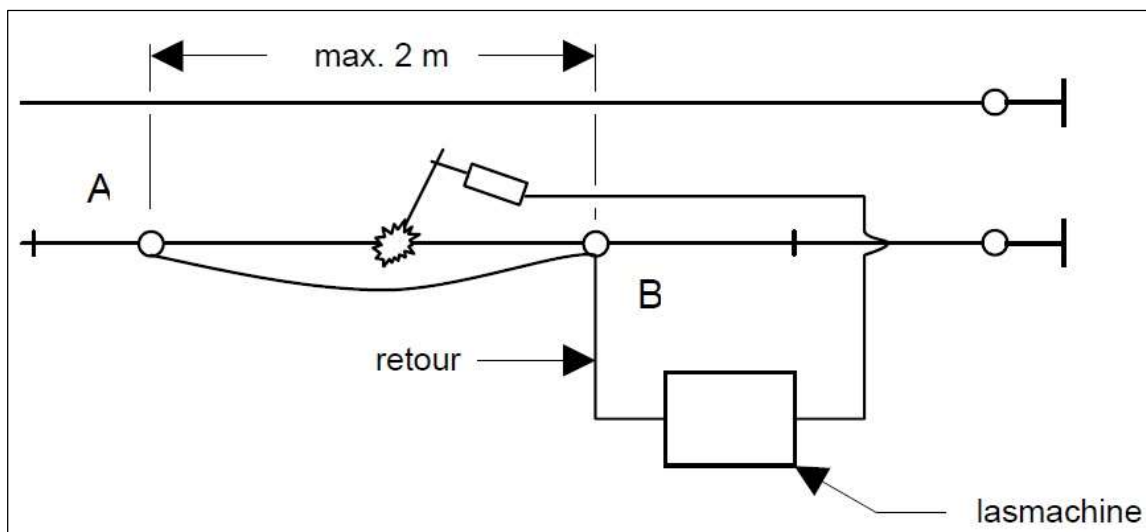
Als voorbereiding op het repareren van spoorstaven door middel van oplassen moet men de volgende maatregelen nemen:

- Het spoorgedeelte waar de oplassing(en) plaatsvinden moet voldoende onderstept zijn.
- Zorg zo nodig voor het zelf opspieën van de spoorstaaf om de juiste hoogteligging te verzekeren.
- Bescherm houten dwarsliggers en elektrische verbindingen tegen verbranden.
- Zorg dat het voor te warmen gebied vrij is van vet, vuil en teerresten.
- Vervang de kurkrubberplaatjes bij betonnen dwarsliggers als de voettemperatuur boven de 200°C uitkomt.
- Stel de oplaszona(s) vast met een stalen rei. Markeer hierbij het op te lassen gedeelte duidelijk, bijvoorbeeld door licht aan te slijpen met een slijptol.
- Maak alle op te lassen zones metallisch blank, tot minimaal 10 mm rondom de op te lassen zone.
- Verwijder het basismateriaal minimaal 3 mm onder het toekomstige loopvlak. Dit om het oplassen in minimaal twee lagen mogelijk te maken.
- Controleer op mogelijke defecten zoals scheuren, uitbrokkelingen of kogelgaten. Verwijder aanwezige defecten door middel van slijpen of frezen tot een diepte van 10 mm vanaf het loopvlak.
- Zorg bij een defect met een diepte groter dan 10 mm, dat er tijdens en na het lassen maatregelen getroffen worden om te voorkomen dat de bovenbouwdeelen gaan kromtrekken of omhoog komen. Dit moet in het aanwezige lasplan zijn aangegeven.
- Inspecteer op eventuele (scheur)indicaties en neem de nodige maatregelen. Bij het voorverwarmen van het basismateriaal met een propaan/zuurstofbrander zullen eventuele (scheur)indicaties zichtbaar worden bij het rustig voortbewegen van de vlam over de te inspecteren zone. Bij twijfel is penetrant of magnetisch onderzoek vereist.
- Indien bij een maximale maat van 20 mm diepte het defect nog niet is verwijderd, zorg dan voor het invullen van een ACP (acceptatieprotocol).
- Indien een eerder gerepareerd gedeelte binnen de op te lassen zone valt, beschouw de oude las dan ook als defect. Verwijder dit defect binnen de oplaszona minimaal tot 4 mm onder het loopvlak, of verwijder meer als het defect dieper ligt dan 4 mm.
- Voer een materiaalcontrole uit aan de hand van het walsmerk in de ziel van de spoorstaaf en bepaal welke LMB/WPS er gebruikt moet worden bij het oplassen.

Voor het oplassen zijn meerdere verschillende LMB's / WPS'en mogelijk.

LET OP: Alleen lasmethodebeschrijvingen (WPS) welke zijn vrijgegeven door ProRail mogen worden toegepast deze zijn te vinden op: www.prorail-kennisbank-metallurgische-lassen.nl. Alle voorbeelden in deze module dienen alleen voor opleidingsdoeleinden het lasbedrijf dient de voor- en nabehandeling van de uit te voeren las te beschrijven in een werkinstructie (minimaal conform de eisen uit ISV00451) aanvullende aan de door ProRail vrijgeven WPS.

Voordat men kan gaan lassen, moet de lasapparatuur worden aangesloten zoals aangegeven in figuur 2.68, om te voorkomen dat beveiligingsinstallaties ontregelen of beschadigen als gevolg van de lasstroom.



Figuur 2.68: Opstelling van elektrische lasapparatuur

Hierbij gelden de volgende eisen:

- De retourstroomkabels moeten bevestigd zijn op een deugdelijke wijze (zoals op een blank geslepen oppervlak) zodat er geen vonkoverslag kan plaats vinden, links en rechts van de plaats waar moet worden gelast. De aansluitpunten zorgen ervoor dat er een stroomkring kan ontstaan.
- De aansluitpunten A en B mogen niet een elektrische scheiding overbruggen.
- De aansluitpunten A en B moeten aan hetzelfde spoorstaafbeen, punt- of kruisstuk of ander constructie-onderdeel bevestigd zijn.
- De aansluitpunten A en B mogen niet verder dan 2 meter uit elkaar liggen.
- De laskabels (dus inclusief retourleiding) moeten voorzien zijn van goed isolatiemateriaal.
- De lasmachine (trafo, omvormer, aggregaat) moet zodanig uitgevoerd zijn dat het lasstroomvoerende gedeelte vrij is van: het net, aarde en de spoorstaven.

Net zoals bij het bekistlassen van spoorstaven moet ook bij het oplassen het materiaal worden voorverwarmd. Het voorverwarmen met een propaan/zuurstofbrander moet zeer gelijkmatig plaatsvinden, beginnend uit het hart van de laszone.

Het voor te warmen gebied is de gehele lengte van de oplaszone + 200 mm aan beide zijden van die zone. Controle van de voorverwarmtemperatuur moet gebeuren op ca. 100 mm naast de te lassen zone, ongeveer een minuut na het wegnemen van de brander. De controle van de interpass- of tussenlaagtemperatuur vindt plaats op 10 mm naast de las. Indien deze temperatuur te hoog is, moet men wachten met de volgende rups. Indien de tussenlaagtemperatuur lager is dan

de voorverwarmtemperatuur moet men bijwarmen alvorens verder te lassen. Alle temperaturen moeten gecontroleerd worden met een gekalibreerde contact thermometer.

In de voorbehandeling is er al rekening mee gehouden dat het oplassen minimaal in twee lagen moet plaatsvinden, waarbij de eerste laag ruim tegen het basismateriaal en de volgende laag net binnen de omtrek van de vorige laag moet liggen. Hierdoor wordt de voorgaande laag telkens uitgegloeid en is de kans op scheuren kleiner. Deze lasmethode noemt men 'temperbead' lassen.

Daarnaast vereist het voorkomen van eindkraterscheuren extra aandacht. Dit soort scheuren is te voorkomen door met de elektrode iets terug te lopen op het reeds bestaande lasbad alvorens de elektrode terug te trekken.

Hieronder volgt een uitleg hoe je de WPS dient te lezen bij vragen die je jezelf altijd te wenden tot de lascoördinator.

1 = afkorting lasproces, 111 is lassen met beklede elektroden in het Engels Shielded Metal Arc Welding

2 = Staalkwaliteit rail

3 = Voorverwarmtemperatuur 100mm naast de te lassen zone meten. Voor een juiste controle dient men ten minste één minuut te wachten alvorens te meten.

Tussenlaag temperatuur meten vlak naast de las (10mm) voordat de opvolgende las wordt gemaakt.

4 = Uitgloeien van de voorgaande laag let wel op dat je binnen 3-5 mm blijft t.o.v. de voorgaande laslaag

5 = Pendelen max. 60mm

Laag nr	r (Indien van toepassing)	1+n	2+n+s
Laspositie (ISO)	PA (1G) steunrups	PA (1G) Grondlaag	PA (1G) Vul/sluitlaag
Lasproces	111	111	111
Lastoevoegmateriaal: Merk	ESAB	ESAB	ESAB
Type	OK 83.28	OK 83.29	OK 83.29
DIN	DIN 8555	E 1-UM - 300	E 1-UM - 300
Diameter lastoevoegmateriaal (mm)	4.0	5.0	5.0
Gelijkstroom-wisselstroom(DC-AC), polariteit	DC +	DC+	DC+
Stroomsterkte, min-max (A)	180-200	200-280	200-280
Spanning, min-max (V)	26-28	34-38	34-38
Druppelovergang			s
Voortloopsnelheid, min-max (cm/min)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Warmteïnbreng min-max (kJ/mm)	-	-	-
Minimum uitrek lengte (mm)	-	-	-
Pendelen (Zwaaien) toegestaan (J/N)	Ja	Ja	Ja
Pendelbreedte, min-max (mm)	20-60	20-60	20-60
Opgesteld door	A.M.Sol	Geautoriseerd door: A.M.Sol	
Datum	18-09-05	Datum: 02-05-06	
Paraaf	€	Paraaf: €	

Figuur 2.69: Opbouw van een WPS

Direct na het lassen moet men de slakresten volledig verwijderen en de las schoonborstelen. Vervolgens moet de kop zodanig worden geslepen dat er een overdikte van ca. 1 mm blijft staan.

Pas hierna mag men (bij de materiaalkwaliteit R370CrHT) de warmtebehandeling uitvoeren. Het in profiel slijpen mag pas gebeuren als de spoorstaaf is afgekoeld tot 50°C of lager. Dit om aan de geometrie-eisen te kunnen voldoen.

Het uitvoeren van een visuele controle op mogelijke uiterlijke onvolkomenheden is in dit stadium van de las op zijn plaats, omdat deze dan nog hersteld kunnen worden.

De volgende onvolkomenheden zijn niet toegestaan:

- inslijpingen groter dan 1 mm en scherpe overgangen;
- (krater)scheuren;
- poreusheid / holtes groter en dieper dan 1 mm. De holtes kleiner dan 1 mm moeten echter wel zonder scherpe overgangen zijn;
- slakinsluitingen of slakresten;
- bindingsfouten;
- inkarteling in de kop;
- lasspatten groter dan 1 mm.

Indien onvolkomenheden aansluitend hersteld kunnen worden, dan begint dat uiteraard weer met het voorverwarmen.

Wanneer de las volledig is afgekoeld tot 50°C of lager, kan men het profiel van de spoorstaaf weer naar de juiste geometrie brengen met behulp van een vlakslip-machine (bijv. Robel-slijper). Hierbij moet men de warmte-inbreng zoveel mogelijk beperken, om blauwkleuring van de las te voorkomen. De geometrie-eisen kunnen per opdrachtgever en baanvaksnelheid verschillen, maar de controle van de geometrie vindt plaats met een digitale meetrei.

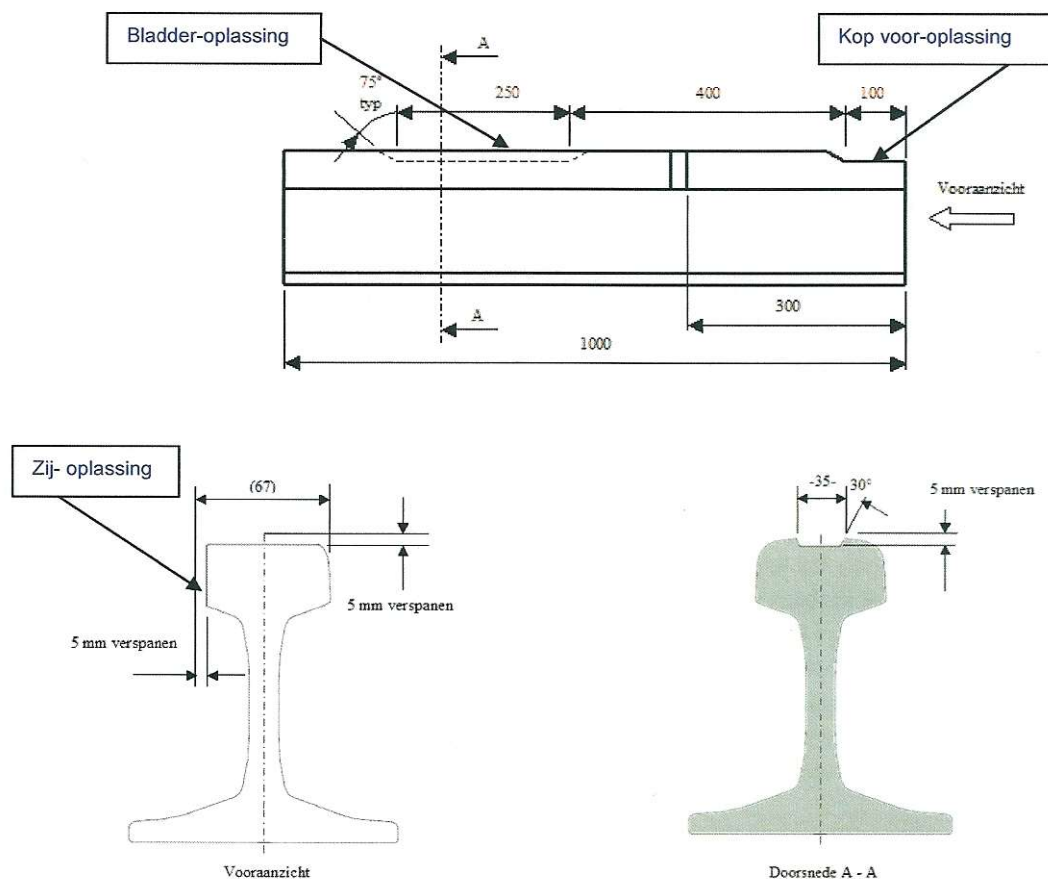
Tot slot wordt de ballast hersteld en wordt de werkplek opgeruimd.



Figuur 2.70: Het meten van de geometrie met een digitale meetrei

Standaard proefstuk voor de kwalificatie als oplasser

Voor oppervlaktelassen moeten de proefstukken een lengte hebben van minimaal 1000 mm of zoveel langer indien noodzakelijk voor het produceren van de las. Er dient zowel aan de bovenzijde als aan de zijkant van de kop worden gelast over een lengte zoals aangegeven in figuur 2.71 (een simulatie van een afschilfering, ingeslagen kopeinden en gesleten zijkanten).



Figuur 2.71: Standaard oplasproefstuk (uit RLN00451-2).

Het lassen van de proefstukken moet altijd volgens de in de praktijk voorkomende positie (op de kop in PA, zijwaarts in PC volgens NEN EN ISO 6947) plaatsvinden.

De voorbereekte (bijvoorbeeld gefreesde) vlakken dienen altijd met een slijptol verder uitgeslepen te worden met een dwarsuitloop van 30° en een langs-uitloop van 75° met een radius van ongeveer $R = 3$ mm naar de randen in alle richtingen.

Voor de oplaskwalificatie moet het standaard proefstuk in één procesgang (dus zonder reparatielassen) worden gelast volgens de van toepassing zijnde LMB / WPS en beslist niet worden geslepen. Deze oplaskwalificatie is geldig voor alle oplaswerkzaamheden aan punt- en kruisstukken, spoorstaven en strijkgeregels in de materiaalkwaliteit zoals weergegeven is in tabel 4 in RLN00451-1:

Oplasser-kwalificatie

- Voor het kwalificeren van Oplassers geldt per lasproces (bijv. lasproces 111 volgens EN-ISO 4063) het volgende schema: in één van genoemde kwaliteiten.

Tabel 4. Dekkingsgebied Oplasser kwalificatie

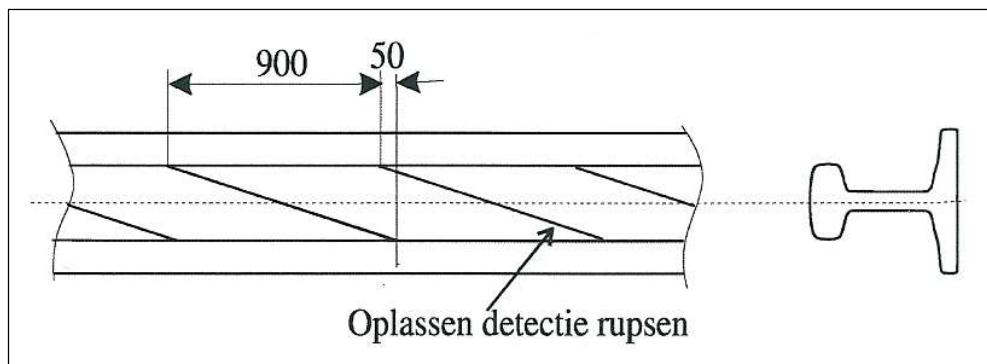
Type PtW	Soort Oplassing	Soort Proefstuk	Geldigheidsgebieden ¹
1OPL	Voor oplassing aan austenitische railstaalsoorten	Zie figuur 1 in een willekeurige spoorstaafkwaliteit ² gelast met basisch lastoevoegmateriaal volgens de van toepassing zijnde SWPS voor G/X120Mn12.	Mn staal varianten Met basisch austenitisch lastoevoegmateriaal volgens EN 14700
2OPL	Voor oplassing aan perlitische niet gelegerde en niet gelegerde warmte behandelde railstaalsoorten	Zie figuur 1 in een spoorstaafkwaliteit bijv. R260, R260Mn en R350HT gelast met ferritisch basisch lastoevoegmateriaal volgens de van toepassing zijnde SWPS	Alle vignole profielen en puntstukken in: R260, R260Mn en R350HT. Met basisch ferritisch lastoevoegmateriaal volgens EN 14700.
3OPL	Voor oplassing aan perlitische (micro) gelegerde railstaalsoorten en gelegerde (micro) warmte behandelde railstaalsoorten	Zie figuur 1 in een R370CrHT spoorstaafkwaliteit gelast met ferritisch basisch lastoevoegmateriaal volgens de van toepassing zijnde SWPS	Alle vignole profielen en puntstukken in: 51CrV4, R320Cr, R370CrHT, S1100V en MHH. Met basisch ferritisch lastoevoegmateriaal volgens EN-ISO 18275.

1. De detectierups-oplasser moet in bezit zijn van een oplascertificaat type 2OPL of 3OPL met daarin een aantekening dat de oplasser ook bekwaam is bevonden voor het lassen van detectierupsen. De detectierups-oplasser dient hiervoor, onder toezicht van de door ProRail geaccepteerde instantie, een detectieproeflas te maken volgens de SWPS uit ISV00451 in R260Mn materiaal. In de bijlage van het oplassers-certificaat wordt, bij goed gevolg, een aantekening gemaakt.
2. Indien het proefstuk niet bestaat uit een mangaanstaal variant volgens NEN-EN 15689 moet de (p)WPS aangepast worden op het toegepast moedermateriaal.

Voor het aanbrengen van roestvast stalen detectierupsen op de kop van de spoorstaaf om een goede treindetectie in de baan te waarborgen worden nu de wezenlijke verschillen met de eerder beschreven methode in de voorbehandeling / lasuitvoering en nabehandeling weergegeven. Wel moet de gecertificeerde oplasser, voorafgaand aan het in de baan uitvoeren, éénmalig een proeflas maken overeenkomstig de LMB / WPS onder toezicht van een onafhankelijke keurings- en beproevingsinstantie (zie bovenstaande tabel 4 uit de RLN00451-1 voetnoot 1).

Voorbehandeling

- De kop van de spoorstaaf 1 – 1,5 mm diep uitslijpen met een sleufbreedte van 6 – 7 mm.
- Gleuven dienen een lengte en overlap te hebben zoals aangegeven in figuur 2.72, en loodrecht op het oppervlak te staan met gebroken kanten (> 45°) om afpellen van de las te voorkomen.



Figuur 2.72: Geslepen gleuven ten behoeve van detectierupsen

- Detectierupsen moeten starten / doorlopen vanaf / tot 0,5 m van een voeglas.
- Oude te repareren detectierupsen moet men zoveel mogelijk verwijderen tot 4 mm diepte. Indien het defect dieper ligt dan 4 mm dient men een apart reparatievoorschrift te maken.

Lasproces

- Over de gehele doorsnede van de spoorstaaf moet de te lassen zone + 100 mm aan beide zijden worden voorverwarmd op 350 - 350°C met een propaan/zuurstofbrander.
- Controle van de voorverwarmtemperatuur vindt plaats op 50 mm naast de te lassen zone.
- De lassen moeten bij voorkeur in één laag worden uitgevoerd (één elektrode per lengte met start aan de rij-zijde). Bij aanvang moet men ongeveer 3 cm voorbij het beginpunt starten, vervolgens teruglopen naar het begin en direct doorlassen naar het einde van de sleuf. Aan het eind weer ongeveer weer 3 cm teruglopen.
- De lassen moeten met een overdikte van ca. 1 mm worden uitgevoerd.
- Pendelen is, afhankelijk van de sleufbreedte, toegestaan tot maximaal 15 mm.

Nabehandeling

- Na het lassen en afkoelen van de spoorstaaf tot onder de 50°C kan men de lasrupsen met een vlakslijper (bijvoorbeeld een Robel-slijper) vlakken tot een overdikte van 0,3 – 0,5 mm.

2.7.2 Oplassen van punt- en kruisstukken

Aan het begin van dit hoofdstuk is vermeld dat we bij het oplassen drie deelgebieden kunnen onderscheiden, namelijk spoorstaven, punt- en kruisstukken en strijkregels.

Deze paragraaf behandelt het tweede deelgebied: het oplassen van punt- en kruisstukken. Deze onderdelen kunnen zijn vervaardigd uit verschillende materiaalkwaliteiten die ook weer een andere lasprocedure vereisen. Er zijn echter vele punten - zeker ten aanzien van de voorbereiding op het lassen, de laagopbouw bij het lassen enz. - die identiek zijn.

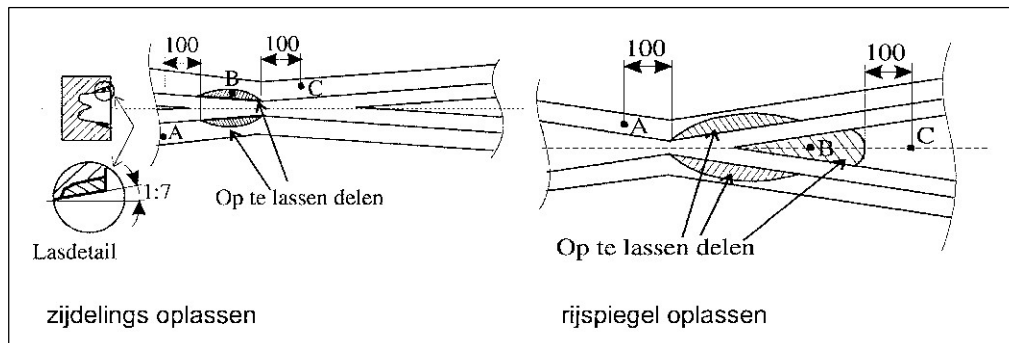
Hierna zullen we dan ook eerst de punten behandelen die voor elk materiaal hetzelfde zijn, om daarna de onderlinge verschillen aan te geven.

Voorbehandeling

Als voorbereiding op de laswerkzaamheden moeten nagenoeg dezelfde maatregelen worden getroffen als bij het oplassen van spoorstaven (zie § 2.10.1). Er komen nog een paar extra maatregelen bij:

- Zorg dat de wissel goed is onderstopt.

- Zorg bij geconstrueerde punt- en kruisstukken dat eventuele losse bouten worden aangedraaid en controleer de groefwijdte.
- Zorg voor het zo nodig wackeren en opspieën van het punt- of kruisstuk om een juiste hoogteligging te verzekeren. Bescherm de zelfborgende moeren tegen te grote warmte. Draai de moeren na het lassen en afkoelen aan tot het benodigde aandraaimoment.
- Bewerk als eerste de punt, om een zware stootbelasting op de punt bij treinpassage te voorkomen. Zie ook figuur 2.73.



Figuur 2.73: Oplassing puntstuk

- Zorg dat alle overgangen van lasmetaal naar basismateriaal een verloop hebben van minimaal 75° in de lasrichting en minimaal 30° haaks op de lasrichting.
- Zorg dat de afrondingsstraal van de overgang hierbij minimaal 3 mm bedraagt. Deze voorwaarden gelden ook voor de plaatselijk te verwijderen defecten.
- Voer een materiaalcontrole uit aan de hand van het walsmerk in de ziel van de spoorstaaf en bepaal welke LMB / WPS er gebruikt moet worden bij het oplassen.

Lasproces

Voor de opstelling van de lasapparatuur geldt hetzelfde als beschreven bij het oplassen van spoorstaven (zie figuur 2.68).

Net als bij het bekistlassen van spoorstaven moet ook bij het oplassen van punt- en kruistukken het materiaal worden voorverwarmd, behalve mangaanstaal. Mangaanstaal hoeft niet te worden voorverwarmd, maar alleen drooggestookt tot maximaal 50°C, om vocht te verdrijven. Het voorverwarmen en droogstoken gebeurt met een propaan/zuurstofbrander en moet zeer gelijkmatig plaatsvinden, beginnend vanuit het dikste gedeelte.

Het voor te warmen gebied is de gehele lengte van de oplaszone + 200 mm aan beide zijden van die zone. Controle van de voorverwarmtemperatuur gebeurt op ca. 100 mm naast de te lassen zone, ongeveer een minuut na het wegnemen van de brander. De controle van de interpass- of tussenlaagtemperatuur wordt uitgevoerd op 10 mm naast de las. Indien de tussenlaagtemperatuur te hoog is, moet men wachten met de volgende rups. Indien deze temperatuur lager is dan de voorverwarmtemperatuur, dan moet worden bij verwarmd alvorens verder te lassen.

In de voorbehandeling is er al rekening mee gehouden dat het oplassen minimaal in twee lagen moet plaatsvinden, waarbij de eerste laag ruim tegen het basismateriaal en de volgende laag net binnen de omtrek van de vorige laag moet liggen. Hierdoor wordt de voorgaande laag telkens uitgegloeid en is de kans op scheuren kleiner. Deze lasmethode noemt men 'temperbead' lassen.

Daarnaast vereist het voorkomen van eindkraterscheuren extra aandacht. Dit soort scheuren is te voorkomen door met de elektrode iets terug te lopen op het reeds bestaande lasbad alvorens de elektrode terug te trekken.

Het voorgaande is van toepassing ongeacht de op te lassen materiaalkwaliteit. De onderlinge verschillen tussen een aantal LMB's / WPS'en zijn als voorbeeld weergegeven in figuur 2.74.

Uitvoering	Materiaal		
	R220 t/m R350HT	MHH, R320, 51CrV4, S1100	Mangaanstaal
Voorverwarmgebied	laszone + 200 mm aan beide zijden hiervan	laszone + 200 mm aan beide zijden hiervan	droogstoken van alleen de laszone
Voorverwarmtemperatuur	300 - 350°C	350 - 400°C	maximaal 50°C.
Metten voorverwarmtemp.	150 mm naast las	150 mm naast las	in de laszone
Elektrode	OK WEARTRODE 30 en OK WEARTRODE 30 HD Zie: www.prorail-kennisbank-metallurgische-lassen.nl voor geldende elektroden	BOHLER FOX EV 105 Zie: www.prorail-kennisbank-metallurgische-lassen.nl voor geldende elektroden	UTP BMC Zie: www.prorail-kennisbank-metallurgische-lassen.nl voor geldende elektroden
Laagopbouw <ul style="list-style-type: none"> • rijkant of punt • loopvlak (PA) • rijkant (PC) 	<ul style="list-style-type: none"> • steunrups toegestaan • minimaal 2 lagen • backing toegestaan, lasbreedte min. 10 mm in 1 laag opbouwen 	<ul style="list-style-type: none"> • steunrups toegestaan • minimaal 2 lagen • backing toegestaan, lasbreedte min. 10 mm in 1 laag opbouwen 	<ul style="list-style-type: none"> • steunrups toegestaan • minimaal 2 lagen • backing toegestaan, mag in 1 laag worden opgebouwd
Pendelbreedte <ul style="list-style-type: none"> • PA • PC 	<ul style="list-style-type: none"> • 20 – 60 mm • 20 – 25 mm 	<ul style="list-style-type: none"> • 20 – 60 mm • 20 – 25 mm 	Max, 1x elektrode diameter* *WPS in bewerking bij ProRail
Interpass temperatuur	300 - 400°C voor elke laslaag	350 - 400°C voor elke laslaag	maximaal 150°C voor elke laslaag
Metten interpass temp.	10 – 20 mm naast las	10 – 20 mm naast las	10 – 20 mm naast las
Warmtebehandeling na het lassen en in profiel slijpen ¹⁾	n.v.t.	10 – 12,5 min op 350 tot 400°C, afkoeling aan de lucht	n.v.t.
¹⁾ Voordat aan de warmtebehandeling mag worden begonnen, moet het materiaal afgekoeld zijn geweest tot beneden de 150°C. De opgelaste zone zelf + 100 mm aan beide zijden hiervan met een propaan/zuurstofbrander met ca. 20°C / min verwarmen tot 350 - 400°C. Deze temperatuur gedurende 10 – 12,5 minuten handhaven, gevolgd door afkoeling aan de omgevingslucht.			

Figuur 2.74: Onderlinge verschillen afhankelijk van de materiaalkwaliteit.

Direct na het lassen moet men de slakresten volledig verwijderen en de las schoonborstelen. Vervolgens moet de kop zodanig worden geslepen dat er een overdikte van ca. 1 mm blijft staan. Pas hierna mag men – voor zover van toepassing - de warmtebehandeling uitvoeren. Ook moet een visuele controle worden uitgevoerd op mogelijke uiterlijke onvolkomenheden en moeten deze worden hersteld (zie voor details § 2.10.1 Oplassen spoorstaven).

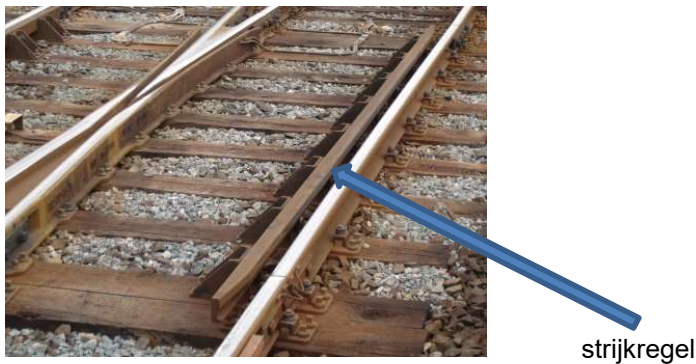
Het in profiel slijpen mag pas gebeuren als de delen zijn afgekoeld tot 50°C of lager. De bovenzijde moet worden uitgevoerd met een vlakslijpmachine (Robel-slijper). De naald en de vleugels moeten op gelijke hoogte zijn, waarbij de naald vloeiend moet oplopen om niet te worden aangerezen. Voor het aanbrengen van de afronding van naald en vleugel gebruikt men een haakse slijptol.

Tot slot wordt de ballast hersteld en wordt de werkplek opgeruimd.

2.7.3 Oplassen van strijkgregels

Het oplassen van gesleten of uitgekollende strijkgregels is zowel in de voorbereiding als in de uitvoering van het lasproces precies hetzelfde als beschreven in de voorgaande paragraaf over het oplassen van punt- en kruisstukken.

We beperken ons hier dan ook tot het weergeven van figuur 2.75.



Figuur 2.75: Zidelings oplassen strijkgregel

2.8 Afbrandstuiklassen

Leerdoelstellingen

Je bent in staat om:

VBE 2.2.8.1A De processtappen van afbrandstuiklassen uit te leggen en de invloed op de las en WBZ te verklaren

VBE 2.2.8.2A De principes van afbrandstuiklassen te beschrijven

VBE 2.2.8.3A De proces varianten van het afbrandstuiklasproces te onderscheiden

VBE 2.2.8.4A Het werk juist voor te bereiden en lasprogramma's te herkennen

VBE 2.2.8.5A De haaksheid, reinheid van de te lassen delen en contactvlakken te beoordelen

VBE 2.2.8.6A De reinigingsapparatuur veilig en juist te gebruiken

VBE 2.2.8.7A Voorbereidende handelingen kunnen noemen

VBE 2.2.8.8A Voor de uitvoering van lassen de juiste gereedschappen, parameters (programma) en procedures aan te geven en op juiste wijze toe te passen en te behandelen

VBE 2.2.8.9A De stappen te beschrijven die nodig zijn om een afbrandstuiklas te maken voor een specifiek proces

VBE 2.2.8.10A Op de juiste manier een afbrandstuiklas te maken zonder onvolkomenheden

VBE 2.2.8.11A Omgevingscondities en het gevolg voor de warmte inbreng en afkoelsnelheid te begrijpen

VBE 2.2.8.12A De juiste toleranties vast te stellen

VBE 2.2.8.13A Een juiste behandeling van lasapparatuur en gereedschappen bij het lassen, opslag en transport procedures toe te passen (opslaan en transport kunnen aangeven)

VBE 2.2.8.14A Voeglassen te slijpen volgens de richtlijn van ProRail

VBE 2.2.8.15A De meest voorkomende lasonvolkomenheden en hun oorzaken te begrijpen, bv. scheuren, onvoldoende uitstulping, te korte stuikweg, onvoldoende Pv, flat spots, lezen data acquisitie

Het afbrandstuiklassen is een lasproces om metalen delen met elkaar te verbinden door middel van het plaatselijk elektrisch afbranden en uitwendige druk. Voor spoorstaaflassen zijn er twee varianten:

- lasprocesnummer 241: met voorverwarmen opgenomen in het lasprogramma;
- lasprocesnummer 242: zonder voorverwarmen.

Bij het afbrandstuiklassen wordt normaliter geen materiaal toegevoegd. Maar bijvoorbeeld bij het lassen van mangaanstaal aan koolstofstaal (denk aan kruisstukken met aangelaste benen) wordt een zogenaamd insert materiaal (voor deze toepassing roestvaststaal) toegepast.

Afbrandstuiklassen kunnen direct in de baan gemaakt worden met een mobiele machine, of met een stationaire machine in bijvoorbeeld een fabriekshal. Principieel is er een onderscheid tussen stationaire en mobiele machines. De stationaire machines zijn veelal driefasen gelijkstroom-gestuurd. Ze worden in de spoorbouw ingezet bij bedrijven die wissels of wisseldelen produceren, of bij het verbinden van spoorstaven tot grotere lengten (360 meter) dan de vanuit de walserij verkregen lengte (maximaal 120 meter ongelast). Mobiele machines maken gebruik van wisselstroom. Zij vinden hun toepassing in de baan, zowel bij nieuwbouw als bij vervanging van oude spoorstaven.



Figuur 2.81: Stationaire afbrandstuikinstallatie



Figuur 2.82: Voorbeeld van een laskop van een mobiele afbrandstuiklasmachine

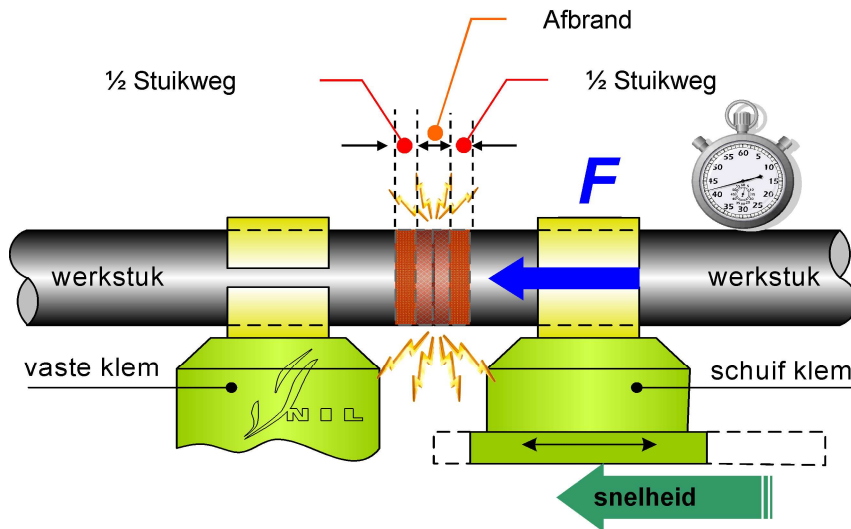
Apparatuur

Afbrandstuikapparatuur bestaat uit de volgende onderdelen:

- een stroombron geschikt voor hoge stroomsterkten (100–30 kA);
- klemmechanismen om de werkstukdelen in te klemmen;
- twee of meer elektroden waarmee de stroom overgedragen wordt op de werkstukdelen; soms zijn de elektroden en het klemmechanisme gecombineerd;
- aanslagen en voorzieningen om minimaal één van de klemmen over een instelbare afstand te kunnen verplaatsen;
- een stuureenheid.

Principe

Afbrandstuijklassen is een lasproces gebaseerd op een combinatie van warmte en druk. Het valt onder het principe van druklassen. In het spoor wordt alleen lasproces 241 toegepast: afbrandstuijklassen met voorverwarmen. Hieronder wordt het principe van dit proces beschreven.



Figuur 2.83: Schematische weergave van het afbrandstuijklassen

Twee aan elkaar te lassen delen (spoorstaven) worden licht in contact gebracht met elkaar (stuiervoordruk). Daarna wordt stroom doorgevoerd en treedt smelten op van plaatselijke contactpunten (vlakbranden). De bescherming van de te verbinden delen gebeurt doorgaans vanzelf doordat de materialen tijdens het proces dusdanig veel vonken (van het afbranden) en metaaldamp veroorzaken dat de buitenlucht niet bij de las kan komen.

Door het smelten worden de contactpunten verbroken. Tegelijkertijd worden de delen een aantal keer langzaam naar elkaar toe en van elkaar af bewogen, zodat nieuwe contactplaatsen ontstaan die eveneens smelten. De te lassen delen worden hierbij tevens lang of kort (afhankelijk van de toepassing) voorverwarmd. Dit proces wordt voortgezet tot het gehele oppervlak tot smelten is gebracht (afbranden). Na het vlakbranden gaat het voorwarmen verder in de voorwarmfase. Vervolgens worden de delen met verhoogde kracht tegen elkaar gedrukt (stuiken), waarna de stroom wordt uitgeschakeld. Tijdens het afkoelen kan men, afhankelijk van de toepassing, geforceerd koelen, nadrukken en/of naverwarmen. Na een afkoelperiode (stollen) wordt de stuijkracht verminderd en/of weggenomen en is de las tot stand gebracht. Als gevolg van het stuiken ontstaat altijd een zogenaamde stuijkril die verwijderd moet worden middels afschuifmessen.

2.8.1 Het maken van een afbrandstuiklas



Figuur 2.84: Voorbeeld van een mobiele afbrandstuiklas

Vorbereiding

Voordat je kunt beginnen met lassen, moet je de volgende handelingen uitvoeren:

- vlak doorzagen van de spoorstaaf (bij voorkeur doorslijpen);
- reinigen van de spoorstaafuiteinden: als het spoorstaafuiteinde over de laatste meters is verontreinigd met olie of vet, dan moet je deze alzijdig ontvetten met een deugdelijk ontvettingsmiddel;
- ontroesten: kopse kanten, contactvlakken en rondom oxidevrij slijpen, borstelen of zandstralen;
- nogmaals ontvetten;
- vlakheid controleren: met een blokhaak controleren of de te lassen oppervlakken recht zijn.

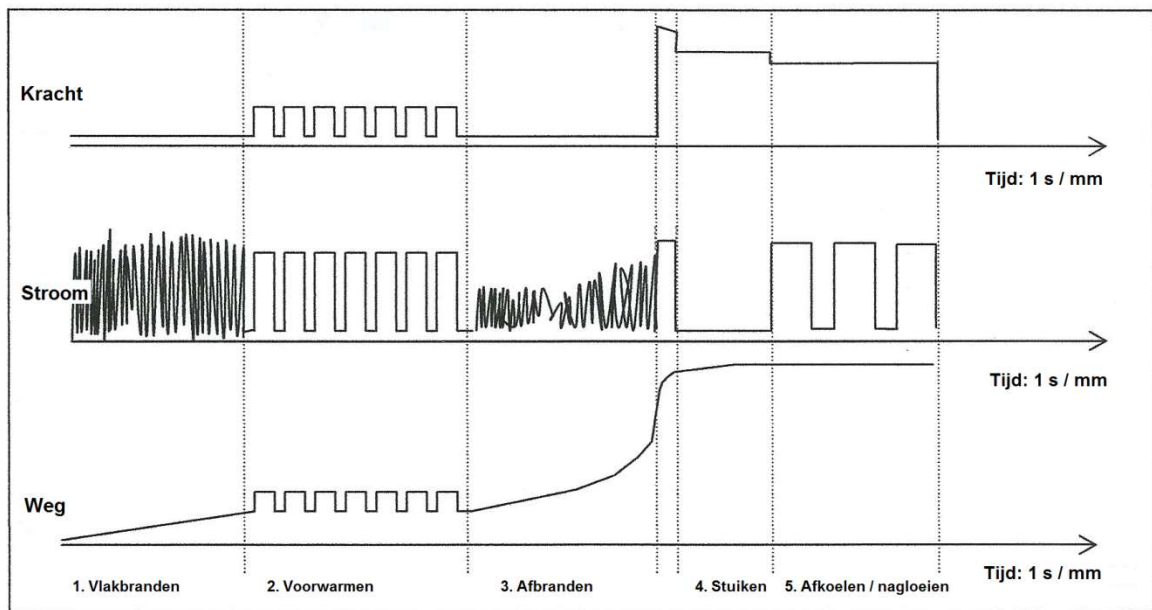


Figuur 2.85: Mechanisch gereinigd oppervlak van de kopse kant

Uitvoering

Bij het afbrandstuiklassen last men in het algemeen in vijf achtereenvolgende stappen:

- Fase 1 Vlakbranden
- Fase 2 Voorwarmen (pulserend of semi continu)
- Fase 3 Afbranden
- Fase 4 Stuiken
- Fase 5 Afkoelen of nagloeien



Figuur 2.86: Typisch kracht / stroom / weg-diagram voor een stationaire machine

In bovenstaand diagram zijn de vijf fasen van het afbrandstuiklasproces weergegeven. In dit diagram zijn van boven naar beneden de kracht, de stroom en de weg (de verplaatsing van het te lassen materiaal) afgezet tegen de tijd.

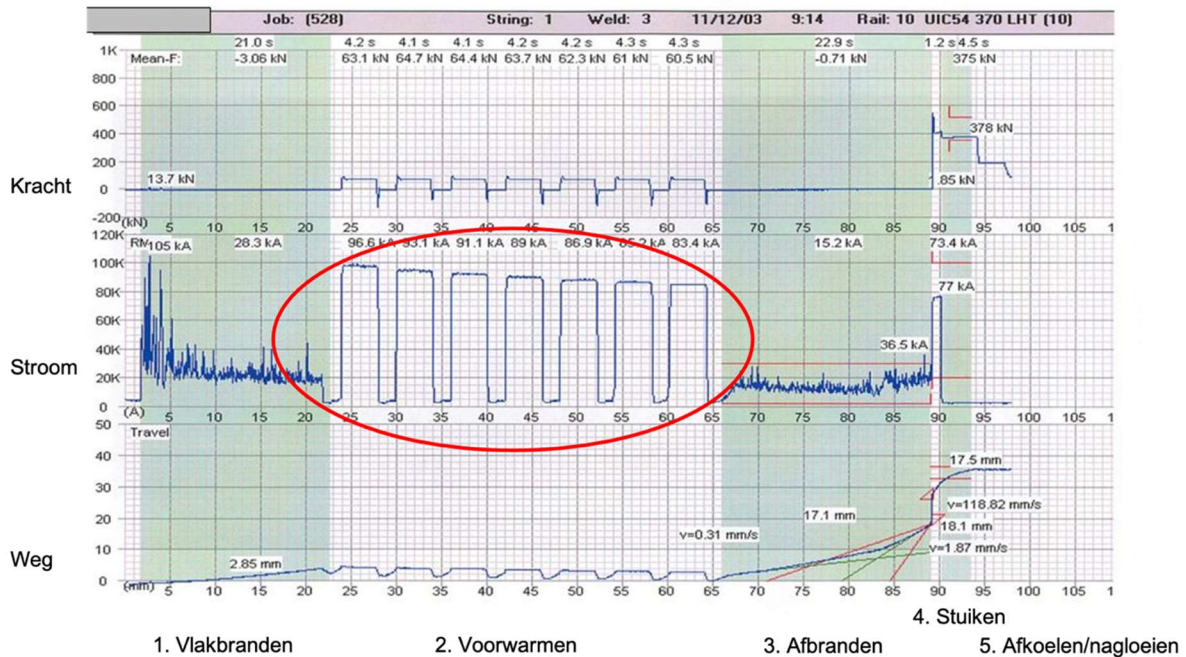
Fase 1 Vlakbranden

Het vlakbranden is noodzakelijk om eventueel niet volledig vlakke of haakse spoorstaafdelen planparallel te maken en de nog eventueel aanwezige oxidatie en vervuiling te verwijderen voor een betere stroomoverdracht. De verplaatsingssnelheid is hierbij erg laag, maar voldoende om het materiaal in koude toestand af te branden.

De voortgang is als volgt: de beide werkstukkeinden naderen elkaar, tot ze elkaar op enkele punten raken. Op de raakpunten begint een stroom te vloeien. Door de hoge stroomdichtheid zullen de eerste raakpunten zo warm worden dat ze smelten of zelfs verdampen. Door de metaaldampdruk worden het gesmolten metaal en de verontreinigingen uit de lasspleet geslingerd. In het verdere verloop van het vlakbranden raken meerdere plaatsen elkaar tot de gehele doorsnede vlak is.

Fase 2 Voorwarmen

Om voor te verwarmen worden beide werkstukdelen met een bepaalde kracht tegen elkaar gedrukt. De raakvlakken en de naastgelegen delen worden door de hoge stroom verwarmd. De snelheid hierbij is zo hoog dat de door de stroombron geleverde energie onvoldoende is om de vele raakpunten over de gehele doorsnede weg te branden. Ze worden slechts - met hun directe omgeving - verwarmd. Om het samensmelten te voorkomen beweegt men de delen weer van elkaar af om ze daarna weer tegen elkaar te drukken. Dit herhaalt zich - afhankelijk van de doorsnede - vier tot twintig keer (bij een stationaire machine). De beste aanwijzing dat het voorwarmen gereed is, is dat de spoorstaafdeinden over de gehele doorsnede bij een bepaalde stootkracht beginnen te vervormen.



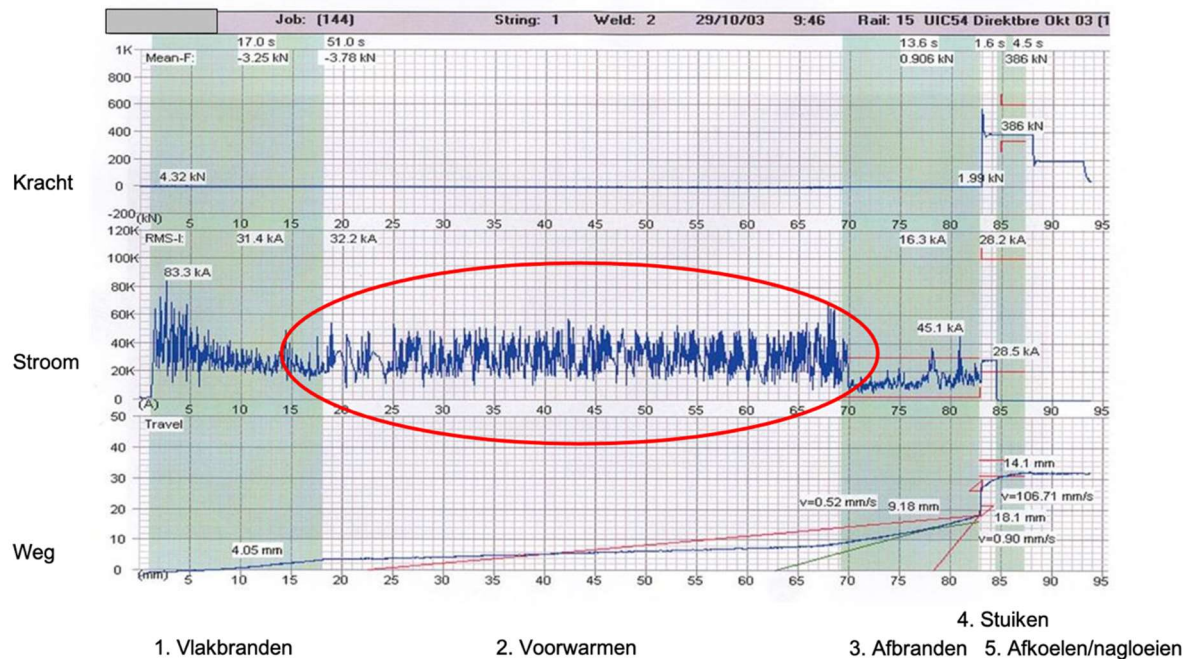
Figuur 2.87: Pulserend voorwarmen

Een stationaire afbrandstuiklasmachine werkt op gelijkstroom. In bovenstaand diagram is goed te zien dat een stationaire machine tijdens het voorwarmen echte pulsen genereert.

Bij het pulserend voorverwarmen worden de spoorstaafdelen door een elektronische afbrandregeling met een relatief hoge snelheid tegen elkaar gedrukt. Bij het botsen van de raakvlakken smelt het materiaal kort af. De voortloopsnelheid is echter zo hoog, dat de door de transformator of gelijkrichter aangeboden energie niet voldoende is om het vooruitgeschoven metaal over het hele raakvlak weg te drukken.

De voorverwarmregeling herkent deze kortsluiting en trekt de railleinden weer uit elkaar tot de stroomkring verbroken wordt. Bij het scheiden van de werkstukkeinden ontstaat er weer een kleine afbrandfase waarbij er weer wat materiaal wordt weggesmolten voordat de stroomkring onderbreekt. Vervolgens wordt dit meerdere malen herhaald. Door deze oscillerende beweging van de spoorstaven ontstaan er ongeveer twee tot vier voorverwarmimpulsen per seconde, die - doordat er telkens wat materiaal wegsmelt en de raakvlakken steeds wijzigen - de delen zeer gelijkmatig over het raakvlak verwarmen.

Ook bij afbrandstuiklassen met een mobiele machine wordt voorverwarmd. Doordat een mobiele machine op wisselstroom werkt, gebeurt het voorwarmen semicontinu. De te lassen delen worden langzaam naar elkaar toe bewogen



Figuur 2.88: Semicontinu voorwarmen

Fase 3 Afbranden

Voor het inleiden van het afbranden wordt de voordruk eerst zo geregeld dat de door de transformator of gelijkrichter aangeboden energie toereikend is om het metaal op de raakpunten te smelten en te verdampen. Door de hoge temperatuur van het stotend voorverwarmen kan de afbrandvoortgang zo snel verlopen dat er zich een metaaldamp rond de gehele doorsnede vormt. Deze metaaldamp fungeert als beschermgas dat de lucht en vooral de zich daarin bevindende zuurstof van de stootvlakken verwijdert.

Door de vele aanraakvlakken ontstaan kleine afbrandkratertjes, waaruit het metaal wordt geslingerd. Bij een te kleine afbrandsnelheid zullen zich weinig aanraakvlakken vormen waarop de afbrandstroom zich concentreert. Daarom worden er in onregelmatige volgorde minder grote metaaldeeltjes uit de lasnaad geslingerd, die weer minder grote kraters achterlaten. Het afbrandverloop wordt onregelmatig en de bescherming door de metaaldamp is niet meer toereikend. De afbrandkraters kunnen nu ook te groot zijn om in de volgende fase nog goed te stuiken. In de praktijk heeft men goede ervaringen met het verhogen van de afbrandstroom tegen het einde van het afbrandproces.

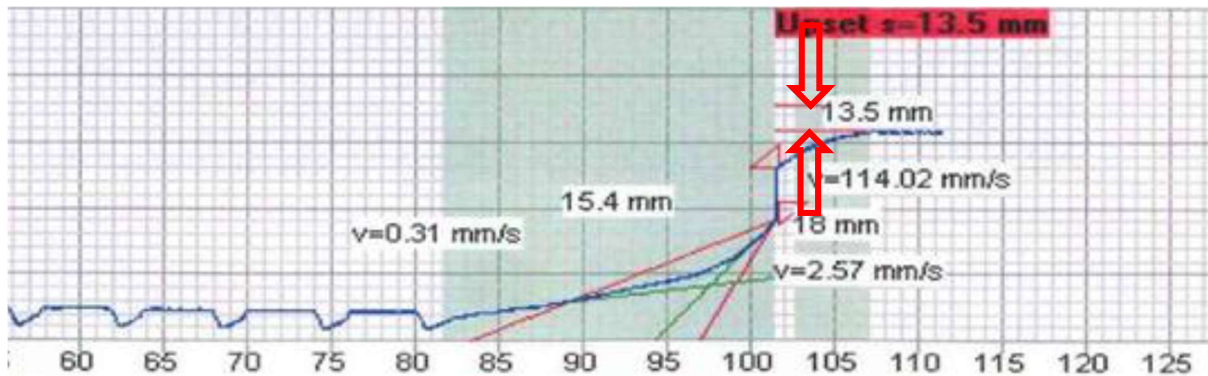
Fase 4 Stuiken

In de stuikfase worden de door het afbranden voorbereide raakvlakken met een hoge snelheid samengedrukt. Belangrijk hierbij is dat de lasstroom vanaf het begin van het stuiken tot 1 à 2 seconden na het stuiken ingeschakeld blijft, waardoor de stootvlakken tot op het laatste ogenblik beschermd blijven.

Door het samendrukken van de verwarmde raakvlakken wordt het metaal, dat vloeibaar en papperig is, uit de lasnaad gedrukt. Hierdoor vervormen de plastisch geworden einden. Er ontstaat een kenmerkende stuikuitstulping (stuikril).

Om een gelijkmatige goede las te bereiken is aan de stuikfase de volgende voorwaarde verbonden: voor het uitdrukken van het papperige metaal in het raakvlak is er een minimum

stuikgeweg nodig. Dit wordt machinaal gestuurd omdat dit van de voorafgaande afbrandfase afhankelijk is.



Figuur 2.89: Afgelegde stuikgeweg in kracht / stroom / weg-diagram

De rode limietlijnen (ingesteld door de machine-eigenaar) in het weg-deel van het kracht / stroom / weg-diagram helpen bij de signalering: de afgelegde stuikgeweg moeten binnen de rode limietlijnen vallen. Zie bovenstaande figuur met een te lage stuikgeweg. Als de afgelegde stuikgeweg te groot of te klein is, is het gevolg een mogelijk slechte las en moet de las verwijderd worden.

Goed beschermde afgebrande raakvlakken hebben een kleinere stuikgeweg nodig dan onregelmatig afgebrande raakvlakken. De af te leggen minimum stuikgeweg is noodzakelijk voor zowel het wegdrukken van het papierige metaal als voor de plastische vervorming op de raakvlakken. Om nu zeker te stellen dat het papierige metaal bij stuikgeweg uit de lasnaad wordt gedrukt, moet er een zekere drukkracht worden bereikt. Die kan alleen worden opgebouwd als er zich achter de raakvlakken in het koudere deel van een rail een tegendruk kan vormen. Volledig fout zou het zijn om de stuikgeweg door een vaste aanslag te begrenzen, omdat dan de benodigde stuikgeweg niet bereikt wordt. De stuikgeweg die nodig is voor het lassen van de rail, is afhankelijk van de doorsnede van de te lassen railprofielen en van de warm-vloeigrens van de te lassen stalen.

Fase 5 Afkoelen

Voor de tegenwoordig gebruikelijke (zelf)hardende stalen rail is de lucht uit de omgeving na het stuikgeweg voldoende om in de lasnaad en in de warmte-beïnvloede zone een structuur te doen ontstaan die nagenoeg voldoet aan de eigenschappen van het basismateriaal. Voor (zelf)hardende speciale legeringen kan de afkoeling in het $T_{8/5}$ -gebied - het temperatuurgebied van 800°C naar 500°C - te snel gaan. Indien een gecontroleerde afkoeling is gewenst, zijn er twee mogelijkheden: de las moet worden nagegloeid of de las wordt ingepakt in isolatiemateriaal. De eerste mogelijkheid moet onmiddellijk, aansluitend aan het stuikgeweg plaatsvinden, wanneer de rail zich nog in de lasmachine bevindt. De tweede mogelijkheid, het inpakken, kan pas als de stuikgewegstulping over de hele omtrek is afgeschoven en is verwijderd.

Omdat sommige mobiele raillasmachines door hun stroomvoorziening niet in staat zijn om na te warmen, moet men bij speciale legeringen de afkoelsnelheid wat vertragen door de las af te dekken of door met een gasbrander na te warmen en vervolgens af te dekken.

Kopgeharde spoorstaven (bijvoorbeeld de R350HT) worden veelal, indien dit mee gekwalificeerd is met de lasmethodekwalificatie, direct na het stuikgeweg behandeld met een geforceerde afkoeling op de kop om zo de hardheidsverlaging door de las te compenseren.

Nabewerking

Het nabewerken van de gevormde lasnaad bestaat uit het verwijderen van de gevormde stuikuitstulping. Als hier te lang mee wordt gewacht, dan is het materiaal niet meer deegachtig. In de machine vindt dit vaak reeds plaats tussen de fase 4 en fase 5 met behulp van een afschuifmes in de vorm van het railprofiel.

Als de stuikuitstulping niet verwijderd zou worden, kan de spleet tussen de uitstulping aan de uiteinden een probleem vormen als de verbinding op vermoeiing (als gevolg van treinpassages) wordt belast (geeft scheurinitiatie).



Figuur 2.90: Voorbeeld afschuifmes mobiele machine



Figuur 2.91: Stuikril

Levensduur verlenging van een afbrandstuiklas

Door van de bovenkant van de voet tot in het lijf van de spoorstaaf goed af te schuiven (geen scherpe overbloezing over de voet, idealiter gelijk aan het spoorstaafprofiel) mag je van een dergelijke afbrandstuiklas een hogere levensduur verwachten. Indien een overbloezing aanwezig is, dient deze te worden verwijderd middels slijpen (pas op voor spoorstaafprofielbeschadiging en blauwslijpen).

Lasgeometrie en richten van afbrandstuiklassen

Afbrandstuiklassen mogen na het lassen, mits gecertificeerd, mechanisch gericht worden volgens RLN00451. Persbewerkingen mogen niet worden uitgevoerd als de railtemperatuur hoger is dan 200 °C vanwege vorming van blauwe brosheid.



Figuur 2.92: Stalen meetrei

Met een stalen meetrei kan een eerste controle worden uitgevoerd. De eindmeting moet altijd worden uitgevoerd met een elektronische meetrei. De lasgeometrie moet voldoen aan de eisen uit de RLN00451-4.

2.8.2 Het voorkomen van defecten bij afbrandstuiklassen

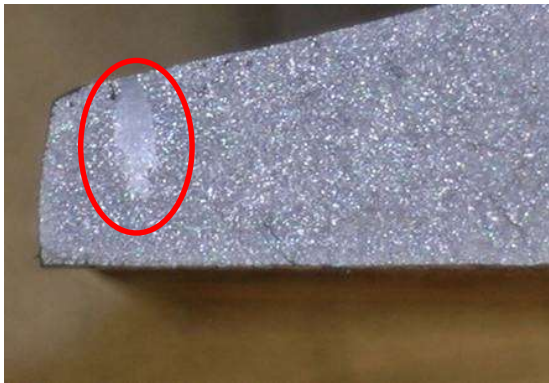
Net als bij de andere lasprocessen kunnen er hardingscheuren optreden door een te snelle koeling of door slecht uitgevoerd slijpen. Er zijn ook problemen die speciaal kunnen voorkomen bij afbrandstuiklassen:

- flatspots;
- slechte stroomoverdracht;
- slecht afschuiven.

In alle gevallen geldt dat het belangrijk is om de leidinggevende te waarschuwen als bovenstaande onvolkomenheden ontstaan.

Flatspots

Flatspots worden zichtbaar bij de reguliere uit te voeren productietesten: breukvlak onderzoek bij het buigbreken. Flatspots ontstaan door vervuiling in de te lassen vlakken. Deze vervuiling (bijvoorbeeld silicaten) blijft aanwezig na het uitpersen van het deegachtige metaal. Flatspots aan de onderkant van de voet hebben een negatief effect op de levensduur van de las (vermoeiing), aangezien daar de meeste trekspanning ontstaat tijdens treinpassages. Flatspots kunnen worden voorkomen door te werken met schone materialen en machines.



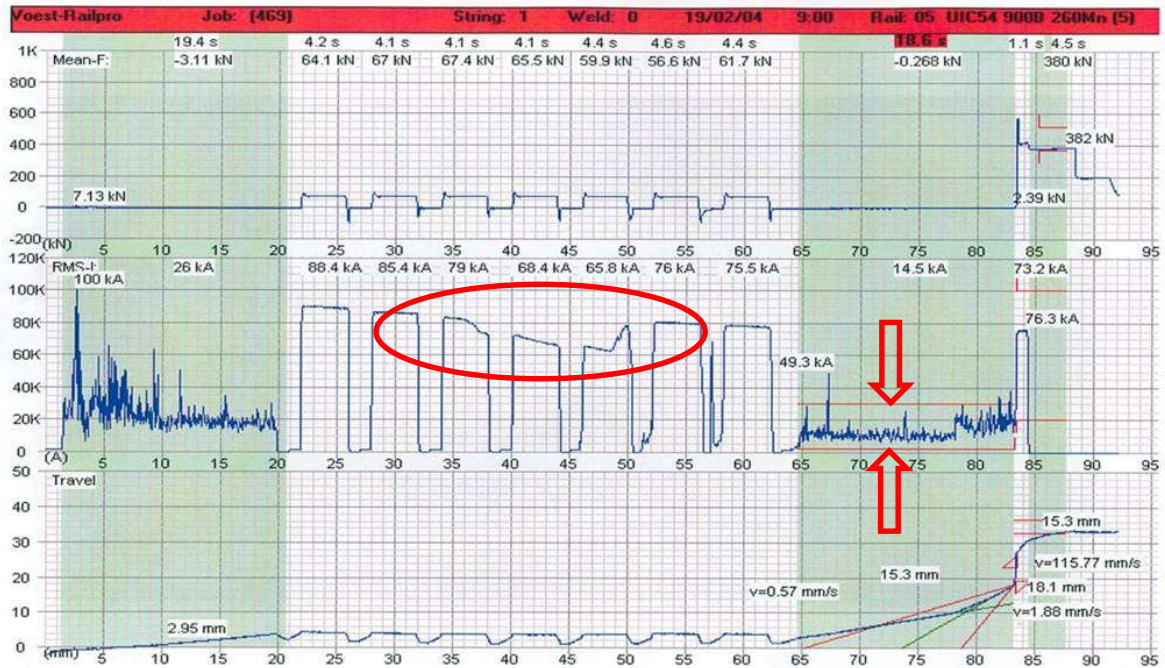
Figuur 2.93: Flatspot in bovenkant voet



Figuur 2.94: Flatspot in onderkant voet

Slechte stroomoverdracht

Door vervuiling in de machine kan een slechte stroomoverdracht plaatsvinden. Denk hierbij aan vuile contactvlakken zowel op de spoorstaaf als de elektrodeblokken. Ook vuile vlakken van de te lassen oppervlakken spelen een grote rol. Een slechte stroomoverdracht kan worden voorkomen door te werken met schone materialen en machineonderdelen.

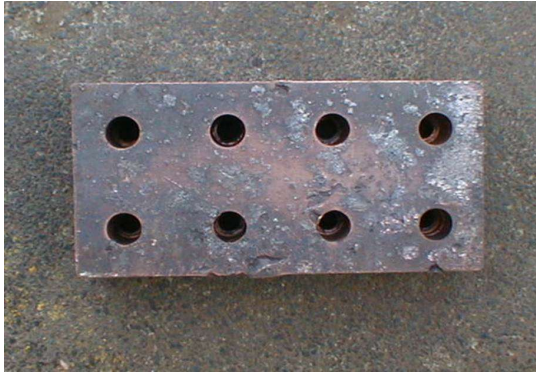


Figuur 2.95: Kracht / stroom / weg-diagram met slechte stroomoverdracht

Bijvoorbeeld in het kracht / stroom / weg-diagram zijn fouten in de stroomoverdracht goed zichtbaar door afwijkingen van het normale verloop. Zie bovenstaande figuur, waarin te zien is dat de voorwarpulsen niet volledig zijn uitgevoerd. Operators mogen de parameters nooit op eigen initiatief verstellen en moeten de leidinggevende waarschuwen.

In grote lijnen zijn er drie mogelijke oorzaken van een slechte stroomoverdracht.

1. De contactelektrodes zijn vervuild. In dergelijke gevallen moeten de elektrode worden vervangen of gereinigd.



Figuur 2.96: Vervuilde contactelektrode



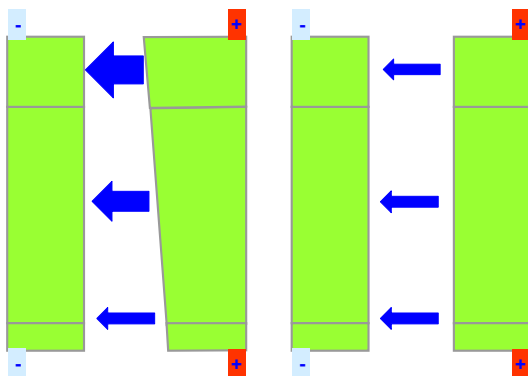
Figuur 2.97: Vervuilde en schone elektrodeblokken

2. Het railprofiel is na het schoonslijpen niet voldoende gereinigd (dus geen vet en geen roestvorming toestaan).



Figuur 2.98: Blank geslepen ziel

3. De positie van de te lassen oppervlaktes zijn niet goed gepositioneerd ten opzichte van elkaar (geeft kleiner contactoppervlak). De delen kunnen uitlijnig zijn, gedraaid (getordeerd) of de spoorstaafuiteinden kunnen niet in lijn liggen (afwijking in verticale of horizontale ligging).



Figuur 2.99: A-symmetrische (links) en symmetrische (rechts) stroomoverdracht

Slecht afschuiven

Slechte afschuiving van een las geeft een kortere levensduur (als gevolg van vermoeiing): in sommige gevallen wel 75% lager. Messen moet daarom optimaal afgesteld worden en niet gesleten, beschadigd of vervuild zijn (regelmatig reinigen of tijdig vervangen). Controleer daarom altijd de las rondom en gebruik een spiegeletje om de onderzijde van de las te bekijken.



Figuur 2.100: Gebruikt mes van een mobiele afbrandstuikmachine

Door kwalitatieve slechte messen kunnen de volgende problemen ontstaan:

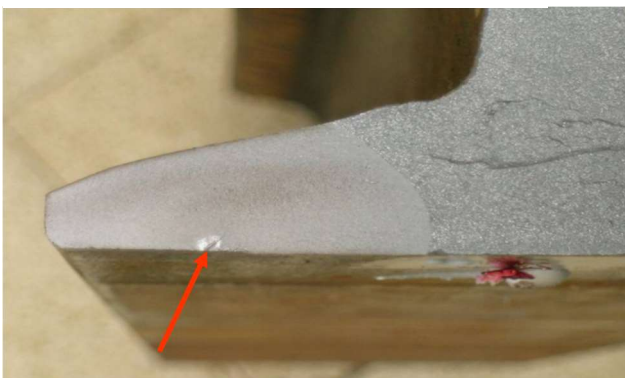
- beschadiging spoorstaafprofiel (messen lopen in het railmateriaal);
- te grote uitstulping van de las (messen te ruim afgesteld of versleten);
- vervuiling op de mesranden trekt groeven door de las en/of het spoorstaafmateriaal;
- overbloezing op bovenkant voet (verwijderen zonder blauwslijping).



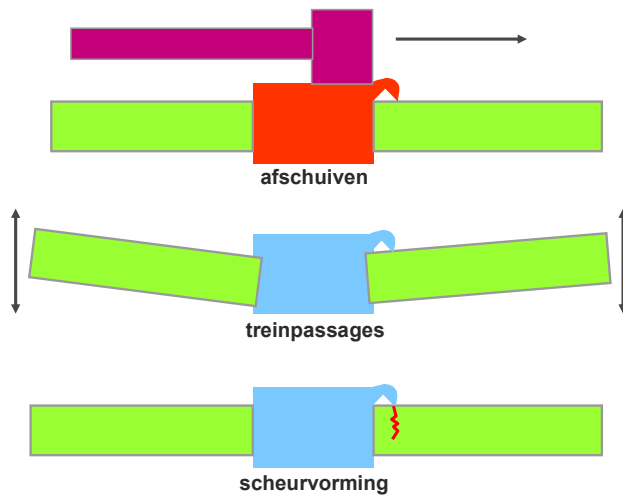
Figuur 2.101: Afschuijfout in voet (te laag)



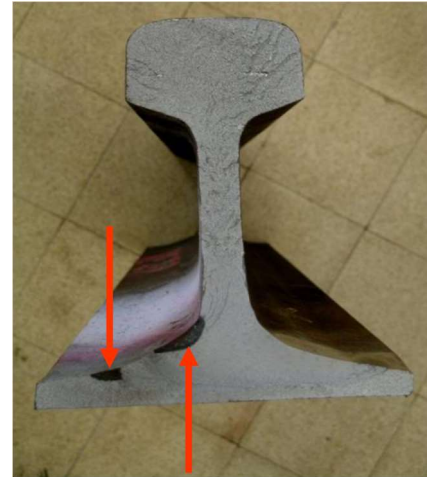
Figuur 2.102: Afschuijfout in voet (beschadigd mes)



Figuur 2.103: Vermoeiingsscheur in onderzijde voet



Figuur 2.104: Vermoeiingsscheur door braam (zijaanzicht voet)



Figuur 2.105: Vermoeiingsscheuren in bovenzijde voet

Ter voorkoming van deze en andere defecten moet goed worden gecontroleerd of alle stappen zijn doorlopen. Lasbedrijven hanteren daarvoor een checklist met minimaal de volgende onderwerpen (gebruik RLN00451-4 om volledig te zijn):

- Is er een proeflas gemaakt volgens regelgeving?
- Zijn de juiste profielen en materiaalkwaliteiten toegepast?
- Zijn de te lassen oppervlakken vlak (controle met blokhaak en voelmaatjes)?
- Zijn de te lassen oppervlakken voldoende gereinigd?
- Zijn de contactvlakken en elektrodeblokken voldoende gereinigd?
- Zijn de spoorstaafuiteinden in lijn?
- Zijn de spoorstaafprofielen onderling goed uitgericht (positieve kroon)?
- Is het juiste lasprogramma toegepast?
- Heeft de las een voldoende uitstulping?
- Voldoet de lasgrafiek? Komt het overeen met een sjabloon/kwalificatiegrafiek?
- Is de afkoeling volgens programma verlopen? Geforceerde afkoeling aan de orde?
- Voetslijpen uitgevoerd, overbloezing verwijderd?
- Geslepen lengte kleiner of gelijk aan 90 cm (met de las in het midden)?
- Lasgeometrie Pv en Ph gemeten bij een temperatuur kleiner dan 50 graden Celsius?
- Lasgeometrie Pv en Ph gemeten en voldoet?
- Richten van de las (indien gecertificeerd) gecontroleerd uitgevoerd?
- Bedienerscode aangebracht?

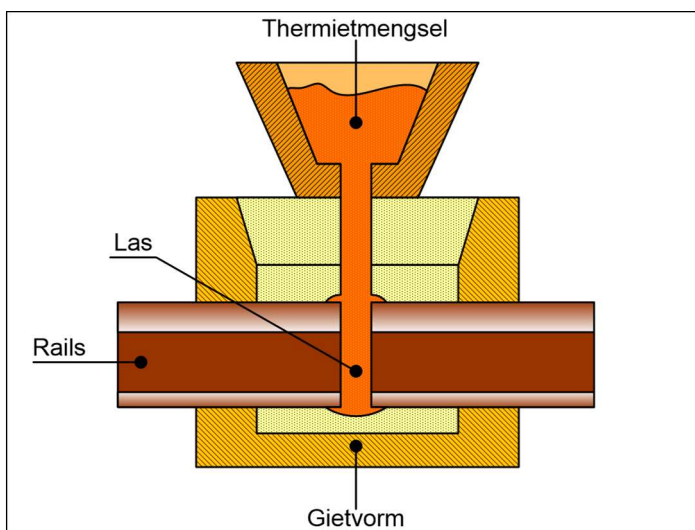
2.9 Thermietlassen

Leerdoelstellingen

Je bent in staat om:

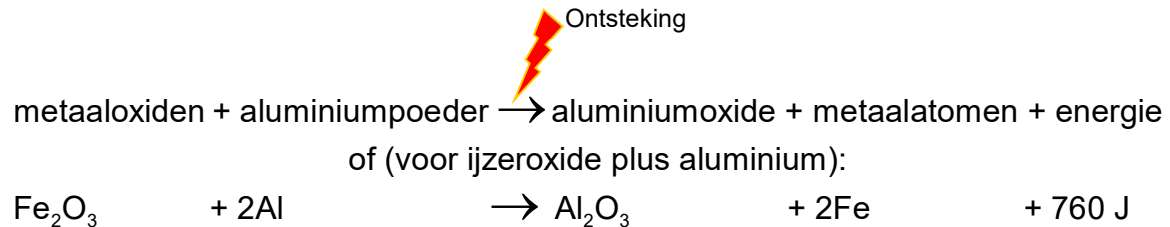
- VBE 2.2.9.1T** De chemische reactie van thermietlassen uit te leggen
- VBE 2.2.9.2T** De principes van thermietlassen te beschrijven
- VBE 2.2.9.3T** De proces varianten van het thermietlasproces te onderscheiden
- VBE 2.2.9.4T** Juiste voorbereiding van het werk en herkennen van lasporties
- VBE 2.2.9.5T** Juist uitlijnen van spoorstaven
- VBE 2.2.9.6T** Voor de uitvoering van lassen de juiste gereedschappen, toevoegmaterialen, parameters en procedures te kunnen aangeven en op juiste wijze toe te passen en te behandelen
- VBE 2.2.9.7T** De stappen te beschrijven die nodig zijn om een thermietlas te maken voor een specifiek proces
- VBE 2.2.9.8T** Op de juiste manier een thermietlas te maken zonder onvolkomenheden
- VBE 2.2.9.9T** De lasprocedures uit handboeken en voorschriften van de leverancier (ISV) uit te kunnen voeren
- VBE 2.2.9.10T** Het juiste gereedschap en slijpmateriaal te selecteren
- VBE 2.2.9.11T** Omgevingscondities en het gevolg voor de warmte inbreng en afkoelsnelheid te begrijpen
- VBE 2.2.9.12T** De juiste toleranties vast te stellen
- VBE 2.2.9.13T** De verschillende thermietlasproces varianten en technieken uit te leggen
- VBE 2.2.9.14T** Zorg te dragen voor apparatuur en toebehoren
- VBE 2.2.9.15T** Een juiste behandeling van lasapparatuur, gereedschappen en toevoegmaterialen bij het lassen, opslag en transport procedures toe te passen. (opslaan en transport kunnen aangeven)
- VBE 2.2.9.16T** Op de juiste manier een thermietlas te maken in de genoemde varianten

Thermietlassen (lasprocesnummer 71) behoort tot de smeltlasprocessen. De warmte ontstaat door een chemische reactie. Het belangrijkste toepassingsgebied is het lassen van rails. Thermietlassen kan namelijk onafhankelijk van de aanwezigheid van elektrische energie worden uitgevoerd. Het smeltbad wordt beschermd tegen invloed van de buitenlucht door de gietvorm en door desoxidatie als gevolg van de chemische reactie.



Figuur 2.80: Thermietlassen

Het thermietlasproces berust op de eigenschap dat een aantal metaaloxiden gereduceerd kunnen worden door aluminiumpoeder. Met reduceren wordt bedoeld dat de oxiden (zuurstofatomen) van het metaal worden gescheiden via een chemische reactie zoals hieronder beschreven:



Bij deze chemische reactie komt zoveel warmte vrij dat het vrijkomende metaal (ijzer) smelt. Het gesmolten metaal kan in een gietvorm (ruimte) gegoten worden waarin, na het afkoelen, de lasverbinding is ontstaan. De vorm waarin het vloeibare metaal terecht komt, kan door twee of meer losse delen gevormd zijn.

De internationale naam van het proces verwijst naar het materiaal dat gebruikt wordt bij dit lasproces: **aluminothermic welding**.

Het principe van het thermietlasproces is rond 1894 ontdekt. Het mengsel reageert niet spontaan, maar moet worden ontstoken. Daarna verloopt het proces vanzelf. Een proces dat na toevoeging van warmte door een chemische reactie zijn eigen smeltwarmte produceert noemt men een **exotherm proces**.

Procesdetails

Voor de combinatie ijzeroxiden / aluminiumpoeder, blijkt het ijzeroxide de hoogste temperatuur te geven.

1000 gram thermiet (mengsel van ijzeroxide en aluminiumpoeder) levert 476 gram slak, 524 gram ijzer en 760 kJ (= 181.500 calorieën). Door de vrijkomende energie wordt het ijzer verhit tot ongeveer 3550 °C.

De temperatuur van het vloeibaar ijzer na het gieten in de vorm ligt rond de 2100 °C.

Voor het lassen van rails worden bepaalde stoffen toegevoegd om de samenstelling van het vloeibare materiaal zo goed mogelijk aan te passen. Een typische analyse voor het lassen van rails is: C: 0,6%, Si: 0,15%, Mn: 1,4%, Al: 0,4%. Het aluminium in het materiaal zorgt voor een goede zuiverheid van de las, doordat het sterk desoxiderend werkt, waardoor eventueel aanwezige zuurstof (ongewenst wegens gevaar van gasporiën) wordt verwijderd.

Andere varianten

Hoewel de combinatie ijzeroxiden / aluminium het meest toegepast wordt, kan het ijzeroxide ook vervangen worden door oxiden van koper of een koperlegering. Hiermee kunnen dan overeenkomstige materialen worden gelast. In de spoortechniek wordt dit gebruikt om een elektrische doorverbinding te maken met een koperen leads. In vakjargon: 'AGA's aanschieten'.

Uitvoering

Er zijn voor de uitvoering van de combinatie ijzeroxiden / aluminiumpoeder naast meerdere leveranciers (Elektro-Thermit en Pandrol) met elk hun eigen vormen en thermietporties, diverse uitvoeringsvarianten mogelijk. Zo zijn er specifieke uitvoeringen voor vignole spoorstaven (ProRail), de groefrail voor trambanen en uitvoeringen voor kraanbanen. Elk met hun eigen vormen, porties en procesparameters. De gietvorm waarin het proces plaatsvindt moet goed gedroogd zijn in verband met ongewenste gasvorming (wat kan leiden tot porositeit in de las).

Het proces duurt slechts 30 seconden tot 2 minuten, afhankelijk van de hoeveelheid thermietmengsel. De te lassen delen worden goed voorverwarmd om de afkoelsnelheid van de las na het lassen te verlagen. Meestal is een nabewerking van de las vereist.

Bij het thermietlassen van spoorstaven worden er gereede vormen gebruikt, dit zijn vormen van silicium, gebakken in een CO₂-atmosfeer.

In figuur 2.46 zijn per leverancier een aantal veelgebruikte procesvarianten genoemd.

Elektro Thermit GmbH		
SoW-5	Schweißverfahren ohne Wulst 4-6 min. Vorwärmung	Meest gebruikt in NL
SoW-5-L50	-	Profielovergang vignole
SoW-5-L75	-	Reparatielas
SRZ	Schweißverfahren Rille Zwischenguss	Groefrail
SRZ-L50	Schweißverfahren Übergang Rille/Vignol	Overgang groefrail / vignole
SRZ-L75	-	Reparatielas groefrail
SKS	Schweißverfahren Kranschienen	Kraanbaan
THR	Thermit Head Repair	Kopreparatie
Pandrol GmbH		
LP	Long Preheating (lange voorverwarming) / 4-5 min.	Vignole rail
SRZ-SP	Short Preheating (korte voorverwarming) / 1,5-2 min.	Groefrail
SRZ-SP-L50	-	Overgang groefrail / vignole
SRZ-SP-L70	-	Reparatielas groefrail
SRZ-LP	Long Preheating (lange voorverwarming) / 4-5 min.	Groefrail

Figuur 2.81

Het principe van de verschillende processen en hun varianten is grotendeels gelijk, met uitzondering van de parameters en porties thermiet. In dit lesboek is gekozen voor het in Nederland meest gebruikte proces voor Vignole rail: het SoW-5 proces (inclusief de varianten L50 en L75) van Elektro-Thermit. Voor de volledigheid is hierbij vermeld dat een gediplomeerde of gecertificeerde thermietlasser, bijvoorbeeld met het SoW-5 proces, een aanvullende training van acht uur dient te volgen voor ieder ander thermietlasproces.

Veiligheidsvoorschriften

Bij het thermietlassen gelden veiligheidsvoorschriften:

- voor gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen;
- voor slijpwerkzaamheden en motor-aangedreven gereedschappen en apparatuur;
- voor spoorwegbeheerders;
- voor het werken in het spoor;
- voor het lassen en snijbranden met gassen;
- voor de omgang met gassen en vloeistoffen;
- voor de brandveiligheid.

De leveranciers van de bij het lassen en snijden benodigde toevoeg- en verbruiksmaterialen zijn verplicht om voor hun producten zogenaamde 'Veiligheidsinformatiebladen' te maken en te verstrekken aan hun afnemers. Hierin staat onder andere vermeld welke eerstehulpmaatregelen genomen moeten worden bij inademing, huid- en/of oogcontact of het inslikken van het product. Onder meer zijn hierin vermeld de brandbestrijdingsmiddelen, de specifieke risico's, de eventueel gevaarlijke verbrandingsproducten, de geschikte brandblusmiddelen en de blusmethode. De docent, maar ook de lascoördinator, heeft deze veiligheidsinformatiebladen, maar ze vormen vaak ook een integraal onderdeel van de lasvoorschriften / installatievoorschriften (ISV's) bij de werkgever.

Veiligheidsmaatregelen

- Bescherm thermietlasporties, kroezen, kroesstoppen, vormen en ontstekingsstaafjes tegen vocht.
- Bewaar en vervoer ontstekingsstaafjes altijd gescheiden van de lasporties in de verpakking. Bewaar losse ontstekingsstaafjes nooit in kledingstukken!
- Controleer de aangesloten gasapparatuur op dichtheid. Zorg dat de wartels van de branders vast aangedraaid zijn.
- Open vóór het ontsteken van de brander éérst het zuurstofventiel en dan pas het gasventiel. Ga in omgekeerde volgorde te werk bij het afsluiten; sluit als eerste het gasventiel en vervolgens het zuurstofventiel. Maar let op: bij terugslag van vlammen (herkenbaar aan een fluitend geluid) meteen beide branderventielen sluiten en de brander met geopend zuurstofventiel in water koelen. Doe daarna een zuigproef.
- Zorg dat tijdens de thermietreactie niemand zich dichterbij de las ophoudt dan noodzakelijk voor de uitvoering van de handelingen.
- Gebruik een lasbril met een beschermingsfactor 6 bij het snijbranden, gedurende de thermietreactie en tot de staaluitloop heeft plaatsgevonden.
- Laat reagerende thermietlasporties en andere hete producten niet met water in contact komen en blus niet met water, maar bedek zo nodig met droog zand.
- Neem de op de vormhouders rustende Eurokroes na het beëindigen van de staaluitloop af met behulp van een breekstang of schiftijzer aan het hengsel van de vorm.

- Zet de hete slakkenbakken en kroezen op een veilige en droge plek weg, op een niet-brandbare ondergrond. De omgeving moet beschermd zijn tegen stralingswarmte, slak en staalspetters.

Locatie van een voeglas

Een lasverbinding / voeglas mag niet op iedere willekeurige plaats in het spoor uitgevoerd worden. De spoorbeheerders hebben hiervoor hun (veelal) eigen richtlijnen en eisen. Zo mogen in ProRail-sporen *geen lassen* worden gemaakt:

- in een overweg;
- binnen 3 meter van een andere voeglas, ES-las of temperatuurlas;
- binnen 5 meter van een overwegbevloering (bij onderhoud niet binnen 3 meter vanaf de bevloering);
- binnen 6 meter van een kunstwerk;
- op een dwarsligger.

In bogen is het, afhankelijk van de opdrachtgever en het type rail (vignole of groefrail), meestal niet toegestaan om in hetzelfde vak zowel in het onder- als het bovenbeen een voeglas te maken. De lassen in beide benen moeten hierbij dan enkele vakken verspringen.

LET OP: in de RLN00451-4 staat de vigerende regelgeving beschreven.

Lasvoorbereiding en lasparameters

Vóór aanvang van de las- en snijbrandwerkzaamheden moet je de spoorstaafkwaliteit vaststellen. Dit om te controleren of je het materiaal mag branden of moet doorslijpen en je de juiste vormen en thermietportie(s) beschikbaar hebt. Zoals eerder vermeld kun je de materiaalkwaliteit bepalen aan de hand van het zogenaamde ‘walskenmerk’ op de spoorstaaf.

In figuur 2.47 staan de verschillende materialen genoemd met als voorbeeld de bijbehorende thermietporties volgens het SoW-5 lasproces van Elektro-Thermit.

LET OP: Indien spoorstaven van verschillende kwaliteiten aan elkaar worden gelast, moet de thermietportie van de spoorstaafkwaliteit met de lagere hardheid gebruikt worden. Voor ProRail sporen zijn echter niet alle materiaalcombinaties goedgekeurd! Vraag je lascoördinator naar de laatste stand van zaken zoals vermeld bij ProRail

Kwaliteit	Hardheid (HBW)	Walskenmerk	SoW-5 portie
R200	>200	Geen	Z70
R220	>220	▬	Z70-80
R260	>260	▬ ▬	Z90
R260Mn	>260	▬ ▬	Z90
R320Cr	>320	▬ ▬ ▬	Z110
R350HT	>350	▬ ▬	Z120 of Z90 HC ¹⁾
R350LHT	>350	▬ ▬ ▬	Z120
MHH	375 - 410	▬ ▬ ▬	Z120
R370CrHT	>370	▬ ▬ ▬	Z120

¹⁾ HC = 'heat treated and cooled (warmte-nabehandeld + gecontroleerd afgekoeld)

Figuur 2.82

De portie-aanduiding bestaat uit : profiel + materiaalkwaliteit + lasproces, dus bijvoorbeeld:
54 Z120 SoW-5-E : 54E1 profiel / R370CrHT kwaliteit / SoW-5 'Euro-kroes'

Parameter voorbeeld bij het SoW-5-E Standaard thermietlasproces

Brandertype : 55.502
Gasdruk : propaan: 1,5 bar, zuurstof: 4,0 bar
Railverhoging : aanbevolen 1,0 - 1,5 mm op 0,5 m aan beide zijden
Voegbreedte : 28 - 30 mm
Branderhoogte : 40 - 45 mm

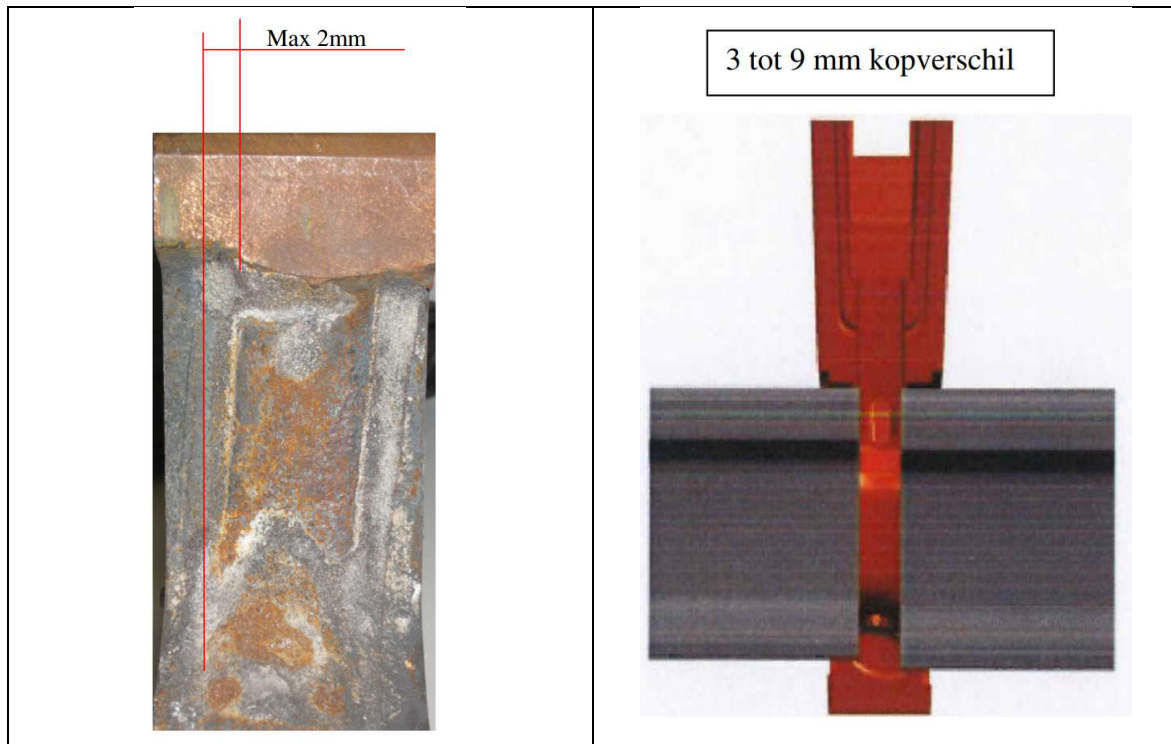
- Voorverwarmtijd: afhankelijk van railprofiel
profiel 46 : 4,5 minuut / profiel 49: 5 minuten / profiel 54: 5,5 minuut / profiel 60: 6 minuten.
- Wachtijd na het ingieten tot het afnemen van de vormhouders: minimaal 3,5 minuut.
- Wachtijd na het ingieten tot het afnemen van de vormkop: minimaal 4,5 minuut.
- Wachtijd na het ingieten tot het afstropen van overtollig materiaal: minimaal 5,5 minuut.
- De wachtijd na het ingieten tot het afstropen van overtollig materiaal bij het gebruik van de zogenaamde Euro-kroes (eenmalig te gebruiken gietkroes) is met maximaal ca. 0,5 minuut te verlengen in verband met de grotere warmte-inhoud van de E-porties.
- Bij toepassing van Z120-porties zo laat mogelijk afstropen.
- Bij profielovergangen, bijvoorbeeld 46/49, 46/54 of 54/60 altijd de voorverwarmtijd en de portie aanhouden van het grootste profiel.
- Bij profielovergang 46/54 de SoW-5-L50 vormen toepassen (zie voor parameters volgende paragraaf), bij de overige de standaard SoW-5 vorm gebruiken.
- Bij overgang van oud naar nieuw in profiel 54E1 de zogenaamde stepvormen gebruiken (inclusief bijgesloten aanvulportie).

Ter vergelijking zijn hieronder enkele parameters genoemd van het thermietlasproces LP van de leverancier Railtech / Plötz GmbH:

Brandertype : 22-gats brander
Gasdruk : propaan: 1,0 bar, zuurstof: 4,5 bar
Railverhoging : aanbevolen 1,3 - 1,8 mm op 0,5 m aan beide zijden
Voegbreedte : 24 - 26 mm
Branderhoogte : 40 ± 3 mm
Voorverwarmtijd: 4 – 5 minuten
Wachtijd na het ingieten tot het afstropen van overtollig materiaal: 5,5 minuut.

Stepvormen

Er zijn stepvormen op de markt gebracht om te voorkomen dat de thermietlas bij spoorstaven "oud op nieuw" scheef gaan staan. Bij stepvormen is het mogelijk om spoorstaven te lassen met een hoogte slijtage van 3 tot 9 mm. Door het gebruik van stepvormen is het te voorkomen dat de las scheef staat na het lassen (zie figuur 2.83a). De fabrikant heeft hierdoor een overgangsvorm ontwikkeld voor het lassen van spoorstaven met een hoogte slijtage van 3 tot 9 mm. Voor deze overgang is echter wel een aanvulportie noodzakelijk.



Figuur 2.83a: Stepvorm

Deelvormen

Indien de toegankelijkheid beperkt is bijv. bij een wissel nabij de tong (spoorstaven te dicht op elkaar) en de vormen na het lassen niet verwijderd kunnen worden kan het toepassen van deelbare halve kasten uitkomst bieden (zie figuur 2.83b).



Figuur 123



Figuur 124



Figuur 125



Figuur 126

Figuur 2.83b: Deelbare vorm

Parameter voorbeeld bij het SoW-5-L50-E tot 50mm brede voeg thermietlasproces

Brandertype : 55.502
Gasdruk : propaan: 1,5 bar, zuurstof: 4,0 bar
Railverhoging : aanbevolen 1,8 – 2,2 mm op 0,5 m aan beide zijden
Voegbreedte : 40 - 50 mm
Branderhoogte : 30 - 45 mm

- Voorverwarmtijd: afhankelijk van railprofiel
profiel 46 : 4,5 minuut / profiel 49: 5 minuten / profiel 54: 5,5 minuut / profiel 60: 6 minuten.
- Naast de standaardportie voor het betreffende profiel en materiaal kwaliteit (bijv. 54 Z90) ook de ‘aanvulportie 1112’ in dezelfde materiaalkwaliteit (Z90 in dit voorbeeld) toevoegen.
- Wachtijd na het ingieten tot het afnemen van de vormhouders: minimaal 5 minuten.
- Wachtijd na het ingieten tot het afnemen van de vormenkop: minimaal 9,5 minuut.
- Wachtijd na het ingieten tot het afstropen van overtollig materiaal: minimaal 10,5-11,5 minuten.
- Bij toepassing van Z120-porties zo laat mogelijk afstropen.
- Bij profielovergangen, bijvoorbeeld 46/49, 46/54 of 54/60, altijd de voorverwarmtijd en de standaard portie + ‘aanvulportie 812’ (in dezelfde materiaalkwaliteit bijv. Z90) aanhouden van het grootste profiel.

Parameter voorbeeld bij het SoW-5-L75-E tot 75mm brede voeg thermietlasproces

Brandertype : 55.502
Gasdruk : propaan: 1,5 bar, zuurstof: 4,0 bar
Railverhoging : aanbevolen 2,0 – 2,4 mm op 0,5 m aan beide zijden
Voegbreedte : 65 - 75 mm
Branderhoogte : 40 - 75 mm

- Voorverwarmtijd: afhankelijk van railprofiel
profiel 46 : 4,5 minuut / profiel 49: 5 minuten / profiel 54: 5,5 minuut / profiel 60: 6 minuten.
- Wachtijd na het ingieten tot het voorzichtig in gedeelten afnemen van de vormhouders:
 - Minimaal 8 minuten, tot men met een hittebestendige beitel de gietvorm onder de vormenkop verwijdert, waarbij de vormenkop blijft staan. Beginnend onderaan bij de voet, alle vormresten te verwijderen tot ca. de hoogte van het loopvlak.
 - Op zijn vroegst na minimaal 12 minuten de vormenkop zelf wegnemen.
 - Tot aan het opzetten van het afstroopapparaat en na minimaal de hieronder vermelde tijden beginnen met afstropen:
13-14,5 minuten.
- Bij toepassing van Z120-porties zo laat mogelijk afstropen.
- De processen SoW-5-L75 / SoW-5-L75E zijn bij ProRail-sporen alleen goedgekeurd bij de materiaalkwaliteiten R260 en R260Mn.

Materialen

De te gebruiken toevoeg- en verbruiksmaterialen zijn de volgende:

- **Thermietporties**
Deze moeten tegen vochtinwerking beschermd worden. Nat geworden porties mag je niet meer gebruiken, drogen heeft dus geen zin. Gebruik alleen porties uit onbeschadigde zakken.
- **Ontstekingsstaafjes**
De ontstekingsstaafjes hebben een ontstekingstemperatuur van ca. 900°C en moeten gescheiden van de porties worden bewaard en mogen niet in kledingstukken worden gedragen.
- **Vormen**
De vormen droog en vorstvrij bewaren en ook op de bouwplaats tegen vocht beschermen. Wit uitgeslagen vormdelen zijn (waarschijnlijk) vochtig geweest, deze mag je niet gebruiken. Gebruik ook geen beschadigde of gescheurde vormen. Alle vormen zijn voor zwevende en vaste lassen toepasbaar. Bij spoorstaven met geringe maatafwijkingen in vergelijking met het in de vorm gedrukte profiel en bij spoorstaven met geringe hoogteverschillen kunnen de vormen door vijlen worden aangepast. Bij een slijtage groter dan 3 mm zijn de 'step-vormen' toe te passen. Voor lassen op moeilijk bereikbare plaatsen en andere bijzondere gevallen zijn driedelige vormen beschikbaar.
- **Kleefzand**
Het kleefzand voor de afdichting van de vormen met de spoorstaaf moet gelijkmatig vochtig zijn (6%-8%). Uiteraard moet het zand vorstvrij worden bewaard, ook op de werkplek. Volle, onbeschadigde verpakkingen hebben de juiste vochtigheidsgraad. Controleer met de zogenaamde 'valproef' of het zand niet te nat of droog is (zie figuur 2.84). Gooi kleine resthoeveelheden (te droog) zand weg of gebruik het ter bescherming tegen lasspetters of warmte.



Figuur 2.84: Valproef kleefzand. Links is goed, rechts is fout.

- **Afdichtpasta**
De afdichtpasta op een droge (donkere) plaats bewaren. Gebruik alleen pasta die nog kneedbaar is.
- **Kroezen**
Ook de 1 malige gietkroes moet droog worden opgeslagen en voorzichtig getransporteerd. Controleer vóór het vullen van bijv. een Euro-kroes van Elektro-Thermit met de lasportie(s) eerst het inwendige op beschadigingen en scheuren. Gebruik de Euro-kroes niet indien onregelmatigheden worden vastgesteld. Vochtig geworden Euro-kroezen (wit uitgeslagen) mogen niet meer worden gebruikt, ook niet als deze weer droog zijn.
- **Kroesstoppen**
Euro-kroezen zijn standaard al van een kroesstop voorzien.

Vorbereidingen

Bij ProRail is de minimale afstand van lassen in één en dezelfde spoorstaaf 3 m. Tevens moet bij ProRail de minimale afstand van een gat in de rail tot de voeg 120 mm zijn. (Bron: RLN00451-4).

De al in het spoor aanwezige thermiet-, bekist-, lijm-, constructie- en stomp-lassen moeten bij het maken van een nieuwe thermietlas op eenzelfde minimale afstand liggen als hierboven is beschreven. In wissels kunnen andere normen van toepassing zijn.

Bij spoorstaven 54E1 die eerder door lasplaten zijn gekoppeld moeten de raileinden met de gaten in de rail worden verwijderd omdat de koppen (raileinden) meestal door het stoten zijn ingeslagen.

Bij een spoorstaafkwaliteit R260Mn moet men bij een spoorstaaftemperatuur onder de 0°C beide spoorstaafuiteinden over een lengte van minimaal 0,5 m goed voorverwarmen (handwarm ~ 50°C). Bij een hogere kwaliteit zoals de R350HT, R370CrHT en de MHH moeten beide spoorstaafuiteinden over een lengte van 0,5m al bij 10°C worden voorverwarmd tot ~ 50°C. Het kleefzand of afdichtpasta kan men door middel van verwarmen soepel houden. Bij temperaturen onder de -3 °C mag er niet meer gelast worden.



Figuur 2.85

ProRail eist voeglas
120mm uit gat

Min. 55mm is in de praktijk veilig tegen een doorloper echter
ProRail eist 120mm

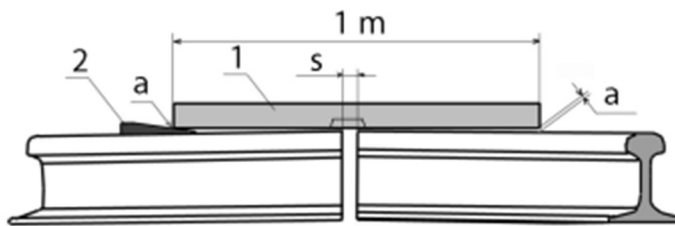
De bramen die ontstaan zijn door het branden of slijpen van de spoorstaaf kan men verwijderen met een vijl of slijptool (in verband met scheuren van de vormen).

Voorafgaand aan het lassen moet men de spoorstaaf aan weerszijden van de las over een lengte van minimaal drie dwarsliggers losmaken. Bij het lassen van een brede voeg (SoW-5-L75) moet men de rail over vier dwarsliggers losmaken.

De beddingplaatjes links en rechts van de las moet men verwijderen.

Voor het uitrichten van de uiteinden van de spoorstaven (figuur 2.86) moet men met de 1 m rei bij de spoorstaafkop in hoogte en zijdelingse richting stellen. De spoorstaven moet men hoog uitrichten met meetwig of voelmaatjes onder beide uiteinden van de rei. Leg deze vlak neer, meet beide kanten en breng beide kanten op gelijke hoogte. Verwijder de spieën pas na het lassen

als deze voldoende, tot onder de 50 °C, zijn afgekoeld. Controleer de hoogte van de las en zorg zo nodig dat je bij de volgende las(sen) de verhoging aanpast.



Figuur 2.86: Uitrichten spoorstaaf

- 1. stalen 1 m liniaal
- 2. meetwig
- a verhoging (afhankelijk van proces en ligging spoor)
- s voegbreedte

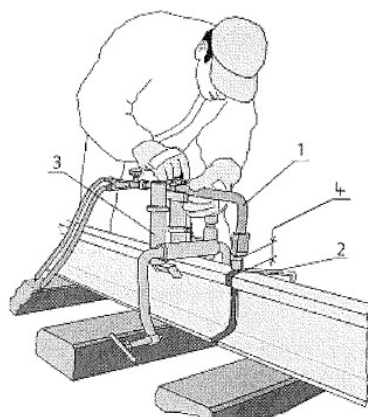
Graaf onder de spoorstaaf ter hoogte van de las de ballast weg, zodat je makkelijk kunt werken. Plaats onder de spoorstaaf de zandopvangplaat, om vervuiling van het ballastbed te voorkomen.

Het lassen

1. Het plaatsen van de spanklem (voorbeeld Euro-kroes)

Als eerste plaats je de **spanklem E** met behulp van de afstandsmal en wel zo, dat ze deze niet verkant is. Gebruik de spanklem E uitsluitend voor de Euro-kroes, maar niet bij het lassen met brede voeg (SoW-5-L50 en L75) hiervoor gebruik je dus de universele spaninrichting. Let bij het plaatsen op de windrichting, zodat tijdens het voorverwarmen de vlammen niet richting de brander zelf komen.

Zet de branderhouder met voorverwarmbrander op de opsteekbuis en fixeer deze met de instelmaat op de juiste hoogte, gemeten vanaf onderzijde branderkop tot bovenzijde spoorstaaf. Stel vervolgens de brander haaks af met de beide justierknoppen tot deze in het midden van de spoorstaaf en in het midden van de voeg staat en neem de branderhouder weer af om de vormen te kunnen aanbrengen.



- 1. voorverwarmbrander
- 2. instelmaat
- 3. universele spanklem
- 4. branderhoogte

Figuur 2.87: Plaatsen voorverwarmbrander

2. Het plaatsen van de vormen

Controleer de vormen voor het plaatsen op beschadigingen. De gietkanalen en opkomeropeningen moeten braamvrij zijn. Gebruik alleen vormen die op het spoorstaafprofiel passen.

Plaats de vormen met de vormhouderbak voor tweedelige vormen midden boven de voeg. Maak de vormhelften door vijlen of raspen zo nodig passend. Zorg ervoor dat ook de uitsparingen voor de voet en de ziel weer hersteld worden.

Leg de vormhelften in de vormhouders. De eerste aan de buitenzijde van het spoor in het midden van de voeg, de tweede aan de binnenzijde van het spoor. Tussen het aanbrengen van de eerste en de tweede vormhelft wordt met een stukje karton de bovenzijde van de spoorstaaf afgedekt tot de voeg van de vormen gesloten is.

Draai de vleugelmoeren van de universele spanklem of de spanklem E aan beide zijden gelijkmatig aan.

De vormhelften moeten:

- recht tegenover elkaar staan (controleer dit met de vinger zowel aan de boven- als onderzijde van de vorm);
- loodrecht staan op de lengteas van de spoorstaaf;
- onder aan de voet zonder opening aaneen sluiten.

Probeer of de vormkern goed past en horizontaal in de vorm ligt. Maak deze zo nodig door middel van vijlen passend en verwijder deze vervolgens weer.

3. Het afdichten van de vormen

Bij verschillende spoorstaafhoogten of eenzijdige slijtage (oud/nieuw) moet je zowel de spoorstaafkop als de lasvoeg met de meegeleverde kartonnen strookjes aan de binnenzijde beschermen tegen invallen en indrukken van het kleefzand of afdichtpasta. Zand- of pasta-insluiting in de las geeft lasfouten. Het karton mag niet over de rand van de vormhouder uitsteken, anders bestaat er grote kans op een doorloper.

Zorg dat je alle voegen tussen de spoorstaven en de vormen / vormhouderbakken en onder de voet met kleefzand of pasta afdicht. Gebruik de spatel aan de binnenzijde van de vorm om de kartonnen strookjes op hun plaats te houden tijdens het afdichten.

Dek de bouten van de universele spanklem met kleefzand af. Blijf tijdens het voorverwarmen rondom controleren en druk zo nodig zand of pasta opnieuw stevig aan. Hang aan elke vormhouder een slakkenbak.

Wat valt je op onderstaande afbeelding op als je kijkt naar de ballast?



Figuur 2.88: Afdichte vormen met slakkenbakken

Vochtige slakkenbakken moet je met de voorverwarmbrander droogstoken. Breng eventueel een kleine hoeveelheid zand of pasta in de slakkenbak aan, zodat de slak gemakkelijk loslaat. Plaats hierna op de spoorstaaf links en rechts naast de vorm de railafdekkappen om de spoorstaaf tegen spatten te beschermen. Maak het inzetstukje passend door middel van schuren.

4. Het opstellen van een gietkroes (voorbeeld Euro-gietkroes)

Euro-gietkroes

Bij gebruik van de Euro-gietkroes moet je het deksel verwijderen en de binnenzijde zorgvuldig controleren op beschadiging, scheuren of witte aanslag. Vul de Euro-kroes voorzichtig met de juiste thermietportie. Zorg dat de Euro-kroes voor gebruik op een droge vlakke ondergrond staat. Zet de Euro-kroes pas na het voorverwarmen van de vormen en het inbrengen van de vormkern op de universele klem E.

Bij de procesvarianten SoW-5-L50-E en L75-E mag je pas na het vullen van de standaardportie de aanvulportie toevoegen. Druk bij het plaatsen van de kroeskap L50 eerst de dichtingspasta in een ring op de bovenrand van de kroes en zet vervolgens de kroeskap op.

5. Het voorverwarmen

Om voldoende capaciteit te garanderen bij het voorverwarmen, moet je een propaancilinder gebruiken met een vulgewicht van minimaal 20 kg, of gebruik twee gekoppelde cilinders van 11 kg elk. De slanglengte (propaan en zuurstof) mag maximaal 20 m bedragen. Indien deze langer (moet) zijn, plaats dan lijn-manometers net voor de brander-handgreep voor controle op juiste druk. Open voor het ontsteken eerst het zuurstofventiel en dan het propaanventiel. De brander moet je zo afstellen dat de vlamkern ongeveer 15 – 20 mm lang is. Plaats de voorverwarmbrander met de spaninrichting midden boven de vormen en draai de stelschroef licht aan. Let op de hoogte van de brander. Bij de juiste instelling van de vlammen komen deze ca. 35 cm boven de ontluchtingskanalen van de vorm uit.

Alleen met het propaanventiel mag je de vlam zo nodig bijregelen dat de vlamlengte correct is en de vlam net geen knetterend geluid meer maakt. Let gedurende het voorverwarmen op de druk van de manometers (als voorbeeld kan dit voor SoW-5 zijn):

- propaan: 1,5 bar
- zuurstof: 4,0 bar



Figuur 2.89: Voorverwarmen thermietlas

De vlammen van de brander mogen niet met een overschot aan zuurstof werken in verband met verbranding van de vorm. Leg de vormkern (inzetstuk) op de kop van de vorm in de buurt van de

brander zodat deze ook droogt en de kans op het vergeten te plaatsen na het voorverwarmen kleiner is. Let er bij het verwarmen op letten dat beide spoorstaafinden gelijkmatig worden verwarmd, corrigeer indien nodig en controleer ook de afdichting van de vormen.

De duur van het voorverwarmen is afhankelijk van het te lassen profiel. De voorverwarming begint zodra de vlammen boven de opkomers / luchtpijpen uitkomen. Controleer met een klok de duur van de voorverwarming en controleer visueel bij het weghalen van de brander of de totale doorsnede van beide spoorstaven gelijkmatig is geweest door in de vorm te kijken en de kleur te beoordelen. Deze moet oranje/geel zijn. Hervat zo nodig de voorverwarming, waarbij meestal een halve minuut extra voldoende is.

Verwijder na het beëindigen van de voorverwarming de brander. Breng voor het ontsteken van de thermiet-portie het pas gemaakte inzetstuk met een handschoen in de kop van de vorm aan en druk dit goed aan. Zorg ervoor dat de tijd tussen het beëindigen van de voorverwarming en het ontsteken van de portie zo kort mogelijk is.

6. Het ontsteken van de thermietportie (voorbeeld Euro-gietkroes)

Bij gebruik van de Euro-gietkroes moet je deze in het midden van de vormhouders E in de nokken plaatsen. Steek het ontstekingsstaafje met de brander aan en steek het schuin en over circa 2/3 van de lengte in het midden van de thermiet-portie, waardoor de reactie op gang komt. Draag bij het bekijken van de aflopende reactie een beschermende bril en neem voldoende afstand in verband met de rookontwikkeling en rondvliegende vonken.

Indien de Euro-kroes met L50 of L75 wordt toegepast, gebruik dan het 300 mm lange ontstekingsstaafje en steek dit door de opening van de kroeskap.

7. Het vullen van de vorm / lasproces

Na het insteken van het ontstekingsstaafje mag de kroes pas leeglopen na ± 15 seconden en de chemische reactie moet dan tot stilstand zijn gekomen. De reactie is klaar als op het vloeibare staal een slakkenrand van ca. 10 – 20 mm is ontstaan. De staaluitloop gebeurt bij alle kroesvarianten automatisch. Zet de lege kroes na de uitloop zo weg, dat deze tegen vocht beschermd wordt. Leeg de slakkenbak pas als de slak is afgekoeld. Zet de hete slakkenbak en kroes op een veilige, droge, niet-brandbare ondergrond weg.

Wanneer geen uitloop volgt:

- laat dan de kroes op de vormen staan;
- wacht ten minste 30 minuten tot het metaal gestold is in de kroes;
- verwijder de kroes voorzichtig van de vormen.

Het wegnemen van de vormhouders en het afschuiven van de las is procesafhankelijk.

Neem de vormhouders voorzichtig weg na het ingieten volgens de in het parameterblad vermelde wachttijd. De vormenkop mag je op z'n vroegst na 4 minuten - afhankelijk van het proces - voorzichtig omkantelen en controleren of het staal nog vloeibaar is. Zo ja: leg dan de vormenkop terug. Indien het niet meer vloeibaar is kun je de vormenkop afnemen.

Het afschuifmoment kun je vervolgens visueel bepalen:

- Wanneer de vormenkop na de aangegeven wachttijd is afgenomen, is de kleur van het gietsel wit tot licht geel. Wanneer daarna de kleur van het gietsel donkerder wordt door oxidatie (vorming oxidehuid) met opbollingen (blaarvorming) kun je met het afschuiven beginnen.

- Wanneer de vormenkop later wordt verwijderd en het gietsel geel is, kun je direct met het afschuiven beginnen.

Controleer na het afschuiven op het oog de hoogte en corrigeer eventueel met behulp van wiggen. Slijp vervolgens de las meteen grof voor, zonder hierbij de bovenkant van de spoorstaaf te raken. Gebruik waar noodzakelijk spatschermen tegen de rondvliegende vonken. Het belasten (op trek of druk) of het berijden van de las mag plaatsvinden indien de temperatuur van de las lager is dan 300°C.

Bij de materiaalkwaliteiten MHH en R370CrHT moet de las gecontroleerd afkoelen zoals hierna beschreven.

De temperatuur van de materialen MHH en R370CrHT, gemeten direct naast de las in de overgang voet/ziel, moet $\geq 300^\circ\text{C}$ blijven gedurende 9 minuten na het afschuiven.

Om aan die eis te voldoen, moet je indien mogelijk niet grof voorslijpen.

De afkoelsnelheid wordt mede bepaald door de externe omstandigheden zoals lucht- / spoorstaaf temperatuur en wind. Daarom moet je bij een spoorstaaf temperatuur van 15°C of lager minimaal de 1^e las in deze materiaalkwaliteit bij iedere inzet als volgt controleren:

- Meet met een tussentijd van 1-2 minuten een paar keer de temperatuur zoals hierboven aangegeven.
- Koelt de las te snel af, dek de las dan af met een steenwol isolatiedeken of een isolatiekap.
- In plaats van afdekken kan en mag je ook de las en zijn directe omgeving bijwarmen, waarbij de temperatuur lager moet blijven dan 400°C .
- Verwijder de isolatie 9 minuten na het afschuiven.

Bij een spoorstaaf temperatuur van meer dan 15°C (in de niet door het lassen beïnvloede zone) kan de las in de materiaalkwaliteiten MHH en R370CrHT na het afschuiven zonder afdekken of bij te warmen gewoon afkoelen aan de lucht.

Lassen bij dalende spoorstaaf temperaturen

Bij dalende spoorstaaf temperaturen krimpen de spoorstaven en oefenen deze een trekspanning op de las uit. Deze trekspanning kan gedurende de uithardingsfase scheuren in de las veroorzaken. Het krimpen van de spoorstaven kun je tegengaan door gebruik van trekapparatuur of verwarmwagens.

Om de las tegen het teruglopen van de spoorstaaf eindigen door krimp te beschermen, moet je de spoorstaaf bij dalende spoorstaaf temperaturen gedurende 10 tot 30 seconden voor het ingieten van het staal, met spoorstaafverwarmapparatuur over een lengte van ca. 10 m afstand tot aan de las verwarmen. De spoorstaaf moet je tegen krimp fixeren totdat het afschuiven van de las heeft plaatsgevonden. Bij het neutraliseren van het spoor (sluitlas) moet je trek- of verwarmingsapparatuur (verwarmingswagens) gebruiken. Het inbrengen van warmte door middel van een voorverwarmbrander is hiervoor niet toegestaan.

Bij dalende spoorstaaf temperaturen moet je de spoorstaaf eindigen na het verwijderen van de hulpgereedschappen verwarmen met een voorverwarmbrander. Dit dient aan beide zijden van de las over een lengte van ca. 1 m te gebeuren, totdat met het afstropen van de las wordt begonnen. De voorverwarmbrander moet je zo richten dat de warmtetoevoer gelijkmatig over zowel de spoorstaafkop als de voet verdeeld wordt. De ziel van de spoorstaaf mag je niet verwarmen!

Bij gebruik van spoorstaaftrekapparatuur moeten de spoorstaafeinden tenminste gefixeerd blijven totdat het afschuiven van de las heeft plaatsgevonden. In geen geval mogen spanningen de las beïnvloeden voordat deze tot ongeveer 300 °C afgekoeld is.

Afwerking

Slijp de las eerst grof voor zonder de railkop te raken; laat hiervoor ca. 1 mm staan. Verwijder voorzichtig zand en gietresten rondom de gehele (afgekoelde) las - ook onder de voet - met behulp van een staalborstel of warmbeitel. Voorkom dat er kerven in de spoorstaaf ontstaan. Ruim vervolgens alle resten op en voer deze af in de daarvoor bestemde afvalbakken.

Wanneer de Euro-kroes gebruikt wordt om lasrestanten van de bouwplaats te verwijderen moeten alle materialen afgekoeld zijn. Het is aan te bevelen om eerst de keramische restanten en daarna de staal- en slakresten in de emmer te stoppen.

Herstel vervolgens de 'bovenbouw', dat wil zeggen verwijder de keggen en wiggen, breng de onderlegplaatjes aan, zet de spoorstaaf weer met zijn bevestigingsmiddelen vast en breng de verschoven ballast weer aan. Nadat de las is afgekoeld tot onder de 50°C mag al met het fijnslijpen worden begonnen om de geometrie van de spoorstaaf te herstellen. Wacht echter bij voorkeur tot de las volledig is afgekoeld. Dit fijnslijpen gebeurt vaak met een vlakslijper, waarbij de warmte-inbreng zoveel mogelijk moet worden beperkt om blauwkleuring van de las te voorkomen. Dit zijn namelijk potentiële hardingsplekken. De geometrie-eisen kunnen per opdrachtgever en baanvaknelheid verschillen, maar controle van de geometrie vindt plaats met de digitale meetrei.



Figuur 2.90: Het meten van de geometrie van een geslepen thermielas

Overige voorverwarm technieken (INFORMATIEF) (Bron: Lastechniek juni 2013, P. Keultjes ITW Welding)

Inductieverwarming

Een tegenwoordig veelvuldig toegepaste methode in de latechniek is inductieverwarming. Inductieverwarming maakt gebruik van de overdracht van elektrische energie door middel van inductie van een spoel of speciale kabel in een (ferro)magnetisch werkstuk. Een hoogfrequente wisselstroom loopt door de spoel of kabel en wekt een snel wisselend magnetisch veld op. Dit magnetisch veld genereert wervelstromen in het werkstuk en warmte ontstaat doordat deze wervelstromen weerstand ondervinden van het materiaal (I²R-verwarming). Zonder dat er direct contact is tussen de spoel en het werkstuk, zorgen de wervelstromen dat er heel precies, net onder het oppervlak, warmte wordt opgewekt. De spoelen en kabels zelf worden hierbij zelf niet warm. De maximale warmte ontstaat juist onder het metaaloppervlak. Deze warmte wordt door convectie verder door het werkstuk verspreid.



Figuur 2.91: Inductief voorverwarmen van een buis

Er zijn twee soorten inductiesystemen, namelijk luchtgekoelde en watergekoelde systemen. Het luchtgekoelde systeem maakt verwarming tot 200 °C mogelijk en is daardoor niet geschikt voor in de spoorbouw.

Watergekoelde systemen kunnen het werkstuk, afhankelijk van zijn samenstelling, verwarmen tot ca. 800 °C. Een isolatiedeken onder de kabel beschermt deze tegen verbranden. Het magnetisch veld dringt door de isolatie heen en verwarmt zo het werkstuk. Deze systemen kunnen gebruikt worden voor voorverwarmen, waterstofarm gloeien en spanningsarm gloeien.

De ontwikkeling van inductiesystemen gaat steeds verder. Digitale temperatuurrecorders gekoppeld aan het systeem helpen op een eenvoudige manier bij de controle en registratie van de temperatuur en gewenste warmtebehandeling. De nieuwste ontwikkelingen zijn gericht op installaties die gebruik maken van speciale inductoren met een specifieke vorm, waarmee men zeer gericht kan verwarmen. Voorbeelden zijn inductoren voor het strekken en richten van gelaste constructies of plaatvelden, en inductoren die voor een OP-laskop (onderpoederlaskop) geplaatst kunnen worden en met de lassnelheid het werkstuk op de juiste voorwarmtemperatuur brengen. Het grote voordeel is dat er bij dit principe 'in line' verwarmd wordt. Daarmee behoren lange wachttijden voor het voorverwarmen tot het verleden. De inductoren kunnen aan de naadvorm worden aangepast en er zijn grote besparingen te realiseren in combinatie met een zeer betrouwbare en reproduceerbare methode. Al met al zijn er interessante alternatieven voor de traditionele gasbrander. Moderne methoden die de veiligheid en productiviteit verhogen doordat

het werkstuk aanzienlijk sneller en nauwkeurig de gewenste temperatuur bereikt, oververhitting wordt voorkomen, een betrouwbare registratie mogelijk wordt en bespaard wordt op energiekosten door het verbeterde rendement. Bovendien zijn deze moderne systemen lasservriendelijk doordat er aanzienlijk minder omgevingsstraling en geluid optreedt.

2.14 Oefenvragen bekistlassen en oplassen

1. Wat moet de lasser doen als een scheur dieper blijkt te zijn dan 20 mm?
 - a. Stoppen met slijpen, dichtlassen en melden bij de lascoördinator.
 - b. De scheur helemaal uitslijpen, dichtlassen en melden bij de lascoördinator.
 - c. De uitvoerder laten tekenen voor de verantwoording.
 - d. De lascoördinator bellen dat hij moet komen kijken.

2. Waar moet men de voorverwarmtemperatuur meten?
 - a. Op de las.
 - b. In de te lassen voeg.
 - c. Op een afstand van 200 mm naast de las.
 - d. Op een afstand van 100 mm naast de las.

3. Waar moet de interpass-temperatuur worden gemeten?
 - a. Op de las.
 - b. In de te lassen voeg.
 - c. Op een afstand van 2 mm naast de las.
 - d. Op een afstand van 10 mm naast de las.

4. Waarom moet met de brander een heen-en-weergaande beweging worden gemaakt bij het voorverwarmen?
 - a. Omdat je 200mm naast de las moet voorverwarmen en de warmte anders wegvloeit.
 - b. Omdat de spanning in de spoorstaaf dan kleiner blijft en je zeker weet dat de las warm is.
 - c. Omdat de spoorstaaf anders plaatselijk te warm wordt en er kans op een negatieve structuurverandering naast de las ontstaat.
 - d. Dat moet juist niet, omdat de las dan niet genoeg wordt voorverwarmd.

5. Waarom moet je bij het oplassen een wachttijd in acht nemen na het voorverwarmen?
 - a. Dan kun je even rusten.
 - b. Omdat je de warmte welke vanuit het oppervlak is aangevoerd voldoende de tijd moet geven om in het materiaal te trekken alvorens de temperatuur te meten.
 - c. Om martensiet te voorkomen.
 - d. Zodat je eerder klaar bent met lassen.

6. Wat is de temperbead-methode bij het oplassen?
 - a. De eerste laag met een zo laag mogelijke stroom inlassen, waarbij de laskantjes weggesmolten moeten worden.
 - b. De eerste laag met een zo hoog mogelijk stroom inlassen, waarbij de laskantjes omgesmolten moeten worden.
 - c. Teruglopen op de voorgaande laag, voordat de elektrode mag worden weggetrokken.
 - d. Een laatste laag die net binnen de voorgaande laag wordt gelast, zodat deze wordt uitgegloeid.

7. Bij welke temperatuur mag een puntstuk worden geprofileerd op zijn eindmaat?
 - a. Dat hangt af van de buitendienststelling. Hiervoor staat geen bepaalde temperatuur.
 - b. Als de las is afgekoeld tot maximaal 25°C.
 - c. Liefst op 350°C, dan is de kans op harding het kleinst.
 - d. Als de las is afgekoeld tot minimaal 50°C.

8. Tot welke temperatuur moet je een 13-16 % mangaanstalen puntstuk voorverwarmen?
 - a. Tot 350°C.
 - b. Tot 200°C.
 - c. Tot het handwarm is, als het vochtig is (droogstoken).
 - d. Tot 450°C.

9. Waar moet je beginnen met lassen bij een mangaanstalen puntstuk?
 - a. Op het breedste deel van de punt, en dan naar de punt toewerken.
 - b. Op het dunste deel van de punt, en dan van de punt af werken.
 - c. Je moet altijd eerst de vleugel lassen en dan pas de punt.
 - d. Het maakt niet uit waar je begint met lassen.

10. Een las is 2 mm diep uitgeslepen. In hoeveel lagen moet er worden opgelast?
 - a. In 1 laag, met een zo hoog mogelijke warmte-inbreng.
 - b. In 2 lagen. De eerste laag met een hoge stroomsterkte, de tweede laag met een lage stroomsterkte om randinkarteling te voorkomen.
 - c. In 2 lagen. De tweede laag net binnen de eerste, om de voorgaande laag uit te gloeien.
 - d. Dit hangt af van de dikte van de te gebruiken elektrode.

11. Welke documenten heb je nodig als je gaat lassen aan een puntstuk of kruisstuk van de materiaalkwaliteit R350HT?

12. Noem ten minste 3 werkzaamheden die bij de voorbereiding van het oplassen van spoorstaven horen.

13. Beschrijf de juiste manier van voorverwarmen bij het oplassen.

14. Leg met behulp van een tekening en in je eigen woorden uit wat de temperbead-methode is.

15. Beschrijf hoe je de voorbereiding van een op te lassen loopvlak uitvoert.

2.15 Oefenvragen thermietlassen

1. Hoe dienen ontstekingsstaafjes te worden bewaard?
 - a. Met de draad naar onderen in de verpakking.
 - b. Niet op het lichaam in de kleding.
 - c. Niet samen met de lasporties.
 - d. Droog.

2. Wat is de breedte van de voeg bij een SoW-5 normaal, L50 en L75?
 - a. 28 mm, 50 mm en 75 mm.
 - b. 28-30 mm, 40-50 mm en 65-75 mm.
 - c. 28-32 mm, 40-50 mm en 60-75 mm.

3. Waar moet je op letten bij het afdichten van een voeg met verschillende hoogten van de spoorstaafvoeten?
 - a. Je moet karton aanbrengen tussen de vorm en de spoorstaaf om te verhinderen dat er zand in de vorm wordt gedrukt. Het karton mag hierbij niet aan de binnenkant van de vorm uitsteken.
 - b. Je moet karton aanbrengen tussen de vorm en de spoorstaaf om te verhinderen dat er zand in de vorm wordt gedrukt. Het karton mag hierbij niet over de rand van de vormhouder uitsteken, vanwege grote kans op een doorloper.
 - c. Er hoeft geen karton aangebracht te worden, omdat een ervaren lasser het afdichten zeer goed beheerst.

4. Welke kwaliteit spoorstaaf mag niet worden gebrand en waarom niet?
 - a. R350HT, omdat de kop hard is.
 - b. R260Mn, omdat dit niet toegepast kan worden als de temperatuur lager is dan 10°C.
 - c. R200, omdat deze kwaliteit te zacht is
 - d. R370CrHT, omdat er een negatieve structuurverandering plaatsvindt.

5. Wat is de werkdruk voor gas en zuurstof bij het SoW-5 lassen?
 - a. Propaan: 4 bar en zuurstof: 1,5 bar.
 - b. Propaan: 1,5 bar en zuurstof: 4 bar.
 - c. Propaan: 1,5 bar en zuurstof: 4,5 bar.
 - d. Propaan: 4,5 bar en zuurstof: 1,5 bar.

6. De voor het autogeen snijden en voorverwarmen benodigde zuurstof is:
 - a. onder hoge druk opgeslagen als vloeistof in de cilinder.
 - b. onder hoge druk opgeslagen als gas in de cilinder.
 - c. een brandbaar gas dat lichter is dan lucht.
 - d. een brandbevorderend gas dat zwaarder is dan lucht.

7. Waarom is de aanduiding op de porties voor de lasser belangrijk?
 - a. Omdat hij deze gegevens moet vergelijken met de walstekens op beide te lassen spoorstaven en daarna volgens het werkvoorschrift de portie kiest.
 - b. Omdat bij een verkeerde portiekeuze de kwaliteit van de las (bijv. de hardheid) negatief wordt beïnvloed.
 - c. Omdat overschrijding van de opgedrukte houdbaarheidsdatum kan leiden tot het uitlopen van het vloeibare staal uit de vorm.
 - d. De portie-aanduiding is voor de lasser niet belangrijk.

8. Wanneer er twee spoorstaven van gelijk profiel, kwaliteit R260Mn aan R350HT te verbinden zijn, voor welk thermietportie kies je dan?
 - a. De portie met de laagste staalkwaliteit.
 - b. Dit mag de lasser zelf bepalen.
 - c. De portie met de hoogste staalkwaliteit.
 - d. Zowel a, b als c zijn juist.

9. Welke uitspraak voor het afstellen/uitrichten van de las is juist?
 - a. SoW-5: 0,8-1,0 mm / SoW-5-L75: 1,2-1,4 mm aan beide zijden over 0,5 m lengte.
 - b. SoW-5: 1,0-1,5 mm / SoW-5-L75: 2,0-2,4 mm aan beide zijden over 0,5 m lengte.
 - c. SoW-5: 1,2-1,4 mm / SoW-5-L75: 2,4-2,6 mm aan beide zijden over 0,5 m lengte.
 - d. SoW-5: 1,2-1,4 mm / SoW-5-L75: 2,0-2,4 mm aan beide zijden over 0,5 m lengte.

10. Waar mogen in ProRail-sporen *geen* voeglassen worden gemaakt? Noem minimaal drie locaties.

11. Beschrijf in het kort de risico's van:
 - a. een te grote voeg.
 - b. een te kleine voeg.
 - c. scheefstand van vormen.

12. Waarvoor dient een lasregistratieformulier? Noem minimaal drie trefwoorden.

13. Waarom mag een las niet direct na het lassen in profiel worden geslepen? Hoe moet dat dan?

2.16 Oefenvragen afbrandstuiklassen

1. Een juiste uitlijning in de lasklemmen is noodzakelijk
 - a. voor een optimaal passend contactvlak vóór het lassen.
 - b. voor een maximum uitstulping na het lassen.
 - c. voor een negatieve kroon na het lassen.
 - d. om de afschuifmessen niet te beschadigen.
2. Het foutief afstropen kan leiden tot
 - a. een las die moeilijk te slijpen is.
 - b. een las die zwakker is bij een buig-breekproef.
 - c. een las die door vermoeiing eerder kapot gaat.
 - d. alle drie bovenstaande genoemde gevolgen.
3. Wat moet je doen als je na het maken van de las ziet dat de klemmen tijdens het stuiken aanzienlijk geslipt hebben ?
 - a. Dit noteren en doorgaan.
 - b. De mogelijke oorzaak verhelpen en de foute las uitzagen of uitslijpen.
 - c. Het lasprogramma aanpassen.
 - d. De foute las uitzagen en doorgaan met de productie.
4. Welke las is goed?
 - a. Een las gemaakt met een te lage stuikdruk volgens WPS.
 - b. Een las gemaakt met een 20 seconde kortere lastijd dan volgens WPS.
 - c. Een las met overdikte van 2 mm op de kop.
 - d. Een las met een afschuifgroef doorlopend in het spoorstaafprofiel.
5. Wat kan de oorzaak zijn van een te hoge stuikdruk?
 - a. Het programma hoort niet bij het te lassen profiel.
 - b. Een machinestoring.
 - c. Vervuilde contactelektroden.
 - d. Alle drie bovengenoemde oorzaken zijn mogelijk.
6. Wat moet de lasser doen voordat hij een passtuk gaat lassen in de baan?
 - a. De materiaalkwaliteit en slijtage van de in gebruik zijnde spoorstaaf controleren.
 - b. Het versienummer van de lasmachine software controleren.
 - c. De lassen verdelen tussen de collega's voor een effectieve productie.
 - d. De toe te passen machines en (hulp)middelen controleren.
7. De bovenkant van de las in de voet wordt geslepen omdat
 - a. de las er altijd netjes uit moet zien.
 - b. de las dan goed gecontroleerd kan worden op eventuele scheuren.
 - c. het wiel van de trein de las kan raken.
 - d. de vermoeiingslevensduur daardoor langer wordt.
8. De kroon van de las moet ten behoeve van het in profielslijpen
 - a. iets positief zijn.
 - b. iets negatief zijn.
 - c. precies nul zijn.
 - d. alle drie bovengenoemde posities van de kroon zijn acceptabel.
9. De lengte voor het fijnslijpen van een las op de kop ten behoeve van een juiste lasgeometrie is volgens RLN00451-4
 - a. maximaal 1000 mm.
 - b. minimaal 1000 mm.
 - c. maximaal 900 mm.

- d. onbelangrijk bij toepassing van een elektronische meetrei.
10. Wat moet de spoorstaafteemperatuur van een las zijn als je de definitieve Pv maat gaat meten?
- Kleiner of gelijk aan 50°C.
 - Kleiner of gelijk aan 100°C.
 - Kleiner of gelijk aan 150°C.
 - Dat maakt niet uit, als de meetapparatuur maar niet beschadigd wordt.
11. Een las mag niet te snel afkoelen omdat
- deze dan te hard en te bros kan worden.
 - deze dan te zacht wordt.
 - deze dan te taai wordt.
 - deze dan te veel gaat krimpen.
12. De spoorstaaf moet voor het lassen ontroest worden omdat
- de lasmachine anders te vuil wordt.
 - roest de weerstand ter plaatse van de contactvlakken verhoogt.
 - door de roest de graving/slagcodes niet goed leesbaar is.
 - door de roest het afstropen dan moeilijk verloopt.
13. Wanneer kan het fijnslijpen worden uitgevoerd?
- Altijd 30 minuten na het grof voorslijpen.
 - Als de las is afgekoeld en daarmee de krimp is beëindigd (handwarm) en de spoorstaaf bevestigingsmiddelen weer zijn vastgezet.
 - Het grof voorslijpen en het fijn naslijpen kunnen direct na het afschuiven in één bewerking uitgevoerd worden.
 - Er is geen verschil tussen grof- en fijnslijpen.
14. Als de voeglas gereed is wordt een letter -en nummercombinatie naast de las ingeslagen. Deze combinatie bevat minimaal:
- de afkorting van het lasbedrijf en het nummer van de lasser.
 - de afkorting van het lasbedrijf, het nummer van de lasser en het jaarnummer van productie.
 - de maand, het nummer van de lasser en het jaartal.
 - de afkorting van het lasbedrijf en het jaartal.

3 Ontwerp van de spoorbaan en lassen onder specifieke spoorcondities

Inhoud

3	Ontwerp van de spoorbaan	1
3.1	Inleiding	2
3.2	Onderbouw van de spoorbaan	3
3.3	Bovenbouw van de spoorbaan	5
3.3.1	Het ballastbed	5
3.3.2	Dwarsliggers	6
3.3.3	Spoorstaven	7
3.3.4	Bevestigingsmaterialen	8
3.4	Contact tussen wiel en spoorstaaf	12
3.5	Lasverbindingen	13
3.5.1	Voegenspoor en voegloos spoor	13
3.5.2	Type lassen voor voegenspoor	14
3.5.3	Type lassen voor voegloos spoor	15
3.5.4	Lassen in voegloos spoor	19
6	Begrippen bij de ligging van sporen	21
3.7	Kruisingen en wissels	24
3.8	Lassen onder bijzondere condities	31
3.8.1	Werken in besloten ruimten	31
3.8.2	Lassen op bruggen	33
3.8.3	Lassen op "blokken" spoor	34
3.9	Oefenvragen	38

3.1 Inleiding

Het wielcontact met de spoorstaven moet zo optimaal mogelijk zijn vanwege het reiscomfort, de veiligheid en de levensduur van het spoortraject. Een vlakke rijbaan is daarom van groot belang. Bij het verbinden van de afzonderlijke spoorstaven lopen we het risico om hieraan niet te voldoen, omdat niet alle spoorstaven even symmetrisch zijn qua hoogte en breedte.

De lasprocessen die in het spoor worden toegepast zijn:

- Afbrandstuiklassen;
- Thermietlassen;
- Bekistlassen;
- Onderpoeder lassen (niet bij ProRail).

De spoorcomponenten waaraan we lassen zijn:

- Spoorstaven (inclusief detectierupsen);
- Kruis- en puntstukken;
- Strijkregels.

Daarnaast zijn er verbindingen die in de spoorbouw ook 'lassen' worden genoemd, maar geen echte lassen zijn. Voorbeelden van deze verbindingen zijn:

- Brugovergangen / schuiflassen;
- Voeglassen;
- Elektrische scheidingslassen (geconstrueerd of gelijmd);
- Compensatielassen / compensatie-inrichtingen.

Om laswerk aan het spoor op een juiste wijze te kunnen uitvoeren is specifieke kennis noodzakelijk. Zo onderscheiden we in de spoorbouw de onderbouw, de bovenbouw en kunstwerken.

Hoewel de raillasser zijn werkzaamheden alleen in de bovenbouw verricht, is het in het kader van deze opleiding toch van belang ook de onderbouw en kunstwerken te behandelen.

3.2 Onderbouw van de spoorbaan

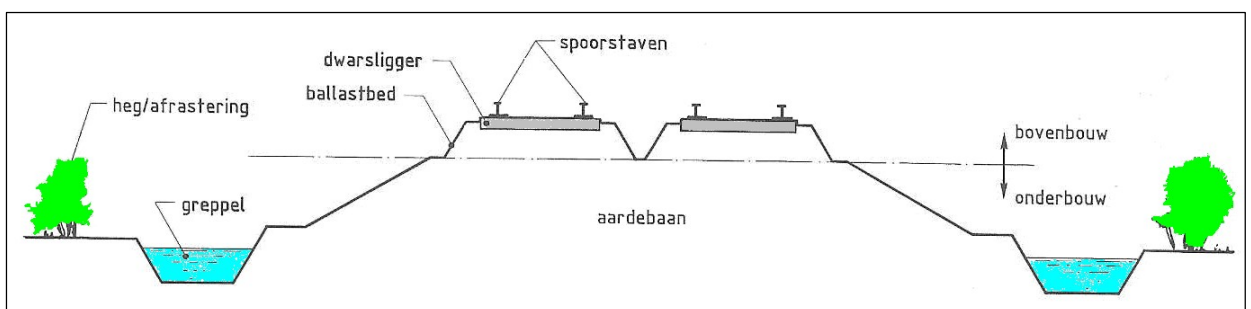
Leerdoelstellingen

Je bent in staat om:

VBE 3.3.2.1

Doel en functie van aarde- en betonbaan

De onderbouw van de spoorbaan bestaat uit de aarden baan of een betonbaan van bijvoorbeeld een viaduct. De aarden baan is de drager van de bovenbouw en verdeelt de druk van de dwarsliggers en de spoorstaven gelijkmatig via het ballastbed over de ondergrond. Daarnaast zorgt de aarden baan voor de afvoer van het regen- en smeltwater naar de greppels en sloten.



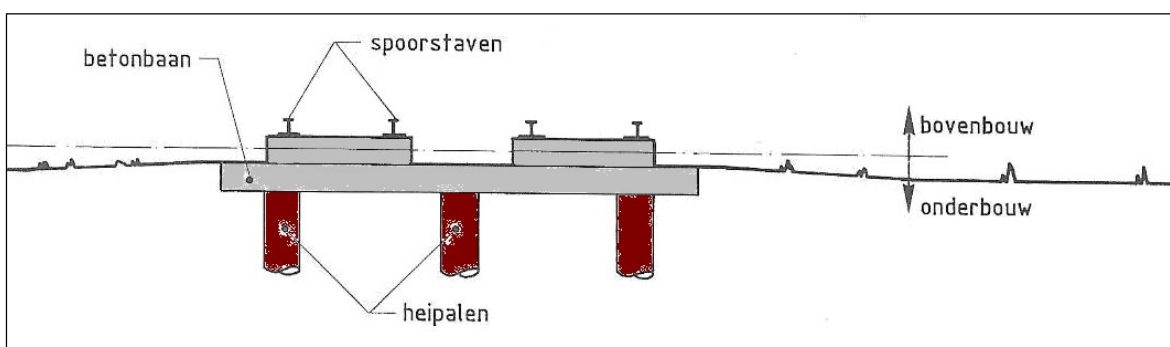
Figuur 3.1: Spoor op aarden baan

De aarden baan bestaat uit een pakket zand vanwege de goede waterdoorlaatbaarheid. Dit pakket wordt aangelegd op de ondergrond zoals die was voor de aanleg van de spoorbaan. Bij een te slappe ondergrond is grondverbetering noodzakelijk. Dit wordt uitgevoerd door uitgraving, tot een vaste grondlaag is bereikt.

Een betonbaan bestaat meestal uit betonnen platen die op een speciale manier op elkaar aansluiten. Als de ondergrond voor een betonbaan te slap is moet deze eerst worden onderheid. De baan zou anders in de ondergrond wegzakken.

Als je een betonbaan op palen hoog boven de grond zet, heb je een viaduct. Een viaduct is dus eigenlijk een betonbaan. Ook een betonnen brug kun je zo beschouwen en tevens in tunnels ligt het spoor veelal op beton.

Beton laat echter geen water door en dit zal naar de zijkant moeten weglopen (zie figuur 3.2).

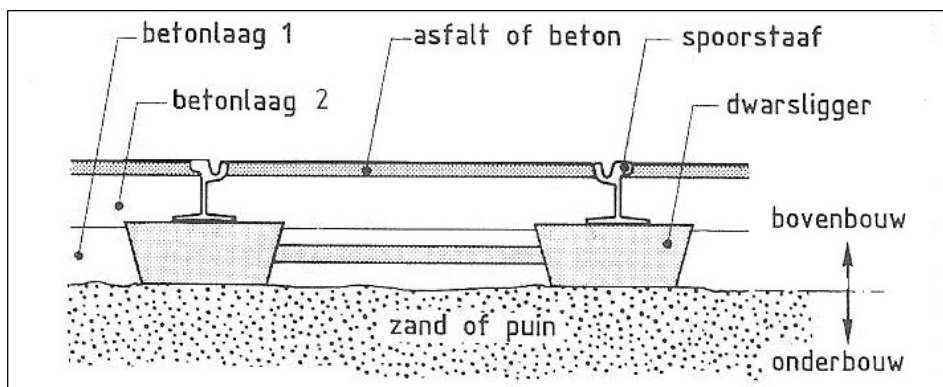


Figuur 3.2: Spoor op betonbaan

Het onderscheid tussen onder- en bovenbouw is in beide tekeningen duidelijk aangegeven.

Een bijzondere uitvoering is de spoorbaan in een gesloten wegdek. Om ruimte in de stad te besparen wordt de trambaan vaak in het wegdek gelegd. De bovenkant van het spoor ligt dan gelijk met het wegdek. Het gewone verkeer kan zodoende gewoon over de trambaan rijden. Figuur 3.3 laat hiervan een voorbeeld zien. Voor een spoorbaan in de weg worden spoorstaven met een groefprofiel toegepast. Het regenwater wordt bij een spoorbaan in de weg over het wegdek afgevoerd. Verder zitten er putten in de goot die op de riolering zijn aangesloten.

De fundering van een spoorbaan in de weg is tegenwoordig alleen nog maar beton. Bij de tram noemen we een spoorbaan die niet in een wegdek ligt een 'open baan'. Dat is vaak een spoor op een aarden baan.



Figuur 3.3: Spoor in wegdek

3.3 Bovenbouw van de spoorbaan

Leerdoelstellingen

Je bent in staat om:

VBE 3.3.3.1

Doel en functie van het ballastbed, dwarsliggers en spoorstaven kunnen beschrijven

De bovenbouw van de spoorbaan heeft de volgende functies:

- het dragen van railvoertuigen;
- de geleiding van de wielen;
- de geleiding van de elektrische stroom.

De bovenbouw van het spoor bestaat uit:

- het ballastbed;
- de dwarsliggers;
- de spoorstaven;
- bevestigingsmaterialen.

3.3.1 Het ballastbed

Het ballastbed is een laag grind of steenslag die boven op de aarden baan ligt. Op het ballastbed komen vervolgens de dwarsliggers en de spoorstaven te liggen. Het ballastbed vangt de druk op van een passerende trein, metro of tram, en verdeelt de druk gelijkmatig over de aarden baan, zodat de dwarsliggers en de spoorstaven niet in de aarden baan kunnen wegzakken. Bovendien geeft de ballast weerstand aan de dwarsliggers in zijdelingse richting zodat deze niet kunnen schuiven en een zogenaamde spoorspatting veroorzaken. Daarnaast houdt het ballastbed het spoor droog vanwege de goede waterdoorlaatbaarheid.

Het ballastbed moet dan ook voldoen aan een aantal eisen:

- Het moet een grote drukvastheid hebben, of een hoge weerstand tegen samendrukken.
- Het moet bestand zijn tegen weersinvloeden en temperatuurverschillen.
- Het moet vrij zijn van zand of klei die de waterafvoer kunnen beperken.
- Het mag niet al te groot van afmeting zijn.

Bij de opbouw van het ballastbed komt eerst een scheidingsvlies of filtervlies (geogrid) op de aarden baan te liggen. Dit scheidingsvlies voorkomt het van onderuit binnendringen van zand. Op het scheidingsvlies komt vervolgens het ballastbed.

Steenslag, ook wel porfier genoemd, is het beste en ook meest gebruikte ballastmateriaal, vanwege de grote hardheid, de scherpkantige vorm (het grijpt goed in elkaar) en daardoor een hoge inwendige wrijving en een grote elasticiteit. De korrelgrootte varieert van 31,5 tot 50 mm. De dikte van het ballastbed varieert van 0,48 tot 0,73 m, gemeten van onder BS (= bovenzijde spoorstaaf), en is afhankelijk van het type gebruikte dwarsliggers (hout of beton), de baanbelasting (die bepaald wordt door aslast en rijnsnelheid), en de vorm van het spoor (rechtstand of in de boog). Het nadeel van steenslag is de hoge prijs. Het is ten alle tijden van belang dat het ballastbed vrij blijft van vervuiling zodat de werking niet achteruit gaat.

Zorg dat je alles opgeruimd achterlaat en dat er bijv. bij het thermietlassen geen afdichtzand in het ballastbed terecht komt of restanten van de vormen achterblijven.

3.3.2 Dwarsliggers

De dwarsligger is een balk van hout, staal of beton die dwars onder de spoorstaven ligt. De spoorstaven zijn hier (meestal) indirect aan vastgemaakt. Dwarsliggers hebben de volgende functies:

- het dragen en vasthouden van de spoorstaven;
- het verzekeren van de spoorwijdte (afstand tussen de beide spoorstaven);
- het verzekeren van de juiste spoorhoogte;
- het spreiden en gelijkmatig overbrengen van de druk van de trein, metro of tram over het ballastbed.

Gezien de genoemde functies, moeten de dwarsliggers aan de volgende eisen voldoen:

- Ze moeten bestand zijn tegen druk en buiging.
- Ze moeten bestand zijn tegen het klimaat dat in ons land heerst. Tegenwoordig worden alleen de betonnen dwarsliggers gebruikt bij nieuwbouw.
- Dwarsliggers moeten voldoende oppervlakte hebben om steun te geven aan de spoorstaven.
- Ze moeten sterk genoeg zijn om de bevestigingsmiddelen (klemhouders/kluisjes en kraagbouten) vast te houden.

Houten dwarsliggers

Deze zullen geleidelijk helemaal verdwijnen en komen alleen nog voor bij het onderhoud van het spoor.

Juist bij het onderhoud moeten lassers de juiste middelen gebruiken om de spoorstaven, voorafgaande aan het lassen, uit te richten. Bereden spoorstaven slijten, waardoor de spoorwijdte verandert. Na het lassen en het weer bevestigen van de spoorstaaf aan de dwarsligger is het vaak nodig de zogenaamde 'kluisjes', waarin de spoorstaaf opgesloten is, naar binnen toe te verschuiven. Dit moet met een krik gebeuren voorzien van voldoende draagvlak er mag niet, zoals vaak in de praktijk gebeurt een spie te slaan direct op het hout om deze vervolgens als afstempeling te gebruiken. De houten dwarsligger zal hierdoor gaan splijten en sneller gaan rotten.

Betonnen dwarsliggers

Hier valt weinig aan te stellen: eventuele stelmogelijkheden zullen uit de kluisjes zelf moeten komen. Bij de betonnen dwarsliggers kennen we verschillende soorten:

- volledig beton over de gehele lengte;
- twee betonnen blokken onderling verbonden door buizen.

De volledig betonnen variant is bij ProRail bekend als het type NS 90. Dit type wordt toegepast in de vrije baan en, indien vlak uitgevoerd (type 002), voor ondersteuning van niet-metallurgische lasverbindingen.

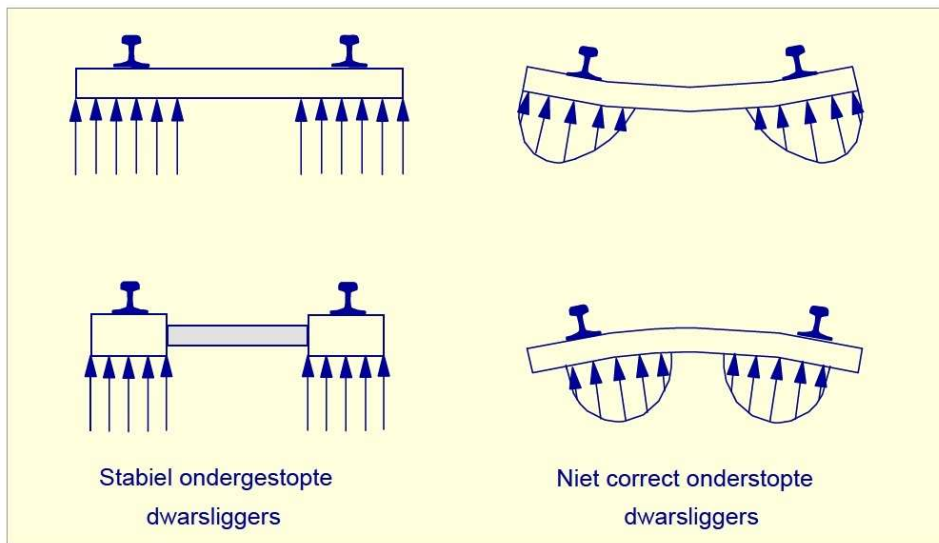
De twee onderling verbonden betonnen blokken komen veel voor bij de tram en de metro, waar het gewicht en de snelheid van de voertuigen lager is als bij de trein. De buis tussen de blokken kan gemaakt zijn van staal of van kunststof gevuld met gewapend beton.

Tramrails hebben vaak zo'n brede voet dat ze geen dwarsligger nodig hebben om de druk goed te verdelen. Dan zijn er stalen strippen (spoorwijdtehouders) met een boutverbinding in de ziel van de spoorstaaf gemonteerd.

De onderlinge afstand van de dwarsliggers in de baan is standaard 0,60 m.

De spoorconstructies op betonbanen kunnen uitgevoerd zijn met of zonder dwarsliggers. Standaard komen de bevestigingen direct op de betonbaan, maar bijvoorbeeld op hogesnelheidstrajecten en bij sommige nieuwe kunstwerken is de dwarsligger in de betonbaan mee ingegoten. Het beton is sterk genoeg om de functie van dwarsligger over te nemen.

Om de spoorwijdte goed te kunnen handhaven bij spoorconstructies in ballast, is het van groot belang dat de dwarsliggers alleen rondom de draagpunten van de spoorstaaf goed zijn onderstept. Wanneer dit te veel naar het midden gebeurt geeft dit spoorvernaauwing. Te veel naar buiten geeft dit een spoorverwijding (zie figuur 3.4).



Figuur 3.4: Het ondersteppen van dwarsliggers (Uit: College CT3041 van prof.dr.ir. C. Esveld)

In bogen oefent de trein door zijn snelheid een grote dwarskracht uit op de spoorstaaf en dus ook op de dwarsliggers waaraan deze bevestigd is. Om verschuiving van de dwarsliggers te voorkomen, plaatst men in krappe bogen zogenaamde 'ankerschoenen'.

3.3.3 Spoorstaven

Op de dwarsliggers komen de spoorstaven die in vorm, afmeting en materiaalkwaliteit kunnen verschillen, maar die allemaal de volgende functies hebben:

- het dragen van het gewicht van trein, metro of tram en het overbrengen van dit gewicht op de dwarsliggers;
- het geleiden van de wielen en het opnemen van de zijdelingse krachten ten gevolge van de 'sinusloop' van het voertuig;
- het geleiden van de elektrische zwakstroom voor de bediening van seinen en overwegen;
- het geleiden van de elektrische stroom die terugkomt van trein, metro of tram. We noemen dat de retourstroom. We komen hier later in deze cursus op terug vanuit veiligheidsoogpunt.

De twee spoorstaven van het spoor noemen we ook wel 'de benen' van het spoor.

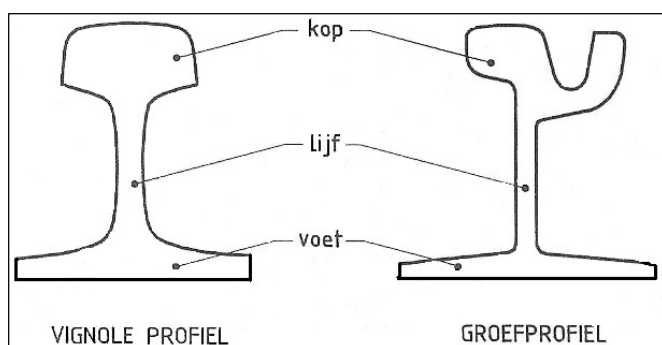
Profiel

De vorm van de dwarsdoorsnede van een spoorstaaf noemen we het profiel. In figuur 3.5 zien we de twee meest toegepaste profielen.

Het Vignole-profiel wordt toegepast voor de trein, de metro en soms ook de tram als openbaanconstructie. Het profiel is wat betreft afmetingen en materiaalkwaliteiten vastgelegd in de Europese norm NEN-EN 13674-1. De aanduiding van de profielen in deze norm is gebaseerd op het gewicht per meter spoorstaaf.

Bijvoorbeeld: 46E3 is een profiel met een gewicht van 46 kg/m; type 54E1 is een profiel met een gewicht van 54 kg/m. De lengte van de spoorstaven kan verschillend zijn (3 – 360 meter), maar is vaak 60 of 120 meter. De verschillende materiaalkwaliteiten van spoorstaven komen in een ander hoofdstuk aan de orde.

Het Groefrailprofiel vindt toepassing bij de tram, voor spoorconstructie die in het wegdek liggen. Ook hiervan zijn de afmetingen en materiaalkwaliteiten Europees vastgelegd in de norm NEN-EN 14811. De lengte van dit type spoorstaaf is veelal 18 meter.



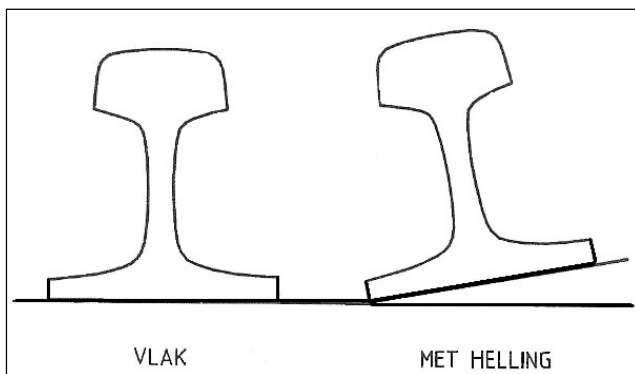
Figuur 3.5: Spoorstaafprofielen

Het bovenste deel van de spoorstaaf heet de kop. Het onderste deel heet de voet. Het middendeel heet het lijf of de ziel van de spoorstaaf. In figuur 3.5 zijn deze delen aangegeven. Bij de groefrail is de uitsparing in de kop de zogenaamde groef. Het dikste deel bij groefrail is de kop en het andere gedeelte, in de figuur rechts naast de groef, noemen we de lat.

3.3.4 Bevestigingsmaterialen

Bij de keuze van de bevestigingsmaterialen is erop gelet of de spoorstaven onder een helling moeten staan of niet. Bij sporen van ProRail staan de spoorstaven vaak onder een helling en in de wissels liggen de spoorstaven vlak (zie figuur 3.6).

Bij de tram staan de spoorstaven normaal vlak, bij de metro vaak weer onder een helling. Het doel van deze helling is om de krachten die op de spoorstaaf komen recht door de ziel te geleiden.

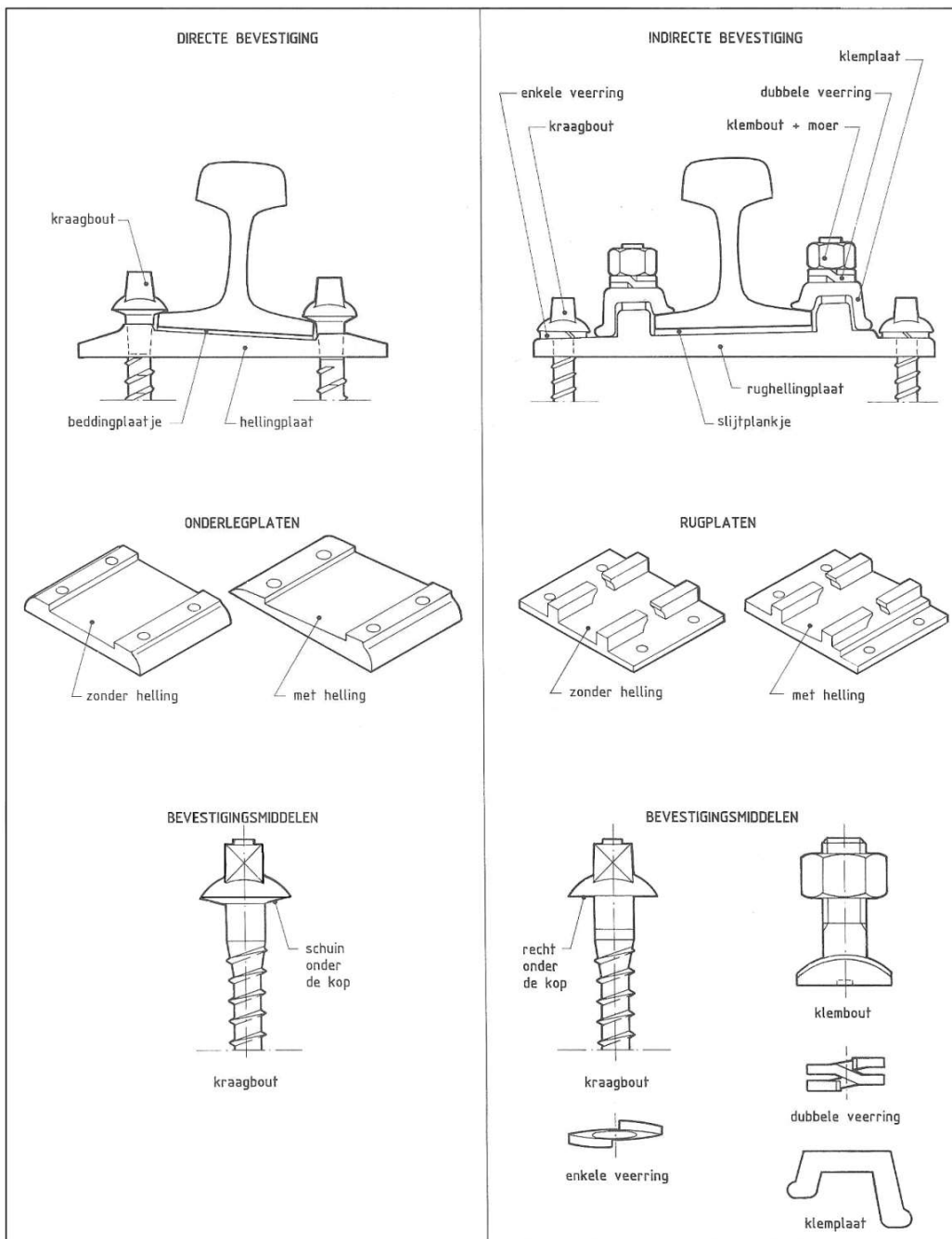


Figuur 3.6: Spoorstaven onder een helling of vlak

We kunnen de bevestigingsconstructies in twee groepen verdelen:

1. directe bevestiging;
2. indirecte bevestiging.

In figuur 3.7 zijn hiervan voorbeelden gegeven.



Figuur 3.7: Voorbeelden van bevestigingsconstructies

Op de dwarsligger komt de onderlegplaat, al dan niet voorzien van een helling, vervolgens een kunststof beddingsplaatje of slijtplankje, en dan de spoorstaaf. De onderlegplaat met helling wordt gebruikt als de spoorstaaf schuin moet staan. Soms is nog een verende klem gebruikt, waardoor de spoorstaaf een heel klein beetje kan bewegen en op die manier de trillingen van de passerende voertuigen beter kan opvangen. De toepassing hiervan is vooral bij betonbanen. De meest voorkomende indirecte bevestiging is de zogenaamde 'Vossloh-veer' of 'Vossloh-klem' (zie figuur 3.8).

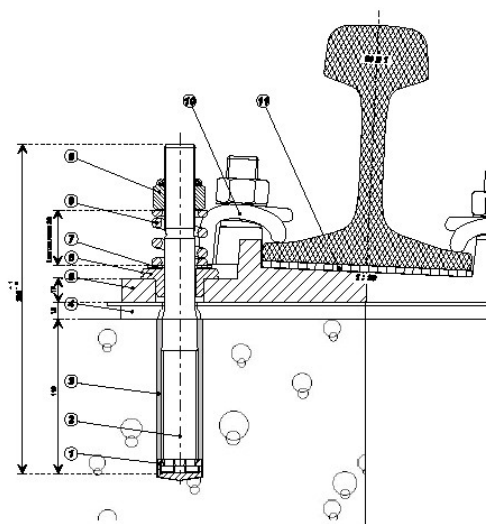


Figuur 3.8: Vossloh-klemmen

Ook de beddingplaatjes dempen de trillingen van de passerende voertuigen. Een betonnen dwarsligger zonder deze beddingplaatjes trilt kapot. De onderlegplaat zelf zit op de dwarsligger vast met kraagbouten. Zoals eerder genoemd is het stellen van de onderlegplaat bij de betonnen dwarsliggers nauwelijks mogelijk.

De spoorstaaf op zijn beurt is weer vastgezet met bijvoorbeeld de Vossloh-klem. Deze klem is uitgevoerd als bout en moer. De bout is aan de onderzijde conisch verbreed. Deze bout is in een groef op de onderlegplaat bevestigd. De combinatie van het beddingsplaatje en de verende klem versterkt de demping van de spoorstaaf bij een passerende trein.

Op een betonbaan worden de onderlegplaten en draadklemmen niet met kraagbouten maar met ankers vastgezet. Deze ankers worden in de gaten verlijmd (zie figuur 3.9).



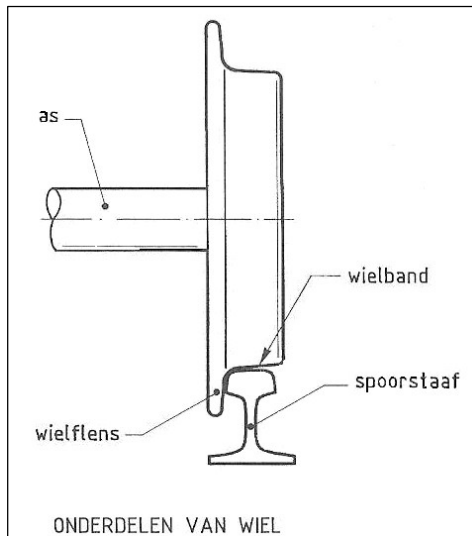
Figuur 3.9: Verlijmde ankers op betonbaan

3.4 Contact tussen wiel en spoorstaaf

De spoorstaaf maakt direct contact met de wielen van de trein, de metro of de tram (zie figuur 3.10).

Het rail-wiel-contact is in spoorbouw een van de belangrijkste zaken. De lasser krijgt hier veel mee te maken in de vorm van de geometrie waaraan een las moet voldoen.

Als alle verbindingen, waaronder de metallurgische lassen, op een juiste manier zijn gemaakt, kan het onderhoud voor de ligging van het spoor wel met 25 % tot 50 % afnemen.



Figuur 3.10: Rail-wiel-contact

3.5 Lasverbindingen

Leerdoelstellingen

Je bent in staat om:

VBE 3.3.5.1

Verschillende typen metallurgische lassen en niet metallurgische lassen kunnen onderscheiden

Alle verbindingen in spoorstaven noemt men 'lassen'. Doel van het lassen is om grotere lengten spoorstaven te maken. Verder zorgen lassen voor minder slijtage aan de spoorstaven en de voertuigen die hierop rijden. Lassen hebben ook een functie vanuit seintechisch oogpunt. Ze kunnen de stroom geleiden of juist isoleren. Dit laatste gebeurt met een speciaal ontworpen 'isolatielas'. Het maken van langere spoorstaven door middel van lassen zorgt ook voor een grote vermindering van het geluid. Dit is van belang voor een beter comfort voor de reizigers en de (woon)omgeving. Kortom, er zijn vele redenen om lassen te maken in het spoor.

3.5.1 Voegenspoor en voegloos spoor

Als een stuk staal warm wordt, zet het uit. Een spoorstaaf van bijvoorbeeld 30 m die wordt opgewarmd door de zon van 0 °C naar 25 °C, wordt 9 mm langer. We moeten daar rekening mee houden bij het aanleggen van het spoor.

Voegenspoor

Dit type spoor is opgebouwd uit een ballastbed, dwarsliggers en spoorstaven van standaard 30 m lengte. Deze zijn met plaatlassen (temperatuurlassen of voegen) aan elkaar verbonden. Bij temperatuurwisselingen treden er nagenoeg geen extra spanningen op in de spoorstaven, maar wordt de voeglas meer of minder opengetrokken, dan wel dichtgeduwd.

Voegloos spoor

Dit type spoor is ook opgebouwd uit een ballastbed, dwarsliggers en spoorstaven. De spoorstaven, met een lengte van 3 tot 360 meter, zijn in de baan door middel van afbrandstuiklassen (stomplassen) of thermietlassen voegloos tot 'oneindige lengte' aan elkaar gelast. Alleen aan het begin en het einde van zo'n spoor zitten vaak compensatielassen of compensatie-inrichtingen om uitzettingen als gevolg van temperatuurwisselingen op te vangen. Omdat over grote lengte het spoor niet kan uitzetten of krimpen, ontstaan er bij temperatuurverandering trek- en drukkrachten in de spoorstaaf. Indien de drukkracht te groot wordt ontstaat er spoorspatting en bij een te grote trekkracht ontstaat spoorstaafbreuk. Het inbrengen van de juiste spoorstaafspanning bij aanleg en onderhoud is dan ook noodzakelijk om het systeem van voegloos spoor veilig en betrouwbaar te laten functioneren.

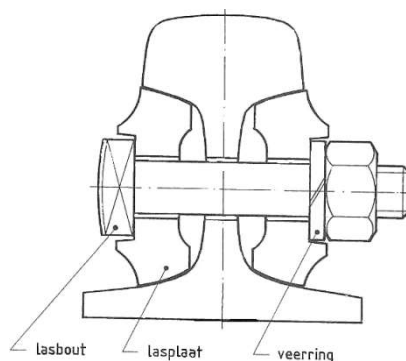
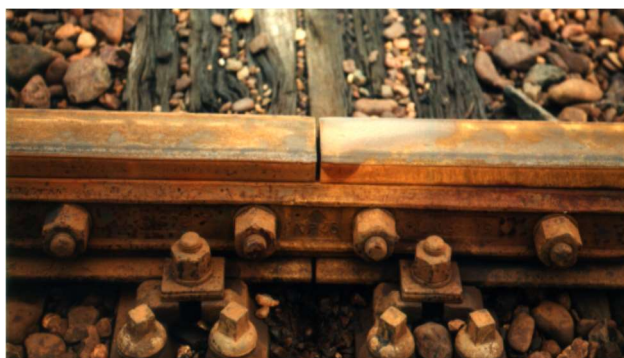
3.5.2 Type lassen voor voegenspoor

De lassen die in voegenspoor voorkomen zijn de temperatuurlas en de isolatielas.

■ Temperatuurlas

Bij deze methode worden de spoorstaven aan elkaar verbonden met behulp van lasplaten en lasbouten. Er zijn veel verschillende soorten lasplaten en lasbouten. De ruimte tussen de kop en de voet waar je de lasplaten aanbrengt, heet de laskamer van de spoorstaaf. In figuur 3.11 is een voorbeeld en een dwarsdoorsnede van een temperatuurlas weergegeven.

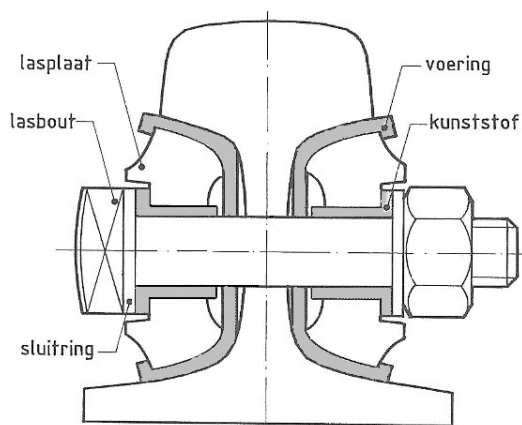
De gaten in de spoorstaaf voor de lasbouten zijn groter dan de bouten zijn. De lasplaten kunnen daardoor schuiven in de laskamer en op die manier het uitzetten van de spoorstaaf opvangen.



Figuur 3.11: Temperatuurlas met doorsnede

■ Isolatielas

Spoorstaven doen vaak dienst als geleider van stroom voor de bediening van seinen en overwegen. Daarvoor moet de spoorbaan in secties worden verdeeld, die van elkaar gescheiden moeten blijven. Tussen twee secties komt dan een geconstrueerde isolatielas. Een andere benaming voor de isolatielas is elektrische scheidingslas of ES-las. Een ES-las lijkt op een temperatuurlas maar er is één belangrijk verschil: de ES-las mag het uitzetten van spoorstaven niet opvangen. In voegenspoor gebruiken we de zogenaamde geconstrueerde ES-las. Tussen de uiteinden van de spoorstaven zit een kunststof plaatje in de vorm van het spoorstaafprofiel en er is geen voeg meer. Ook de lasplaten en de lasbouten zijn bekleed met een kunststofvoering om beide spoorstaafdelen, ter plaatse van de las, volledig elektrisch te isoleren. Zie ook figuur 3.12.



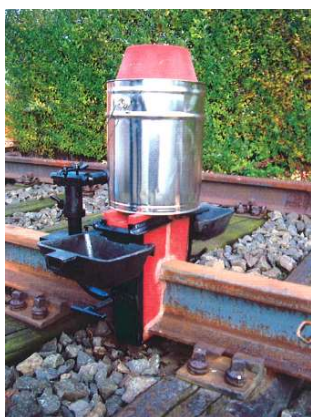
Figuur 3.12: Geconstrueerde isolatielas / ES-las

3.5.3 Type lassen voor voegloos spoor

In voegloos spoor worden metallurgische lassen toegepast, zoals thermietlassen, afbrandstuiklassen en bekistlassen met elektroden of gevulde draad. Verder komen de eerder genoemde compensatielas en compensatie-inrichting voor en, zoals ook in voegenspoor, de isolatielas (ES-las), maar dan in gelijmde uitvoering.

■ Thermietlassen

Thermietlassen is eigenlijk een gietproces. Over de voeg tussen twee spoorstaafeinden komt een van zand gebakken vorm, waarbij de kieren tussen de vorm en de spoorstaaf met kleefzand of pasta worden afgedicht. Na het voorwarmen van de gietvorm en de spoorstaafeinden ontsteekt men het thermietpoeder in de boven de vorm geplaatste gietkroes. Hierbij vindt een chemische reactie plaats die het thermietpoeder laat smelten en vervolgens in de gietvorm laat lopen. De beide spoorstaafeinden versmelten zich met het vloeibare metaal tot de uiteindelijke thermietlas.



Figuur 3.13: Thermietlassen

■ Afbrandstuiklassen

Dit is een proces dat zowel in de werkplaats als mobiel in de baan uitvoerbaar is. De beide uiteinden van de spoorstaven worden geklemd. Een hoge gelijkstroom gaat vervolgens via de klemmen naar de spoorstaafeinden die naar elkaar toe bewegen. Er ontstaat kortsluiting en de spoorstaafeinden warmen hierdoor op. Door de beide einden in de klemmen heen en weer te bewegen en daardoor het kortsluitproces vele malen te herhalen, brandt een gedeelte van de spoorstaaf weg en wordt deze steeds warmer. Na enige tijd zijn de spoorstaafeinden plastisch en worden ze met grote kracht in elkaar gedrukt. De spoorstaaf blijft enige tijd gefixeerd in de klemmen tot de las enigszins is afgekoeld en sterk genoeg is.

Bij het afbrandstuiklassen onderscheiden we een vijftal stappen die na elkaar plaatsvinden:

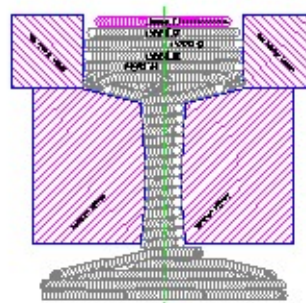
- Fase 1: Gladbranden
- Fase 2: Voorwarmen of pulserend afbranden
- Fase 3: Afbranden
- Fase 4: Stuiken
- Fase 5: Afkoelen



Figuur 3.14: Afbrandstuiklassen

■ Bekistlassen

Bekistlassen is een lasproces waarbij de spoorstaafinden met de beklede elektrode of een gevulde draad worden verbonden. Om de spoorstaaf komt een bekisting van koperen blokken waartussen wordt gelast. De gevormde slak stolt tegen het koper en de las vult zich laagsgewijs. Bij het bekistlassen is de kwaliteit van de las afhankelijk van de lasser in tegenstelling tot het thermietlassen en het afbrandstuiklassen. Bij risicovolle lassen in wissels wordt steeds vaker gekozen voor het bekistlassen.



Figuur 3.15: Bekistlassen

■ Compensatielas

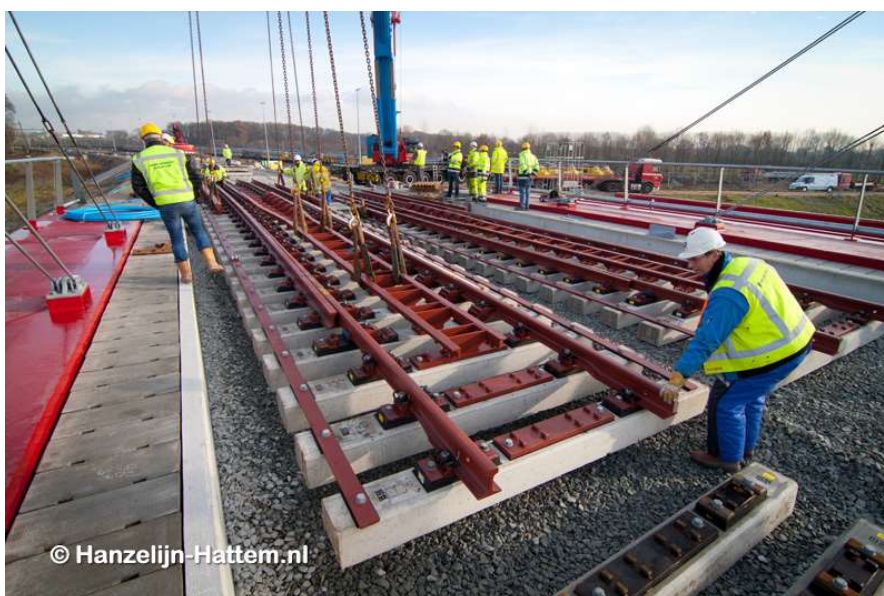
Compensatielasen zijn terug te vinden aan het begin en aan het einde van een voegloos spoor. Ook bij wissels die niet geschikt zijn om te worden opgenomen in het voegloze spoor leggen we compensatielasen. Verder komen ze voor op kleine bruggen om het dicht- of vastlopen door uitzetting van de spoorstaven bij hoge temperaturen te voorkomen. Dit soort lassen kunnen een grote uitzetting van 85 mm opvangen.



Figuur 3.16: Compensatielas

■ Compensatie-inrichting

Een compensatie-inrichting is een lasconstructie die zeer grote lengteveranderingen (tot wel 220 mm) kan opvangen. Deze compensatie-inrichtingen komen onder andere voor bij de langere bruggen en zijn alleen bedoeld om de lengteverandering op te vangen.



Figuur 3.17: Compensatie-inrichting

■ Isolatielas (ES-las)

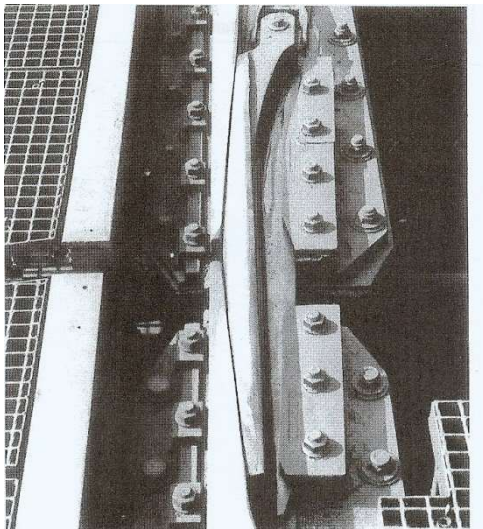
Evenals bij het voegenspoor komen er in voegloos spoor ook isolatielassen voor. Vanwege de grote druk- of trekkrachten in dit type spoor past men hier een ES-las toe in gelijmde uitvoering. In plaats van een kunststof voering gebruiken we dan een tweecomponentenlijm voor de elektrische scheiding / isolatie. De lijm kan de druk- of trekkrachten, vanwege een grotere en betere oppervlakteverdeling, beter opnemen waardoor deze een grotere levensduur heeft. Afhankelijk van het type en de uitvoering kan de oplegging van de ES-las zwevend, half-zwevend of aan beide zijden opgelegd zijn op een dwarsligger. Zwevend wil zeggen in het midden tussen twee dwarsliggers.



Figuur 3.18: Isolatielas / ES-las

■ **Overgangsconstructie**

Bij beweegbare bruggen moet het spoor onderbroken worden, omdat anders de brug niet open kan voor de scheepvaart. Maar de trein, metro of tram moet wel soepel over de brug kunnen rijden als die dicht zit voor de scheepvaart. Een constructie die dat mogelijk maakt is de brug-overgangsconstructie.



Figuur 3.19: Brug-overgangsconstructie

3.5.4 Lassen in voegloos spoor

Leerdoelstellingen

Je bent in staat om:

VBE 3.3.5.2

Het begrip voegloos maken begrijpen in de relatie met trekapparatuur of verwarmingsapparatuur

VBE 3.3.5.3

Het gebruik van trekapparatuur bij het maken van voeglassen te kunnen uitleggen

VBE 3.3.5.4

De risico's van trekapparatuur begrijpen

Stel een spoorstaaf is in de winter bij 10 graden vorst 180 m lang. In de zomer kan de temperatuur van een spoorstaaf oplopen tot 50 °C boven nul. Bij die temperatuur is de spoorstaaf door de warmte uitgezet en 129 mm langer geworden. Als de spoorstaaf in de baan zit is er geen ruimte voor deze lengteverandering. Stel dat de spoorstaaf niet knikt of buigt, dan ontstaat er een drukkracht van 90 ton. Deze druk kan de spoorconstructie niet verdragen en er zal spoorspatting optreden. Een spoorspatting ontstaat als een spoor naar buiten wordt geduwd. Er zit dan een enorme slinger in het spoor waardoor het spoor onberijdbaar is. Een voorbeeld hiervan is te zien in figuur 3.20.



Figuur 3.20: Spoorspatting

Om spoorspatting te voorkomen worden de spoorstaven, bij het vastklemmen op de dwarsliggers, op de lengte gebracht die ze zouden hebben bij de zogenaamde normaaltemperatuur, bijvoorbeeld 25 °C. Door deze temperatuur te kiezen zal de druk niet te hoog oplopen, terwijl de spoorstaven wel veel trek op kunnen vangen, dus als het kouder dan 25 °C zou zijn.

Uitgangspunt van een voegloos spoor is dat er bij een vooraf vastgestelde temperatuur: 'de neutraaltemperatuur' geen trekkrachten of drukkrachten in het spoor aanwezig zijn. De neutraaltemperatuur voor ProRail-spoor is 25 °C. Voor wat betreft de tram, metro en lightrail bedrijven (GVB, RET, HTM en RTU) is dat als volgt:
Vignolerail in vrije baan 25°C;

Groefrail in vrije baan 17°C;

Embedded rail 17°C tot 23°C;

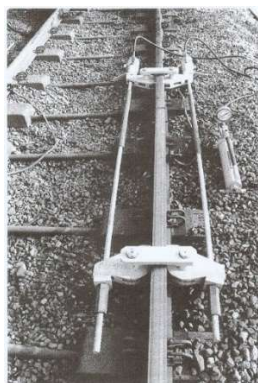
Bij groefrail in beton wordt geen referentietemperatuur voorgeschreven mits het werk tussen 5°C en 30°C (buitenluchttemperatuur) wordt uitgevoerd.

Dit betekent dat er bij het voegloos maken van het spoor, er bij de laatste las (deze noemen we de sluitlas) maatregelen moeten worden genomen om de neutraaltemperatuur te garanderen. Dit kan door het spoor te verwarmen met verwarmingsapparatuur of te trekken met trekapparatuur, hiermee worden de spoorstaven kunstmatig op de correcte neutraalspanning (en daarmee de juiste neutraaltemperatuur) gebracht. Er moet bij het gebruik van de verwarmingswagen wel op worden gelet dat er het spoor achter de verwarmingswagen direct wordt vastgezet en bij het maken van de sluitlas de spooruiteinden worden gefixeerd. Als dat niet goed gebeurt zal bij afkoeling en dus krimp de sluitlas beschadigen waardoor deze mogelijk later scheurt.

Als de temperatuur boven 25 °C komt met een tolerantie van ± 3 °C dus bij een maximum temperatuur van 28 °C, is het maken van sluitlassen niet meer mogelijk. Het spoor is dan langer door de uitzetting en past niet meer in zijn kluisjes. Bij reeds gelast spoor zitten de rails vast en omdat de stijfheid van de spoorstaaf in zijdelingse richting laag is, kan deze tussen de dwarsliggers bol en hol staan. Hierdoor wordt het teveel aan lengte opgevangen tussen de dwarsliggers. Om 's zomers toch voegloos spoor te kunnen maken worden de sluitlassen vaak in de nacht gemaakt als het koeler is en er geen zon op het spoor staat. Onder de 25 °C is de spoorstaaf eigenlijk te kort en is verwarming noodzakelijk of, als het een rechte baan betreft, rekken met trekapparatuur (zie figuur 3.21). Dit rekken is mogelijk omdat we bij belasting op trek niet worden gehinderd door teveel aan lengte en de spoorstaaf bij recht spoor in de kluisjes blijft. Indien we nu de kracht op het spoor zetten die er door lengteverschil in zou zitten bij temperatuurverschil is het spoor neutraal. In bogen is er de mogelijkheid het spoor te verwarmen en vast te zetten, zodat de rail in de kluisjes blijft. De las moet dan wel gefixeerd zijn voordat deze gemaakt kan worden. Door afkoeling kan er een te grote trekspanning op de te maken las komen, waardoor deze in een later stadium kapot gaat.

De trekapparatuur mag niet verwijderd worden voordat de gemaakte sluitlas is afgekoeld tot < 300 °C. De regels en werkwijze voor het voegloos maken van spoor heeft ProRail vastgelegd in de Richtlijn RLN00120.

LET OP: Indien trekapparatuur wordt gebruikt zullen er groter krachten op de apparatuur komen te staan. Indien de apparatuur faalt kan dit zeer ernstige consequenties hebben voor gebruikers en/of omstanders. Het is belangrijk zeer zorgvuldig te werk te gaan en tevoren vast dat er geen beschadigingen, gebreken aan de apparatuur zijn. Er dient altijd gehandeld te worden conform de voorschriften van de fabrikant.



Figuur 3.21: Trekapparatuur

6 Begrippen bij de ligging van sporen

Leerdoelstellingen

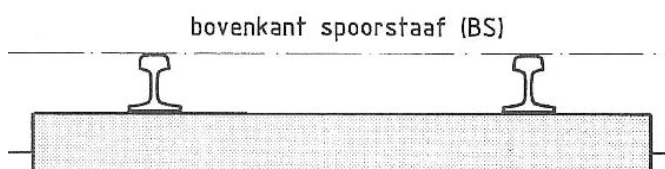
Je bent in staat om:

VBE 3.3.6.1

Spoogerelateerde termen en definities kennen

Bovenkant spoorstaaf (BS)

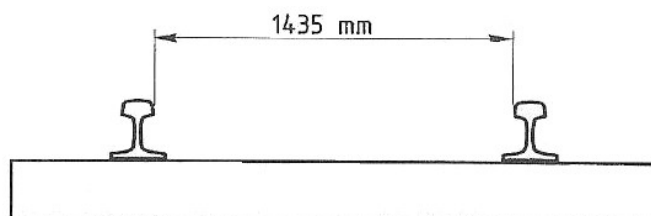
Dit is een denkbeeldige hoogtelijn over de koppen van de twee spoorstaven van een spoor. Vanuit de bovenkant van de spoorstaaf worden de hoogtematen van de diverse onderbouw- en bovenbouwonderdelen bepaald. Bovenkant spoorstaaf wordt vaak afgekort tot BS.



Figuur 3.22: Bovenkant spoorstaaf

Spoorwijdte

De spoorwijdte is de afstand tussen de twee spoorstaven in een spoor. Deze afstand wordt gemeten aan de binnenkant van de ene spoorstaafkop tot de binnenkant van de andere spoorstaafkop. Bij het ProRail-spoor en de metro meet men 14 mm onder BS. Bij de tram meet men 9 mm onder BS.



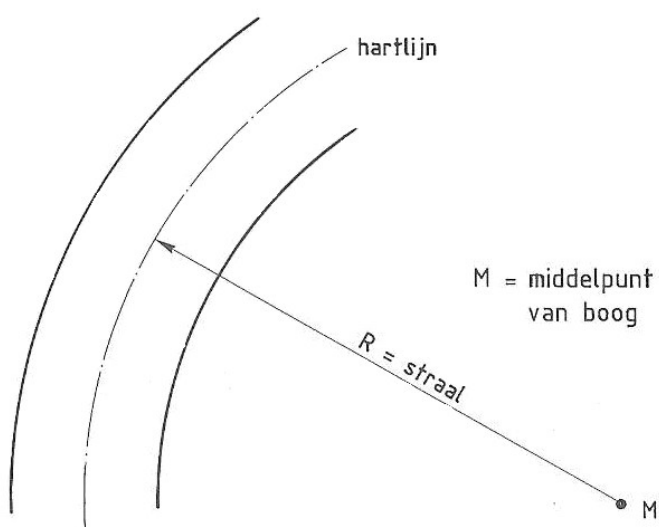
Figuur 3.23: Spoorwijdte

Spoorafstand

Bij dubbel spoor moeten de sporen op een bepaalde afstand van elkaar liggen. De spoorafstand moet je eigenlijk van hart tot hart meten. Het hart van het spoor is de lijn midden tussen de twee spoorstaven. Het hart van het spoor is op de baan niet te zien. Daarom meet men in de praktijk de afstand van de buitenkant kop, want daar is geen slijtage.

Bogen

Een bocht heet in de spoor-, metro- en tramtechniek een boog. Een belangrijk kenmerk van een boog is de straal. De straal geeft aan hoe scherp de boog is. Hoe kleiner de straal, hoe scherper de boog. De straal van een boog wordt in het hart van het spoor uitgezet. De spoorstaaf aan de binnenzijde van een boog noemen we het binnenbeen. De spoorstaaf aan de buitenzijde heet het buitenbeen. De slijtage aan het buitenbeen is vaak groter dan de slijtage van het binnenbeen. De materiaalkwaliteit van het buitenbeen is daarom vaak slijtvaster dan die van het binnenbeen. Afhankelijk van de straal zijn bij ProRail verschillende, in sterkte en slijtvastheid oplopende kwaliteiten in gebruik. De standaard materiaalkwaliteit hier is R260Mn oplopend naar R370CrHT (zie OVS00056-5.1 blz 15). Als de bogen zeer klein worden, komen er geen lassen meer in voor. Het spoor wordt dan wijder gelegd om het wringen van de trein te voorkomen. We noemen dit spoorverwijding.

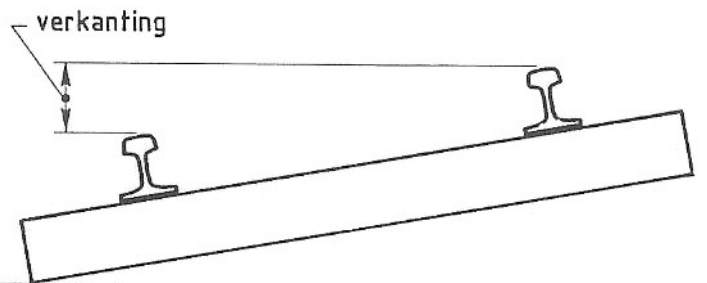


BOOG MET STRAAL

Figuur 3.24: Boog met straal

Verkanting

Verkanting betekent dat een spoorstaaf aan de buitenkant van de boog wat hoger ligt dan de spoorstaaf aan de binnenkant van de boog.



Figuur 3.25: Verkanting

Emplacement

Dit is een terrein waarop meerdere sporen liggen die zijn begrensd door een inrijdsein en een uitrijdsein.

Vrije baan

Dit is een spoorweg tussen twee emplacementen. Het is het gedeelte tussen het uitrijdsein van het ene en het inrijdsein van het andere emplacement. De vrije baan bestaat hoofdzakelijk uit rechtspoor en bogen.

Hoofdsporen

Hoofdsporen zijn sporen waar goederen- en personentreinen rijden volgens een dienstregeling. Dit zijn sporen in de vrije baan of sporen op een emplacement die als hoofdspoor zijn aangewezen.

Zijsporen

Dit zijn alle overige sporen van het spoorweganet zoals:

- opstel­sporen;
- rangeerspo­ren;
- veiligheidskopsporen;
- vrijloopsporen voor het vrijmaken van hoofdsporen, (tijdelijke parkeer- / passeerplaatsen);
- havenspo­ren.

Baanvak

Hiermee wordt bedoeld de doorgaande sporen tussen twee met name genoemde punten. Bijvoorbeeld het baanvak Dordrecht-Geldermalsen.

3.7 Kruisingen en wissels

Leerdoelstellingen

Je bent in staat om:

VBE 3.3.7.1

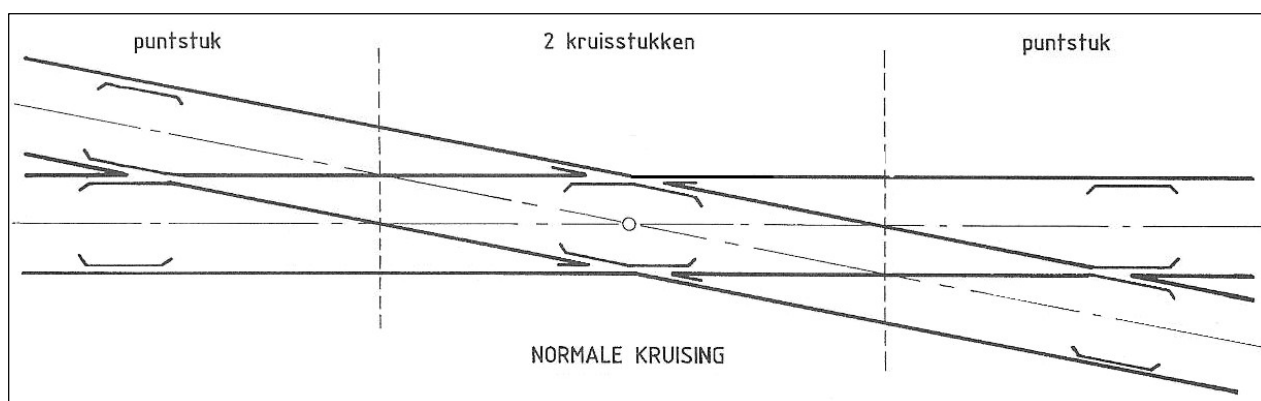
Verschillende typen spoorconstructies te onderscheiden, inclusief wissels en kruisingen en typen spoorstaafbevestigingen

Het doel van kruisingen en wissels in het spoor is dat treinen van spoor moeten kunnen wisselen en een anders lopende baan moeten kunnen kruisen.

Kruisingen

Kruisingen ontstaan als twee sporen elkaar op hetzelfde niveau kruisen. We spreken dan van een gelijkvloerse kruising. Op een kruising kan de trein niet van het ene spoor naar het andere spoor komen.

In een kruising vind je altijd 2 puntstukken, 2 kruisstukken en 4 strijkgelgels.



Figuur 3.26: Normale kruising

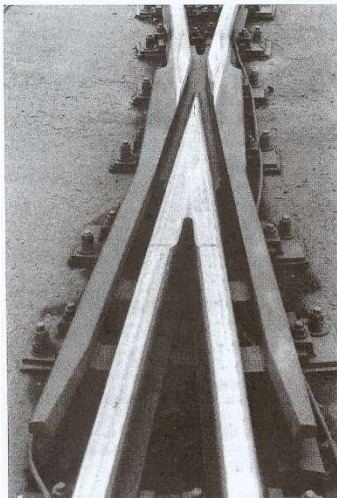
Het puntstuk is een constructie die nodig is als twee spoorstaven elkaar kruisen. In figuur 3.27 is te zien dat bij het puntstuk in beide spoorstaven een onderbreking zit. Als deze er niet was zou de flens van een wiel er niet langs kunnen. Het kruisstuk is net zo'n constructie als het puntstuk. Het verschil zit in de hoek die de spoorstaven maken.

Puntstuk: de hoek die de spoorstaven maken is kleiner dan negentig graden ($< 90^\circ$)

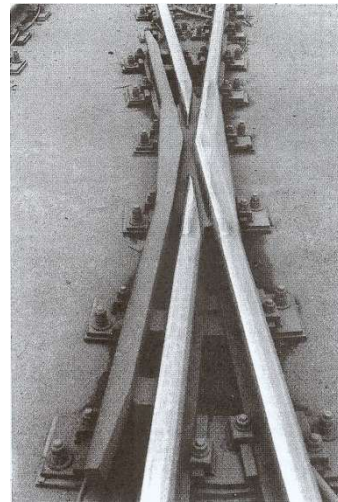
Kruising: de hoek die de spoorstaven maken is groter dan negentig graden ($> 90^\circ$)

Bij de tram worden punt- en kruisstuk allebei hartstuk genoemd.

We spreken van een scheve kruising als de kruisende sporen een hoek maken die kleiner is dan 90° , een haakse kruising als de kruisende sporen een hoek maken van 90° en een gebogen kruising als één of beide sporen gebogen zijn, het ene puntstuk heeft in dat geval een andere hoekverhouding dan het ander puntstuk.



Figuur 3.27: Puntstuk



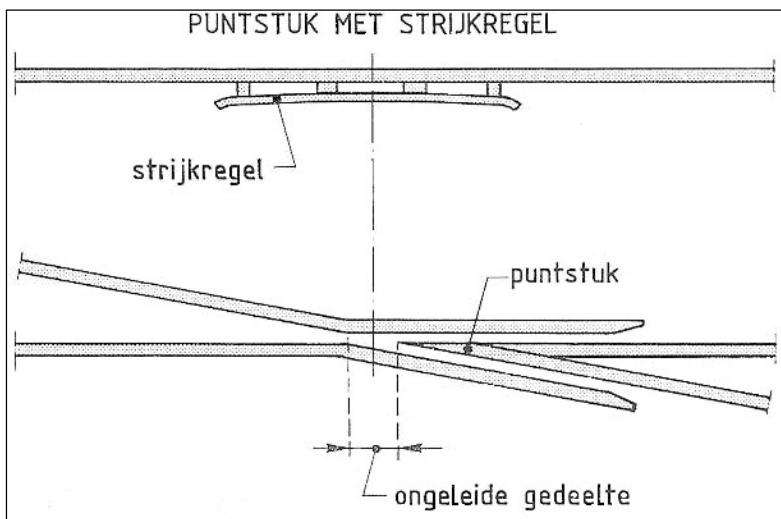
Figuur 3.28: Kruisstuk

Strijkregel

Er is een gedeelte waar de flens en het wiel niet worden geleid. Dit gedeelte heet het ongeleide deel. De flens van het wiel kan hier aan de verkeerde kant van het puntstuk komen. De trein, metro of tram zou dan ontsporen. Om het ontsporen te voorkomen is langs de spoorstaaf tegenover het puntstuk een zogenaamde strijkregel bevestigd. Deze strijkregel is een stalen strip (hoeklijn) die de trein, metro of tram in het goede spoor dwingt.

Dit is voor lasser zeer belangrijk omdat niet alleen de spoorstaaf, maar ook de strijkregel na verloop van tijd slijtage kan gaan vertonen. De strijkregel moet dan opnieuw worden afgesteld. Bij grotere slijtage is oplassen van de strijkregel noodzakelijk.

Ook zijn er situaties waarbij er twee punt- of kruisstukken parallel aan elkaar liggen. De functie van de strijkregel zit dan geïntegreerd in het punt- of kruisstuk, hier moet meestal opgelast worden omdat stellen niet of nauwelijks mogelijk is.



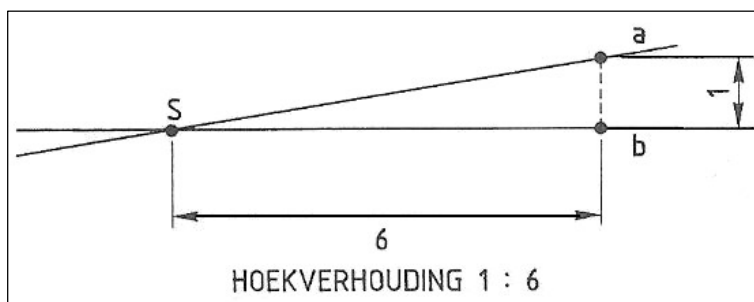
Figuur 3.29: Puntstuk met strijkregel

Hoekverhouding

Als twee sporen elkaar kruisen, maken ze een hoek met elkaar. De grootte van deze hoek kan je uitdrukken in graden. We noemen dit in de spoortechniek de hoekverhouding.

In figuur 3.30 hebben de lijnen een hoekverhouding van 1 : 6. Dat betekent in de praktijk het volgende: als je vanuit het snijpunt S zes passen langs de lijn b doet, en je doet van daaruit één pas haaks op de lijn, sta je precies op lijn a.

We spreken in de praktijk van de hoekverhouding van een kruising. Dat is dan de hoekverhouding van twee sporen die elkaar kruisen. De hoekverhouding van de kruising staat meestal op het plaatje van het kruisstuk vermeld.

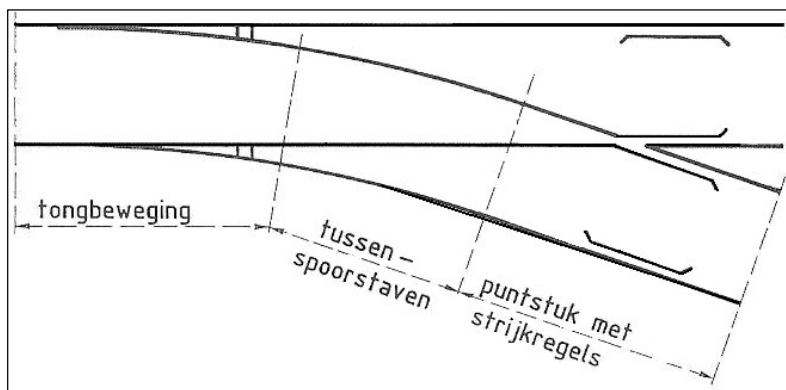


Figuur 3.30: Hoekverhouding sporen

Wissels

Een wissel is een splitsing in het hoofdspoor. Meestal is er een hoofdspoor dat rechtdoor gaat. We noemen dat het doorgaande spoor. In wissels splitsen een of twee sporen zich hier van af. Dat noemen we de afbuigende sporen. Een afbuigend spoor is een boog en heeft daarom een bepaalde straal. Via een wissel kan een trein, metro of tram dus van spoor veranderen.

In figuur 3.31 zijn de belangrijkste onderdelen van een gewoon wissel aangegeven.



Figuur 3.31: Onderdelen van een gewoon wissel

Let op: bij enkele trambedrijven bedoelen ze met het wissel alleen de tongbeweging.

In een wissel zit één puntstuk. Op beide sporen zit tegenover het puntstuk een strijkgel. De puntstukken en strijkgel zijn net zo geconstrueerd als bij kruisingen.

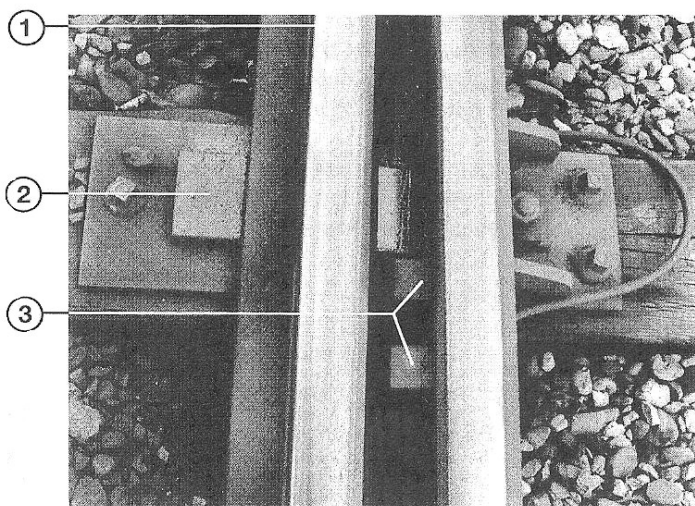
De tongbeweging is het beweegbare deel van het wissel. De stand van de tongbeweging bepaalt op welk spoor de trein, metro of tram terecht komt.

De tongbeweging van een gewoon wissel bestaat uit:

- 2 tongen;
- stangen (trek- en controlestang);
- 2 aanslagspoorstaven;
- 2 wortelverbindingen;
- glijstoelen of glijplaten;
- tongsteunen.

Net als een kruising heeft een wissel een bepaalde hoekverhouding. De hoekverhouding bepaalt de snelheid waarmee een trein of metro afbuigend door een wissel mag rijden. Enkele veel voorkomende hoekverhoudingen met bijbehorende snelheid voor het afbuigend spoor zijn:

- 1 : 9 40 km/u
- 1 : 12 60 km/u
- 1 : 15 80 km/u



deel van tongbeweging. 1 = tong, 2 = glijplaat, 3 = tongsteunen

Figuur 3.32: Tongbeweging

We kunnen in een wissel ook een gebogen puntstuk toepassen. De trein of metro mag dan met een hogere snelheid over het wissel dan volgens het rijtje hierboven genoemd.

Soorten wissels

In de figuren 3.33 en 3.34 zijn de onderlinge verschillen tussen diverse soorten wissels getekend.

- Bij een **gewoon wissel** is het doorgaande spoor recht en buigt het andere spoor af. Gewone wissels komen voor in een linkse en een rechtse uitvoering.
- In een **symmetrisch wissel** buigt één spoor naar links en één spoor naar rechts. De sporen buigen precies gelijk van elkaar af.
- Bij een **meegebogen wissel** is het doorgaande spoor gebogen en buigt het afbuigende spoor in dezelfde richting.
- Bij een **tegengebogen wissel** is het doorgaande spoor ook gebogen, maar gaat het afbuigende spoor de andere kant op. De sporen buigen niet van elkaar af zoals bij een symmetrisch wissel.
- Een **driewegwissel** is een constructie die ontstaat als men twee wissels in elkaar bouwt. Het spoor splitst zich in drie richtingen. We kennen drie soorten driewegwissels, namelijk een symmetrisch, een verschoven en een verschoven meebuigend driewegwissel.

Bijzondere constructies zijn de zogenaamde **Engelse wissels**. Een Engels wissel is eigenlijk een bijzonder soort kruising. Het verschil met een gewone kruising is dat bij een Engels wissel de trein ook kan afslaan om zo op het kruisende spoor komen. We kennen twee typen in Engelse wissels, namelijk een heel en een half Engels wissel.

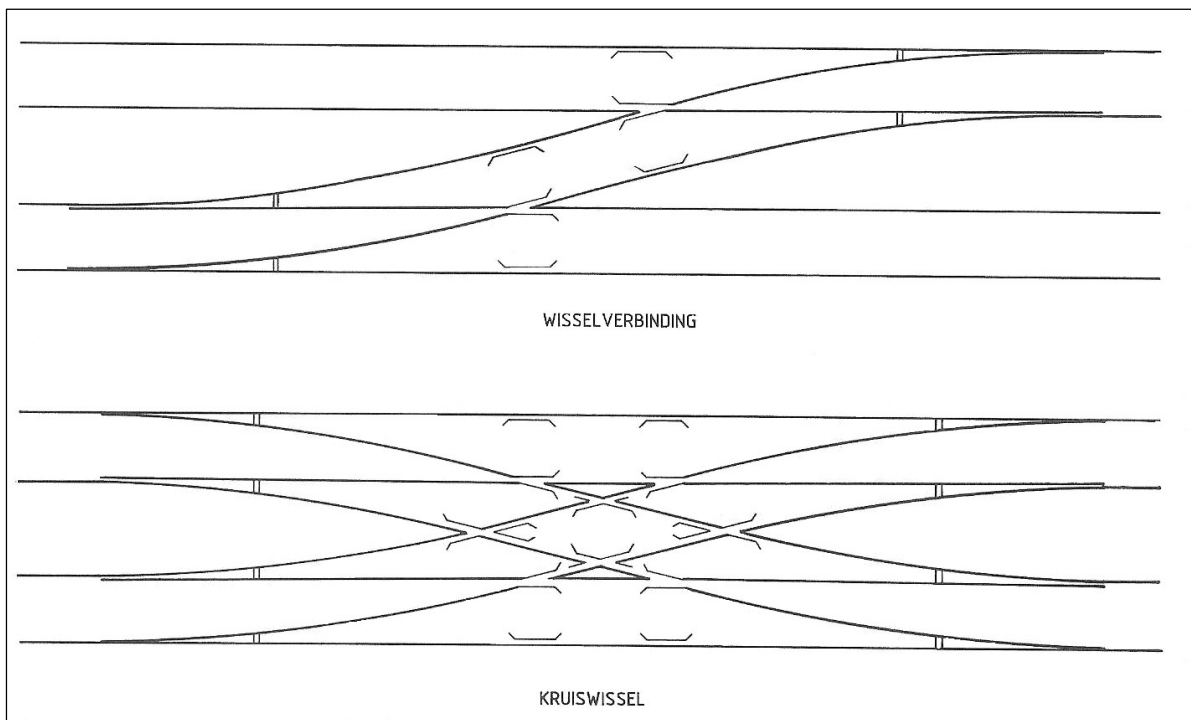
- Een **heel Engels wissel** bestaat uit een scheve kruising met twee bogen. Naast de onderdelen die je ook in een kruising vindt komen daar nog bij 2 bogen en 4 tongbewegingen. De mogelijke rijrichtingen zijn:
 - van A naar B en terug;
 - van A naar D en terug;
 - van C naar B en terug;
 - van C naar D en terug.
- Een **half Engels wissel** bestaat uit een scheve kruising met één boog met daarnaast nog 2 tongbewegingen.
Bij een half Engels wissel zijn de volgende rijrichtingen mogelijk:
 - van A naar B en terug;
 - van C naar B en terug;
 - van C naar D en terug.

Een wisselverbinding is een verbinding van twee sporen door middel van wisselverbindingen achter elkaar.

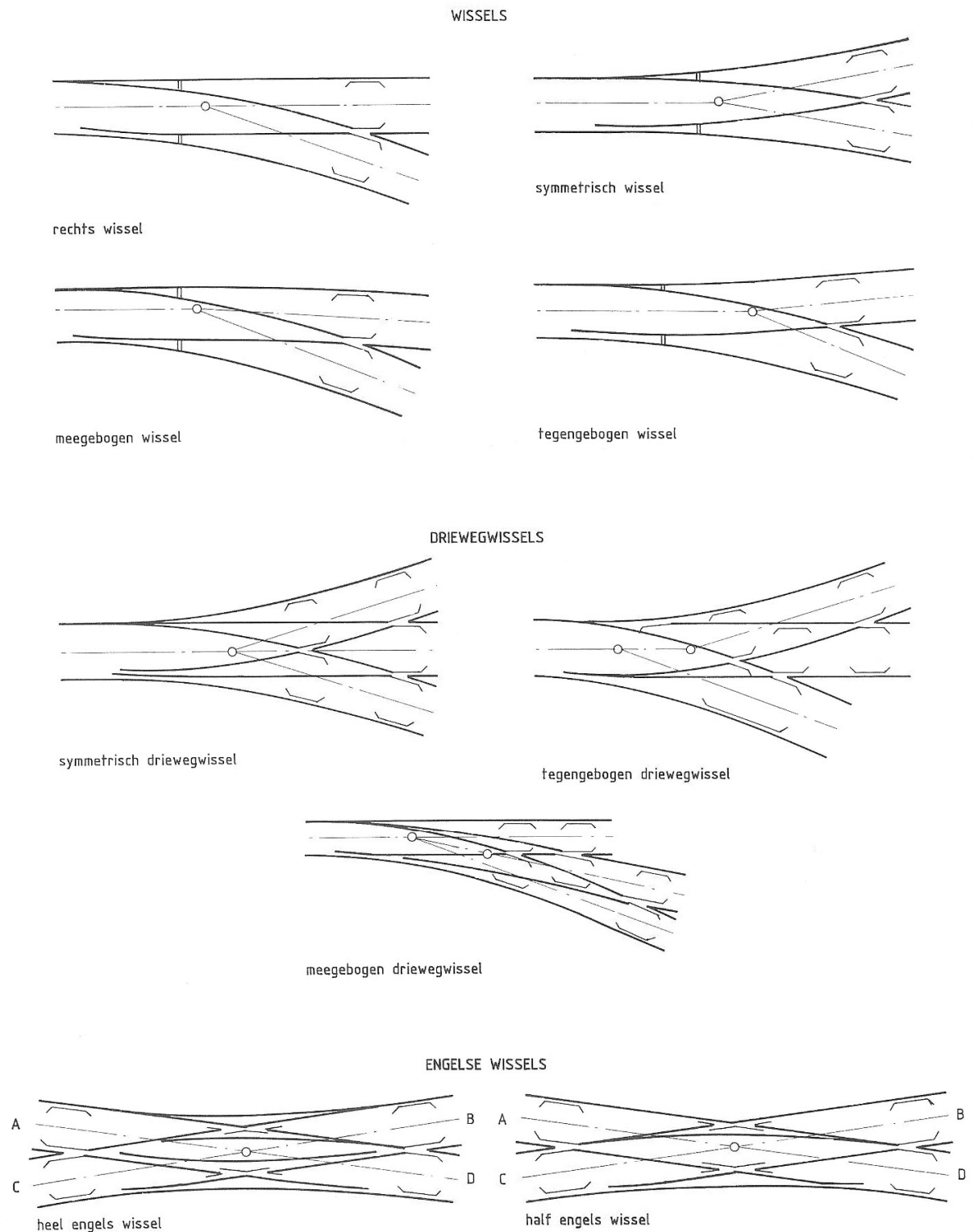
Een kruiswissel bestaat uit twee wisselverbindingen die elkaar midden tussen de sporen kruisen. Het kruiswissel bestaat uit een kruising en vier wissels. Als de wissels een hoekverhouding hebben van 1 : 9 dan heeft deze kruising een hoekverhouding van 1 : 4,5.

Een wisselstraat bestaat uit twee of meer wissels of wisselverbindingen achter elkaar.

Een wisselcomplex is een combinatie van wissels en kruisingen die niet tot de bovengenoemde combinaties behoort.



Figuur 3.33: Wisselverbinding en kruiswissel



Figuur 3.34: Voorbeelden van diverse wissels

3.8 Lassen onder bijzondere condities

Leerdoelstellingen

Je bent in staat om:

VBE 3.3.8.1

Risico's en basisregels te kennen bij het lassen in besloten ruimten en op kunstwerken

3.8.1 Werken in besloten ruimten

Besloten ruimten zijn ruimten die:

- tijdens het functioneel bedrijf normalerwijze zijn afgesloten;
- moeilijk toegankelijk en/of begaanbaar zijn.

In de spoorbouw zijn tunnels gedefinieerd als besloten ruimten.

Het werken in besloten ruimten brengt bijzondere risico's met zich mee. Zo is er in besloten ruimten (tunnels) een grotere kans op:

- brand en/of explosie;
- verstikking;
- vergiftiging;
- aanrijding;
- elektrocutie;
- vallen, uitglijden en vallende voorwerpen;
- lekkende brandbaar gas- en zuurstofcilinders of apparatuur (bij het autogeen snijden).

Werken met gas(sen) in kleine (besloten) ruimten

Men moet altijd voorkomen dat brandbaar gas (acetyleen of propaan) of zuurstof in de ruimte vrijkomt. Vooral in kleine ruimten kunnen hierdoor zeer gevaarlijke situaties ontstaan, door toename van de kans op brand en/of explosie. Een veel voorkomende bron van lekkage zijn lekkende slangen of slangkoppelingen. Ook kunnen slangen en/of branders lek raken door slecht onderhoud en/of beschadigingen.

Voor besloten ruimten gelden in dit verband nog de volgende regels:

- Er mogen nooit losse gascilinders in een besloten ruimte geplaatst zijn, in een dergelijke ruimte zijn ook geen snelkoppelingen toegestaan.
- Het aantal koppelingen in een slang mag nooit meer dan 5 bedragen de te koppelen slanglengte mag niet kleiner zijn dan 10 m.
- Koppelingen mogen nooit als eindafsluiter gebruikt worden dit is verboden.
- Koppelingen voor brandbaar gas (acetyleen of propaan) en zuurstofkoppelingen mogen nooit onderling verwisselbaar zijn.
- Er moet slangbreukbeveiliging toegepast worden, voor zowel brandbaar gas als zuurstofslangen.

Bij het werken in tunnels moet er voor de veiligheid extra aandacht zijn voor blootstelling aan emissies (geluid, licht, lasrook en uitlaatgassen). De beste oplossing hiervoor is het gefaseerd uitvoeren van de diverse werkzaamheden in een tunnel volgens een werkplan. In dit werkplan moet de risico-inventarisatie en -evaluatie (RI&E) zijn opgenomen.

Koolmonoxide, ook bekend als CO, staat niet voor niets bekend als de sluipmoordenaar. Je ziet of ruikt het niet maar wanneer je het inademt kan dit ernstige lichamelijke gevolgen hebben. Jaarlijks overlijden in Nederland gemiddeld 10 tot 15 personen door koolmonoxidevergiftiging.

De duur van de blootstelling en de concentratie koolmonoxide zijn de belangrijkste factoren bij verlies van waakzaamheid, hoofdpijn en bewusteloosheid. Naast CO kunnen andere produkten van uitlaatgassen (bijv. vanuit het gebruik van kranen, lasbussen en slijpmachines op brandstof) zoals stikstof- en zwaveloxide ook negatieve gevolgen hebben voor de gezondheid.

Spoortunnels dienen dan ook te worden geventileerd om gevaarlijke ophopingen van verontreinigende stoffen te verwijderen, de risico's van rook bij brand te beperken en de door treinen en andere elektrische apparatuur opgewekte warmte af te voeren.

Ventilatie in de lengterichting van de tunnel vindt vaak plaats met 100 % omkeerbare ventilatoren. Bij een gesloten systeem dienen grote, op de buitenlucht aangesloten ventilatoren te worden gebruikt in een 'push-pull'-configuratie. Als het systeem niet gesloten is, kan de vereiste luchtstroom door de tunnel met behulp van specifieke tunnel ventilatoren van en naar de buitenlucht worden gegenereerd.

Om de beheersing van lasrook te vergroten moeten er bij het thermietlassen in tunnels meestal filters worden toegepast:



Figuur 3.35: Filter op thermietlas

Er moet in het werkplan altijd rekening worden gehouden met eventuele werkzaamheden in de richting van de trek (wind) omdat daar de meeste rookontwikkeling plaatsvindt.

Werkplan

Een werkplan voor in bijvoorbeeld een tunnel kan de volgende elementen bevatten:

- Kennis van de constructie van de besloten ruimte (tunnel)
- Ventilatie mogelijkheden binnen de tunnel
- Toegangs- en ontsnappingswegen
- Begaanbaarheid (trappen, spoor, looppaden, stellingen, voertuigen op het spoor)
- Verlichting (in verband met explosiegevaar)
- Sprinkler en rookmelders uit tijdens laswerkzaamheden, aanvullende brandwacht
- Selectie van juiste gereedschappen (elektrisch in plaats van motorisch) en persoonlijke beschermingsmiddelen (pbm)
- Instructie personeel
- Wie houdt toezicht?
- Werkafspraken (communicatie)
- Werkvergunning (checklist van te nemen maatregelen)
- Opstellen van een calamiteitenplan, dit bevat onder meer contact met de brandweer enz.

3.8.2 Lassen op bruggen

Algemeen

Bij het (thermiet)lassen op bruggen zijn er een aantal veiligheid gerelateerde zaken waar specifiek rekening mee dient te worden gehouden:

1. Is er risico op valgevaar of beknelling?
2. Is er overig verkeer in de nabijheid van de brug welke gevaar lopen door de uitvoering van werkzaamheden?
3. Heeft de brug bewegende delen?
4. Is er een vluchtroute bekend?
5. Bescherming tegen vonkenregen en vloeibaar staal.
6. Profilering van het brugdek?

Maatregel bij 1:

Zorg dat je beschikt over goede verlichting en dat je de situatie vooraf goed inschat voordat je de werkzaamheden aanvangt. Zorg dat je beschikt over valbescherming. De lasser moet zorgen voor een stevige stalen beplating plaatst bij het maken van een thermietlas.

Maatregel bij 2:

De lasser moet bij het thermietlassen opvangbakken plaatsen in de nabijheid van de werkplek zodat gereedschap niet van de brug kan vallen. Indien er autoverkeer of scheepvaart onder of in de nabijheid van de te maken thermietlas plaatsvindt is het niet toegestaan om te lassen. Dergelijk verkeer moet dan eerst stil gelegd worden.

Maatregel bij 3:

Zorg ervoor dat de brug door de verantwoordelijke uitgeschakeld is met de werkschakelaar.

Maatregel bij 4:

Er moet altijd een vluchtroute en verzamelplek tijdens de veiligheidsinstructie worden vastgesteld. Hou hierbij ook rekening met de richting van de wind in het geval er rook- en/of gasontwikkeling kan optreden.

Ook zijn er een aantal technische zaken waarmee de lasser rekening moet houden:

1. Kunnen er brugonderdelen door het thermisch snijden, lassen en/of het slijpen schade oplopen?
2. Is de ligging van de brug vlak of is deze getoogd?

Maatregel bij 5:

Brugdelen, het beton en/of de conservering zelf of RVS delen moeten beschermd worden tegen vonken en vloeibaar staal en er moeten vonkenvangers op de slijpmachines aangebracht worden. Ook gecoate constructies lopen schade op door slijpen aangezien het slijpsel zich in de coating nestelt.

Maatregel bij 6:

Indien de brug getoogd is zullen er meer bevestigingen moeten worden los gemaakt om de las de juiste voorbocht te geven

3.8.3 Lassen op “blokken” spoor

Blokken spoor kom je in het Nederlandse spoor op een aantal plaatsen tegen zoals in de Schipholtunnel, op bruggen en viaducten en andere tunnels.



Figuur 3.36 Blokken spoor in een tunnel

Bij het lassen van blokjesspoor zijn er een aantal specifieke problemen tegen die je niet tegenkomt bij het lassen van spoorstaven op normale betonnen dwarsliggers zoals:

- Je hebt weinig ruimte voor je handen om de vormen aan te brengen en voor het aanbrengen van vormzand;
- De las moet zodanig geplaatst worden dat hij precies midden tussen de blokken geplaatst is, anders is het aanbrengen van vormzand niet te doen;
- Het voorverwarmen op beton vergt toch wel enige voorzorgen voor eigen en een ander zijn veiligheid;
- Denk er aan de specifieke gereedschappen te gebruiken zie einde deze paragraaf;
- Extra aandacht voor het reinigen en ontdoen van roestbladders, vocht en andere vervuiling van de spoorstaaf einden rondom de las (vooral ook onder de voet);
- Bij het lassen in de tunnel zelf gelden uiteraard ook nog de aanvullende regels en materialen voor het lassen in besloten ruimtes (filtersysteem op thermietpot, slangenpakket, elektrisch gereedschap, voldoende ventilatie en dergelijke) zie ook paragraaf 3.8.1.

De las moet goed in het midden tussen de blokjes geslepen worden, met eerst het midden tussen de blokken goed in en teken de locatie af waar geslepen moet worden (14 mm naast het midden).



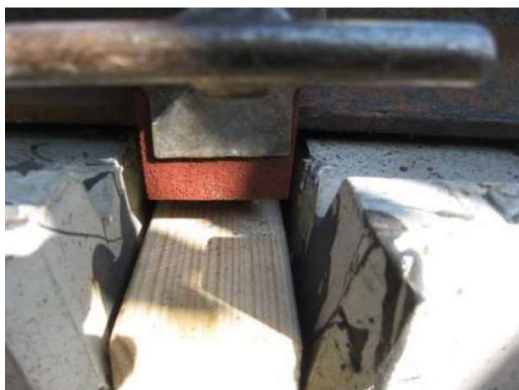
Figuur 3.37 Slijpen in blokken spoor

Als de las uit het midden komt is het aanbrengen van het vormzand namelijk niet mogelijk. Er is slechts weinig ruimte voor handen om de vorm aan te brengen en weinig ruimte voor het aanbrengen van vormzand (zie figuur 3.38).



Figuur 3.38 Beperkte ruimte tussen blokken en vorm

Plaats eerst tussen de betonblokjes een op maat gemaakt houten balkje (zie figuur 3.38). Zo maak je de ruimte onder de las wat kleiner en krijg je voldoende ondergrond om zand in te stoppen.



Figuur 3.38 Plaatsen van houten blokje onder vorm

Verstandig is om in eerste instantie pasta te gebruiken bij het aanbrengen van de vormen. Door goed in de lasvormen te kijken kun je zien of deze goed aansluiten tegen elkaar. Breng dan vormzand aan zorg dat je met een voegspijker voldoende zand aanbrengt onder de vormen en aan de zijkanten en klopt dit goed aan met een stukje rond staal of met een dunne stalen strip. Wees er van overtuigd dat zowel tussen de vormen als onder de vormen voldoende vormzand geplaatst is, en dat dit goed is aangeklopt. Gebruik eventueel vormhouders zonder voet en trekkant dan heb je de mogelijkheid om het zand aan beide zijden goed aan te kloppen.



Figuur 3.39 Afdichten vorm en voorverwarmen

Let op ook bij het verwarmen van de las goed op dat je op beton aan het werk bent en richt de vlam niet op deze beton want hier kunnen stukken afspringen. Als de voorverwarmbrander in de brander houder geplaatst is moet er goed op gelet worden dat er aan de onderzijde of aan de zijkanten geen vlammetjes zichtbaar zijn want dit kan betekenen dat de las niet voldoende ingestopt is.

Let op dat er bij het gieten van de las spetters kunnen vrijkomen die op de beton komen strooi daarom uit voorzorg rond je las wat vormzand of leg wat fermacel platen om je heen.

Scherm ook bij het voorslijpen en slijpen de betonranden en andere wanden zoveel mogelijk af met branddekens en of fermacelplaten Let bij alles wat je doet op je eigen veiligheid maar ook op die van anderen en ruim zand en ander afval netjes op.

Hieronder volgt een lijst benodigde materialen die per werkgever wat kan verschikken:

1. Doorslijper
2. Houten balkjes op maat gemaakt dat ze net tussen de blokjes passen
3. Plamuurmes
4. Voegspijker
5. Diverse instopijzertjes rond en vierkant
6. Stalen strip om zand mee aan de kloppen
7. Rond stuk assen staal om zand mee te kloppen
8. Fermacelplaat om beton af te dekken
9. Brandwerende dekens
10. Bezem en handstoffer om overbodig zand en afval mee op te ruimen
11. Vormhouders zonder voeten/onderkant
12. Voldoende vormzand
13. Pasta

Indien er wordt gelast in een besloten ruimte (tunnel):

1. Filtersysteem en filters voor op de thermietpot
2. Elektrisch aangedreven gereedschap
3. Slangenpakket zonder koppelingen
4. Voldoende ventilatie

3.9 Oefenvragen

1. Wat wordt verstaan onder de 'bovenbouw' en wat voor functies heeft de bovenbouw?
2. Beschrijf de verschillen tussen een voegenspoor en een voegloos spoor.
3. Wat is een hoofdspoor?
4. Noem drie soorten wissels.
5. Noem de onderdelen van een tongbeweging uit een gewoon wissel.
6. Wat is het verschil tussen een puntstuk en een kruisstuk?
7. Wat is een baanvak?
8. Wanneer treedt er spoorspatting op?
9. Wat is de definitie van 'spoorwijdte'?

4 Gezondheid, veiligheid, milieu en kwaliteitsborging

Inhoud

4.1	Inleiding	2
4.1.1	Indeling van de gevaren	3
4.1.2	Algemene aanpak van de gevaren voor de veiligheid	4
4.1.3	Algemene aanpak van gevaren voor de gezondheid	4
4.2	Veiligheidsbedreigende gevaren	5
4.3	Elektrische gevaren	9
4.4	Gevaren voor de gezondheid	13
4.4.1	Het ontstaan van gezondheidsschade	13
4.4.2	Aanpak van gezondheidsrisico's	13
4.5	Lasemissie, straling	15
4.5.1	Wat is lasemissie?	15
4.5.2	Samenstelling en hoeveelheid emissie	16
4.5.3	Aanpak van schadelijke straling	17
4.6	Gassen en lasrook	18
4.6.1	Toegepaste gassen	18
4.6.2	Vervoer van gassen / 1000-punten-regel	19
4.7	Geluid	28
4.7.1	Geluid, frequentie, geluidsdruk	28
4.8	Lichamelijke belasting en warmtebelasting	33
4.8.1	Lichamelijke belasting	33
4.8.2	Warmtebelasting	34
4.9	Plaatselijke afzuiging en ventilatie	35
4.9.1	Ontstaan en bestrijding lasrook	35
4.9.2	Plaatselijke afzuiging	35
4.10	Werken in tunnels	36
4.11	Persoonlijke beschermingsmiddelen	38
4.11.1	Overzicht persoonlijke beschermingsmiddelen	39
4.11.2	Gebruik, beheer, onderhoud en opslag	43
4.12	Laatste Minuut Risico Analyse (LMRA)	45
4.13	Kwaliteitsborging en lascoördinatie	47
4.14	Oefenvragen	50

4.1 Inleiding

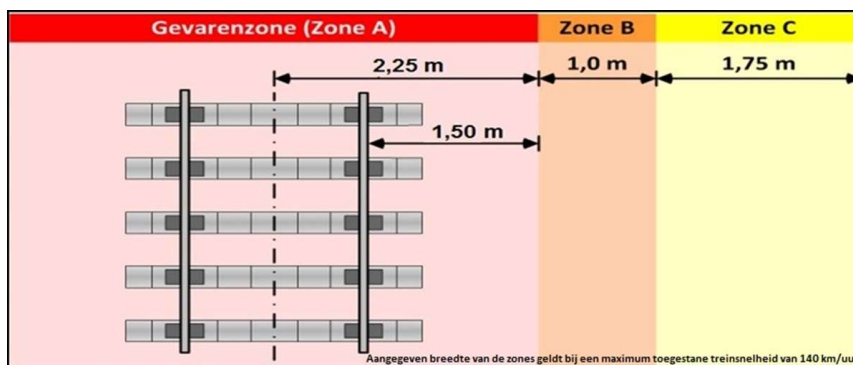
Het werk van de lasser is omringd door vele en uiteenlopende gevaren, zoals brand, elektrocutie, lasrook en straling. Voor de lasser die werkzaam is in het spoor is ook het aanrijdgevaar van een passerende trein, metro of tram een groot risico. Maar ook een slechte lichaamshouding op het werk geeft aanleiding tot veel gezondheidsklachten bij lassers.

De praktijk leert dat de aanpak van deze gevaren tekortschiet door gebrek aan kennis of aandacht. Dit hoofdstuk is dan ook bedoeld om de gevaren die de lasser en zijn omgeving bedreigen, in kaart te brengen en de cursist te leren met welke maatregelen men de gevaren kan beperken en de effecten ervan kan bestrijden.

Dit hoofdstuk leert de lasser de gevaren in twee groepen te delen: enerzijds gevaren die de veiligheid bedreigen en anderzijds gevaren die de gezondheid bedreigen. Daarbij wordt het verschil in aanpak van beide gevaren behandeld.

Voordat een lasser op of rond het spoor óf op bouwplaatsen van ProRail aanwezig mag zijn moet men in het bezit zijn van een Digitaal Veiligheidspaspoort (DVP).
Daarbuiten is er geen pas vereist, maar gelden voor iedereen de richtlijnen voor veilig werken.

Aangezien een lasser altijd werkzaamheden uitvoert in de gevarenzone (Zone A) is het DVP verplicht (zie figuur 4.1a). Het DVP is overigens ook verplicht voor de nabijheidszone (Zone B) en voor werk op bouwplaatsen van ProRail.



Figuur 4.1a: Zones A, B en C

4.1.1 Indeling van de gevaren

Leerdoelstellingen

Je bent in staat om:

VBE 4.4.1.1

De risico's te beschrijven en te kunnen inschatten welke horen bij het lassen en het uitvoeren van verwante processen

VBE 4.4.1.2

Veilig te kunnen werken volgens procedures

De lasser en zijn omgeving worden tijdens het werk door verschillende gevaren bedreigd. Wanneer we naar het effect van die gevaren kijken dan kunnen we twee groepen onderscheiden, namelijk:

- veiligheidsrisico's;
- gezondheidsrisico's.

Veiligheidsrisico's

We spreken van een veiligheidsrisico wanneer een bepaalde (foutieve) handeling vrijwel onmiddellijk, of zeer kort daarna, een ongewenste gebeurtenis veroorzaakt. Voorbeelden van deze acute gebeurtenissen (gevolgen) zijn:

- aanrijding;
- elektrische schok of elektrocutie;
- verbranding;
- het ontstaan van brand;
- het ontstaan van een explosie;
- het optreden van een acute vergiftiging.

Foutieve handelingen, die aan deze gevolgen voorafgaan, zijn:

- onachtzaamheid of onvoorzichtigheid;
- onvoldoende voorbereiding van het werk;
- onvoldoende vakbekwaamheid, eventueel in combinatie met onvoldoende instructie;
- slecht onderhouden of beschadigde apparatuur;
- het niet gebruiken van de juiste (hulp)middelen;
- een slechte persoonlijke hygiëne.

Gezondheidsrisico's

Gezondheidsrisico's veroorzaken op de lange duur een (geleidelijke) aantasting van de gezondheid. Deze risico's vormen zodoende een sluipend gevaar.

Aantasting van de gezondheid wordt veroorzaakt door **langdurige schadelijke blootstelling** aan:

- schadelijke straling, stoffen of geluid;
- grote lichamelijke belasting van het spier- en beenderstelsel;
- warmte.

Bij het ontstaan van gezondheidsschade spelen twee factoren een belangrijke rol, namelijk :

- een te hoge schadelijke blootstelling;
- de tijdsduur van die blootstelling.

4.1.2 Algemene aanpak van de gevaren voor de veiligheid

Veiligheidsrisico's hebben een heel ander gevolg dan gezondheidsrisico's. Door hun acute karakter zal de aanpak heel anders moeten zijn dan de aanpak van gezondheidsgevaren. Deze laatste hebben een sluipend karakter. Veiligheidsbedreigingen of acute gevaren ontstaan praktisch altijd door onachtzaamheid, nalatigheid en/of fouten, waardoor een incident of een ongeluk wordt veroorzaakt. Met gezond verstand zijn dergelijke gebeurtenissen meestal op eenvoudige wijze te voorkomen. Vandaar dat acute gevaren beter te beheersen zijn dan de sluipende gevaren, mits men oplettend is en blijft! De oplossing voor de bestrijding van de acute gevaren is in de eerste plaats het zich bewust zijn van de risico's. Vervolgens zijn van belang:

- zorgvuldigheid;
- aandacht voor het werk;
- voldoende preventieve maatregelen (blusmiddelen e.d.);
- een goede werkvoorbereiding;
- goed onderhouden apparatuur;
- een goede opleiding en instructie;
- het gebruiken van de beschikbare middelen;
- een goede persoonlijke hygiëne.

Kort samengevat: "Ik werk veilig of ik werk niet".

4.1.3 Algemene aanpak van gevaren voor de gezondheid

In tegenstelling tot veiligheidsrisico's is het heel moeilijk om de sluipende gezondheidsgevaren te bestrijden. Het blijkt in de praktijk lastig om mensen, die aan deze gevaren zijn blootgesteld, ervan te overtuigen dat zij zich in een gevaarlijke situatie bevinden. Men merkt het gevaar niet meteen. Een in dit verband veel gehoord argument is dan ook: "Ik werk al jaren zo". Deze sleur is een gevaar op zichzelf.

De aanpak van gezondheidsgevaren berust in eerste instantie op een stelsel van grenswaarden voor blootstelling aan stoffen, geluid of straling. Daarnaast heeft de overheid wettelijk voorgeschreven dat schadelijke blootstelling moet worden voorkomen. In die gevallen, waar dat niet geheel mogelijk is, wordt een stapsgewijze aanpak in de wet voorgeschreven, die de schadelijke blootstelling zoveel mogelijk moet beperken.

4.2 Veiligheidsbedreigende gevaren

Leerdoelstellingen (4.2 en 4.3)

Je bent in staat om:

VBE 4.4.2.1

Maatregelen te treffen ter voorkoming van brand

VBE 4.4.2/3.1

Te handelen volgens de procedures bij een ongeval

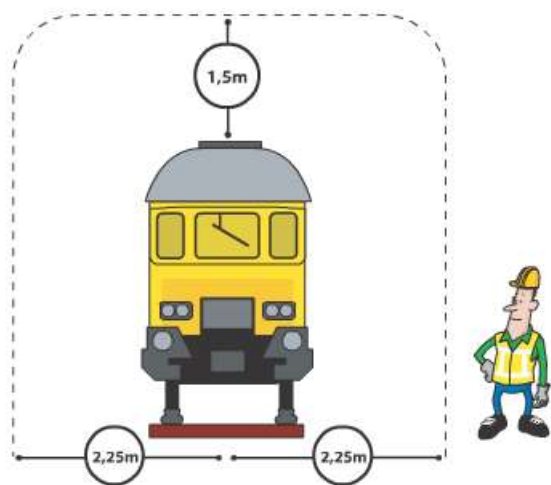
Door verkeerde handelingen ontstaan gevaren voor de veiligheid. De acute gevolgen van dit soort handelingen zijn bijvoorbeeld:

- aanrijdgevaar;
- verwonding door verbranding;
- acute vergiftiging;
- brandgevaar;
- explosiegevaar.

Aanrijdgevaar

Een van de grootste gevaren bij werkzaamheden in en aan het spoor is die van aanrijding door een trein, metro of tram. Voor aanvang van het werk krijgt ieder een veiligheidsinstructie van de Leider Werkplekbeveiliging (LWB) over de situatie op de werkplek en de genomen veiligheidsmaatregelen. Welke sporen zijn buiten dienst, is het nevenspoor wel in dienst, staat er al dan niet een fysieke afscheiding enzovoort. De lasser tekent vervolgens dat hij de instructie heeft gekregen en heeft begrepen.

Het risicogebied in het spoor is de ruimte die een trein nodig heeft om ongehinderd te kunnen rijden (zie figuur 4.1b). Het is als het ware een 'tunnel' ter grootte van 2,25 m gemeten vanuit het hart van het spoor aan beide zijden en in de hoogte tenminste 1,5 m vanaf de onderzijde van de bovenleiding.



Figuur 4.1b: Risicogebied aanrijdgevaar

Verwonding door verbranding

Tijdens het werk kan de lasser gemakkelijk brandwonden oplopen door lasspatten of hete slakresten. Als bescherming tegen verwonding door gloeiende metaaldeeltjes moet de lasser voorzien zijn van een goede hoofdbedekking (veiligheidshelm, eventueel met opgebouwde lashelm met nekbescherming).

De kleding moet schoon zijn en vrij van olie, vet en andere brandbare stoffen, vanwege de mogelijkheid dat gloeiende spatten erop terecht komen.

Een goede bescherming tegen brandwonden bestaat uit het dragen van de laskap of lashelm, leren handschoenen met lange schacht, goed gesloten werkkleding, gemaakt van moeilijk brandbaar textiel (geen kunststof) en laslaarzen. Let er vooral op dat vonken en dergelijke niet in de kleding kunnen worden opgesloten door omgeslagen mouwen, broekspijpen of opgestikte zakken.

Contact van zuivere zuurstof (bijvoorbeeld uit een zuurstofleiding) met olie of vet kan een explosieve verbranding veroorzaken. Wees altijd voorzichtig met zuivere zuurstof. Deze dringt gemakkelijk in de ruimten tussen de textielvezels. Een kleine vonk is vervolgens al voldoende om de met zuurstof verzadigde kleding in lichterlaaie te zetten.

Tenslotte moet de lasser op de hoogte zijn hoe te handelen in geval van verbrandingen (EHBO) zie hieronder de aanbevelingen van het brandwondenzorg Nederland.

Brandwonden verzorgen direct na een ongeval

(Bron: www.brandwondenzorg.nl/brandwonden-verzorgen)

1. Koel de brandwond 10 minuten met lauw zacht stromend leidingwater en verwijder zo snel mogelijk kleding en sieraden.

Koel direct. Zelfs tot 1 uur na de verbranding is het goed om te koelen. Koelen vermindert pijn en haalt de hitte uit de wond. Zo wordt een brandwond niet erger.

In het spoor is veelal geen kraan of douche dichtbij echter al het water is beter dan niet koelen! Verwijder alle kleding zodat je ziet waar de brandwond zit. Zo kun je goed koelen.

Eerst werd geadviseerd om alleen kleding te verwijderen die niet aan de wond kleefde. Dit advies is aangepast omdat in de praktijk bleek dat de brandwond niet altijd goed gekoeld werd, omdat deze door de kleding niet goed zichtbaar was. Ook nieuw is het advies om de wond na het koelen te bedekken met plastic huishoudfolie, steriel verband of een schone doek. Het gebruik van het huishoudfolie is nieuw. Dit is gedaan omdat huishoudfolie makkelijk beschikbaar is, niet aan de wond plakt en de wond door het folie heen zichtbaar blijft. Het is wel belangrijk om het huishoudfolie in lagen aan te brengen en niet om het lichaamsdeel te wikkelen. Zo voorkom je afkellingsgevaar.

2. Voorkom dat het lichaam teveel afkoelt. Koel alleen de wond!

Koel alleen de wond met lauw, zacht stromend leidingwater. Zo voorkom je onderkoeling. Pas de temperatuur van het water aan aan wat het slachtoffer als prettig ervaart.

3. Bedek de wond met plastic huishoudfolie, steriel verband of een schone doek.

Bedek de wond zodat deze schoon blijft. Het afdekken van de wond vermindert ook de pijn.

4. Smeer niets op de brandwond

Smeersels, zalfjes, balsems, tandpasta of andere middelen maken de wond erger. Gebruik ook geen betadine of jodium.

Door smeersels op de wond kan de dokter de wond niet goed zien. En dus minder goed behandelen.

5. Houd het slachtoffer warm met een deken.

Een brandwondenslachtoffer kan zichzelf moeilijk warm houden. Wikkel het slachtoffer in een deken zodat het niet onderkoeld raakt.

6. Waarschuw een arts bij blaren, een open wond en bij elektrisch/chemisch letsel.

Brandwonden kunnen erger zijn dan ze lijken. Bel bij twijfel altijd een dokter!
Weet je het nummer van de dokter niet? Bel 112.

7. Vervoer het brandwondenslachtoffer, indien mogelijk, zittend

Brandwonden kunnen zwellingen in de keel veroorzaken. Voor de veiligheid is het beter om het slachtoffer zittend te vervoeren.
Laat iemand naast het slachtoffer plaatsnemen tijdens het vervoer.

Acute vergiftiging

De lasser kan door zijn werk in aanraking komen met allerlei vloeistoffen, gassen en vaste stoffen die giftig kunnen zijn, of waarvan de verbrandingsproducten giftig zijn. Vaak ontstaat dit soort situaties bij reparaties aan installaties (of delen ervan) waarin bepaalde stoffen hebben gezeten. Het is dan ook van groot belang om eerst na te gaan welke stoffen dit zijn geweest. Voorbeelden hiervan in het spoor zijn het verwijderen van gelijmde raildempers of het voorwarmen / lassen in de directe omgeving van deze raildempers. Bij verhitting en verbranding van de hierbij gebruikte lijm ontstaan uiterst giftige dampen als waterstofcyanide, waterstofchloride en koolmonoxide. Het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen in de vorm een half-gelaatsmasker met opschroefbare filterunit zijn hierbij dan ook verplicht.

De lasser moet zich aan de volgende richtlijnen voor persoonlijke hygiëne houden:

- Voorkom direct contact met stoffen die via de huid kunnen binnendringen.
- Wees voorzichtig met zuren, pasta's, oliën, koelmiddelen, brandstof voor het mechanisch gereedschap, schoonmaakmiddelen en dergelijke.
- Vermijd het binnendringen van stoffen via het voedsel (goed handen reinigen!).
- Was bedrijfskleding nooit samen met andere kleding en/of wasgoed.

Brandgevaar

Uit de praktijk blijkt dat las- en snijwerkzaamheden een veelvoorkomende oorzaak van brand zijn. Door de hoge boogtemperatuur bij het elektrod Lassen, wegspattende vonken, vloeibaar staal en slak bij het thermietlassen en gloeiende metaaldruppels, is het vanzelfsprekend dat bij het lassen maatregelen moeten worden genomen tegen brandgevaar. Voordat de laswerkzaamheden beginnen, moet men zich ervan overtuigen dat brandbare materialen of stoffen uit de omgeving van de lasplek verwijderd zijn ofwel afdoende zijn afgedekt met brandwerende dekens of iets soortgelijks.

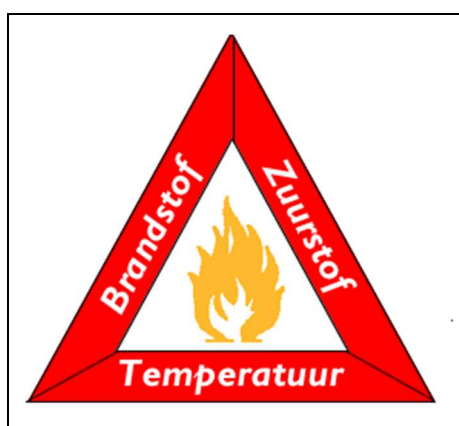
Neem voordat je gaat lassen de omgeving van de lasplek goed in je op en overtuig je ervan dat geen brand en/of explosie kan ontstaan als gevolg van je activiteiten. Zorg ervoor dat de juiste blusmiddelen onder handbereik staan.

Explosiegevaar

Een explosie is een zeer snelle verbranding van een mengsel van brandbaar gas in lucht. Dit mengsel kan ontstaan wanneer een (vluchtige) brandbare stof in lucht verdampt. Zeer geringe concentraties van een gas in lucht, dikwijls niet meer dan enkele procenten, kunnen soms al een explosief mengsel vormen. Een vonk, veroorzaakt door het lassen of slijpen, kan dan een explosie veroorzaken.

Voor verbranding moeten altijd drie bestanddelen aanwezig zijn:

1. brandstof;
2. zuurstof;
3. ontstekings temperatuur.



Figuur 4.2 Branddriehoek

4.3 Elektrische gevaren

Leerdoelstellingen

Je bent in staat om:

VBE 4.4.3.1B/A

Maatregelen te treffen ter voorkoming van electrocutie

Gevaren door elektriciteit

Ten aanzien van de gevaren door elektriciteit kunnen we de volgende indeling maken:

- Gevaren voor de mens, zoals:
 - stroomdoorgang door het lichaam;
 - verwonding door vuur als gevolg van kortsluiting;
 - letsel als gevolg van schrikreacties bij stroomdoorgang.
- Gevaar van brand en/of explosie door elektriciteit waarbij:
 - elektriciteit als ontstekingsbron dient voor brand en/of explosie;
 - statische elektriciteit als mogelijke ontstekingsbron geldt.

Veiligheidsmaatregelen

Neem de volgende veiligheidsmaatregelen in acht tegen elektrische gevaren, in de gegeven volgorde:

1. afschermen;
2. isoleren;
3. veilige lage spanning;
4. aarden;
5. beveiligingsmiddelen.

Ad 1. Afschermen

Hiermee bedoelen we het onderbrengen van spanningvoerende delen in gesloten behuizingen (toestellen), kasten (installaties), omhullingen (kabels en leidingen) en dergelijke. Dit geeft een grote mate van veiligheid doordat deze delen dan niet aan te raken zijn.

Ad 2. Isoleren

Alle spanningvoerende delen moeten zodanig in een toestel of apparaat zijn aangebracht dat onder normale omstandigheden deze delen niet met de (metalen) behuizing in aanraking kunnen komen. Isoleren betekent dat een barrière is aangebracht tussen de aanraakbare metalen delen en de spanningvoerende delen. Deze barrière noemt men de **basis-isolatie of functionele isolatie**, omdat deze isolatie ook nodig is om het toestel of apparaat goed te laten functioneren.

Ad 3. Veilige lage spanning

Als we spreken over een veilige spanning dan bedoelen we daarmee wisselspanningen tot maximaal 50 Volt, verkregen uit een scheidingstransformator, en de rimpelloze gelijkspanningen tot 120 Volt.

Ad 4. Aarden

Een aggregaat is een verplaatsbare elektriciteitsopwekker. Bij aggregaten kan er sprake zijn van een geaarde opstelling en een niet geaarde opstelling. Een geaarde opstelling heeft te allen tijde de voorkeur.

Bij mobiele installaties, zoals in het spoor wordt echter geen aardpen geslagen. In een dergelijke opstelling kunnen geen aardlekschakelaars worden toegepast.

Als de aarde onvoldoende laag is of er kan op geen andere wijze een aardpen toegepast worden dan is een isolatiebewakingstoestel verplicht. Deze meet continu of er in de achterliggende installatie (arbeidsmiddel) een onbedoelde verbinding ontstaat tussen de PU (metalen gestel van de aggregaat) en de overige geleiders (L1, L2, L3, N). Als de weerstand te laag wordt dan schakelt de isolatiebewaker de spanning af. Kleine aggregaten (< 3kVA) hoeven niet te zijn voorzien van een isolatiebewaking dit wordt echter wel aanbevolen.

Ad 5. Beveiligingsmiddelen

Vooraf met het oog op brandgevaar is het van belang dat elektrische leidingen overeenkomstig hun soort en koperdoorsnede zijn beveiligd. Dit gebeurt met behulp van smeltpatronen of maximumschakelaars. Deze moeten de stroomdoorgang in de geleiders tijdig onderbreken indien gevaar bestaat dat de leidingen te heet worden door een te hoge stroom.

Hulp bij ongevallen met elektriciteit

In alle gevallen waarbij een persoon onderhevig is aan stroomdoorgang waarbij bewusteloosheid en/of een ander ernstig letsel kan optreden, dient men bij hulpverlening omzichtig te werk te gaan. Eerst moet men zich ervan overtuigen dat de getroffen niet meer in contact is met de 'stroombron'. Dus eerst de betreffende schakelaar uitschakelen. Pas daarna mag men hulp verlenen.

Veiligheid bij het booglassen met beklede elektrode

Het lassen met gelijkstroom is in het algemeen veilig omdat hierbij meestal geen hogere spanningen dan 100 V worden gebruikt. De open spanning van gelijkstroomtoestellen ligt gemiddeld tussen 45 en 95 V met een rimpel van maximaal 1,5 %.

Wanneer met wisselstroom wordt gelast levert de lastransformator gewoonlijk een open spanning van 65 tot 80 V, die nodig is om de boog te ontsteken (de nullast- of ontsteekspanning).

Alle onder spanning staande delen van de lastransformator, ook aan de secundaire zijde, moeten tegen aanraking beschermd zijn. De las- en werkstukbels moeten goed geïsoleerd en in een deugdelijke staat verkeren. Dit geldt ook voor de aansluitkoppelingen.

Ook de elektrodehouder moet goed geïsoleerd zijn. Alleen de niet-geïsoleerde elektrodepunt kan nu nog gevaar opleveren, en dan nog alleen tijdens de laspauzes. Tijdens het lassen levert de spanning geen gevaar op omdat deze als gevolg van het spanningsverlies in de transformator meestal lager is dan 50 V.

Er is dus nog een voorziening nodig die tot taak heeft om de secundaire spanning van de lastransformator te verlagen gedurende de tijd dat er niet wordt gelast. Een dergelijke inrichting staat bekend onder de naam **spanningsverlagingsrelais**.

Zo'n relais mag natuurlijk geen belemmering voor het lassen zijn wanneer de normale openspanning beschikbaar moet zijn zodra de lasser de elektrode aanstrikt (kortsluit). De tijdsduur tussen het sluiten van de lasketen en het verhogen van de spanning moet zo kort mogelijk zijn. Om er zeker van te zijn dat, na een eerste contact van de elektrodepunt met het werkstuk, de boog ontsteekt, moet de normale ontsteekspanning binnen 0,1 seconde aanwezig zijn.

Lassen in bijzondere omstandigheden

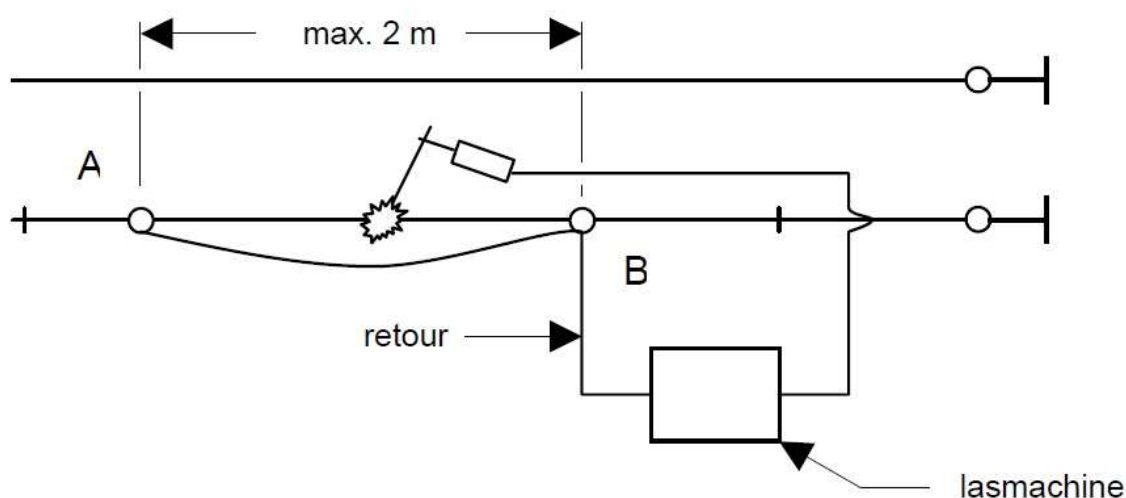
Onder bepaalde omstandigheden is het elektrisch lassen extra gevaarlijk in verband met elektrocutiegevaar. Werken in/aan het spoor is hier een voorbeeld van, gezien de hoge spanning op de bovenleidingen. In Nederland is deze 1500 V gelijkspanning en op de Betuwelijn en HSL-lijn zelfs 25.000 V (25 kV) wisselspanning. Het aanraken van de bovenleiding is dan ook levensgevaarlijk!

Andere voorbeelden van bijzondere omstandigheden zijn zogenaamde besloten ruimten (tunnels in de spoorbouw), nauwe geleidende ruimten, vochtige ruimten of een vochtige omgeving. In dergelijke gevallen moeten, volgens de norm voor lasapparatuur NEN-EN-IEC 60974-4, gekeurde wisselstroomtoestellen met een spanningsverlagingsrelais zijn uitgevoerd of moet men gebruik maken van gelijkstroomtoestellen. Het is ook zeer belangrijk om de kleding en vooral de lashandschoenen goed droog te houden!

Aansluiting van het lastoestel

De aansluiting van het lastoestel en in het bijzonder de verbinding met het werkstuk dient zorgvuldig te gebeuren. De werkstukklem moet altijd aan het werkstuk zelf zijn bevestigd. De werkstukkabel moet goed geïsoleerd zijn en mag nooit met de veiligheidsaarding van de lastransformator zijn verbonden.

De elektrische lasapparatuur moet worden opgesteld volgens figuur 4.3.



Figuur 4.3: Opstelling van elektrische lasapparatuur (Uit RLN00451-4)

Hierbij gelden de volgende eisen:

- De retourstroomkabels moeten bevestigd zijn op een deugdelijke wijze (zoals op een blank geslepen oppervlak) zodat er geen vonkoverslag kan plaats vinden, links en rechts van de plaats waar moet worden gelast. De aansluitpunten zorgen ervoor dat er een stroomkring kan ontstaan.
- De aansluitpunten A en B mogen niet een elektrische scheiding overbruggen.
- De aansluitpunten A en B moeten aan hetzelfde spoorstaafbeen, punt- of kruisstuk of ander constructie-onderdeel bevestigd zijn.
- De aansluitpunten A en B mogen niet verder dan 2 meter uit elkaar liggen.

- De laskabels (dus inclusief retourleiding) moeten voorzien zijn van goed isolatiemateriaal.
- De lasmachine (trafo, omvormer, aggregaat) moet zodanig uitgevoerd zijn dat het lasstroomvoerende gedeelte vrij is van: het net, aarde en de spoorstaven.

Periodieke inspectie van elektrische arbeidsmiddelen

In de nieuwste norm NEN 3140 (uitgave maart 2011 + A3:2019), die is gebaseerd op de Europese norm EN 50110-1, wordt gesproken over periodieke controle van elektrisch materieel, geïsoleerd handgereedschap, persoonlijke beschermingsmiddelen en verplaatsbare leidingen met een variabele inspectietermijn. Deze termijn varieert van $\frac{3}{4}$ jaar tot 12 jaar en wordt vastgesteld door de 'installatieverantwoordelijke' aan de hand van een vragenlijst. Elk antwoord heeft een bepaalde wegingsfactor. Aan de hand van de som van de wegingsfactoren is via een grafiek de tijd te bepalen tussen twee opeenvolgende inspecties.

Een andere eis met betrekking tot de periodieke inspecties is dat de identificatie van de elektrische arbeidsmiddelen gewaarborgd moet zijn, en dat de goedkeuring na inspectie geregistreerd moet worden via de datum van de uitgevoerde controle én de datum van de volgende controle. Ook mag het arbeidsmiddel voorzien worden van een sticker met daarop de datum van de volgende controle.

Door de Arbowet zijn werkgevers en werknemers verplicht om productiemiddelen in veilige staat te houden. De nieuwste norm NEN 3140 bevat duidelijke richtlijnen om een veilige werkplek te kunnen realiseren.

4.4 Gevaren voor de gezondheid

4.4.1 Het ontstaan van gezondheidsschade

Schade aan de gezondheid ontstaat door langdurige inwerking van schadelijke omstandigheden op het lichaam. Voorbeelden hiervan zijn:

- blootstelling aan hoge stralingsniveaus;
- het inademen van teveel schadelijk gassen of stoffen tijdens het werk;
- te hoge geluidsniveaus op de werkplek;
- te grote lichamelijke belasting door een langdurige slechte werkhouding;
- warmtebelasting als gevolg van stralingswarmte.

De invloed hiervan blijkt pas na langere tijd en vormt zodoende een sluipend gevaar voor de gezondheid.

Twee factoren spelen een belangrijke rol bij het ontstaan van gezondheidsschade, namelijk:

- een te hoge schadelijke blootstelling;
- de tijdsduur van de blootstelling.

De schadelijke effecten van slechte werkhoudingen en warmtebelasting zullen later in dit hoofdstuk worden besproken.

4.4.2 Aanpak van gezondheidsrisico's

Gezondheidsrisico's zijn in vrijwel elke arbeidssituatie aanwezig. Zoals in de volgende lessen zal worden uitgelegd, komen gezondheidsrisico's voor bij alle las- en snijprocessen. Zij zijn onlosmakelijk met die processen verbonden en daarom ook niet te vermijden.

Grenswaarde

De grenswaarde - voorheen genoemd de 'MAC-waarde' (Maximaal Aanvaarde Concentratie) - is voor een groot aantal stoffen vastgesteld en vormt de grens waarboven blootstelling leidt tot hinder en/of schade aan de gezondheid. Bij de vaststelling van deze grenswaarde is het uitgangspunt dat een bepaalde blootstelling gedurende 8 uren per dag en over een langere periode geen schade aan de gezondheid van werknemers mag veroorzaken.

De grenswaarden van stoffen zijn centraal vastgesteld, in overleg met de overheid (ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid), de Gezondheidsraad en de commissie Grenswaarden Stoffen op de Werkplek (GSW) van de SER. De grenswaarden worden aangepast indien er nieuwe inzichten zijn in de schadelijke effecten van stoffen.

De definitie van de grenswaarde luidt als volgt:

De grenswaarde is een concentratieniveau van een gas, damp, aerosol, vezel of stof in de lucht op de werkplek. Bij de vaststelling van deze waarde wordt zoveel mogelijk als uitgangspunt gehanteerd dat – voor zover de huidige kennis reikt – de gezondheid van de werknemers én hun nageslacht niet wordt benadeeld. Zelfs niet bij herhaalde blootstelling aan die concentratie, gedurende een langere tot zelfs een arbeidsleven omvattende periode.

Grenswaarden kunnen in twee eenheden worden aangegeven, namelijk: mg/m³ of ppm (= parts per million).

Arbeids Hygiënische Strategie

De arbeidshygiënische strategie (AHS) is een aanpak met als doel om de gevaarlijke blootstelling aan schadelijke omstandigheden te voorkomen.

De AHS bestaat uit vier stappen, die in volgorde moeten worden gezet. Het is niet de bedoeling om stappen over te slaan of dat men gelijk de vierde stap toepast zonder de voorgaande eerst te proberen.

Stap 1 : aanpak van de bron

Bekijk of de schadelijke activiteit door een minder schadelijke is te vervangen, of dat de bron is af te schermen.

Stap 2: ventilatie en afzuiging

In het algemeen is stap 1: het treffen van bronmaatregelen ter bestrijding van een te hoge blootstelling aan lasrook moeilijk; of zoals de wetgever het uitdrukt: “redelijkerwijs niet mogelijk”. In dat geval moet men overgaan tot stap 2 : het toepassen van ventilatie en afzuiging.

Stap 3: afscherming van de mens

Wanneer met stap 1 en 2 een onvoldoende resultaat is bereikt, dan moet het werk zodanig worden georganiseerd dat alleen diegenen die direct bij het (schadelijke) werk betrokken moeten zijn daarbij ook aanwezig zijn en dat al het andere personeel in een aparte werkruimte wordt ondergebracht, dan wel op voldoende / veilige afstand worden gehouden.

Stap 4: persoonlijke beschermingsmiddelen

Dit is de laatste verdediging tegen de gevaren en wordt toegepast als alle voorgaande stappen niet doeltreffend genoeg waren.

4.5 Lasemissie, straling

Leerdoelstellingen

Je bent in staat om:

VBE 4.4.5.1B/T

De arbeidshygiënische strategie uit te leggen voor straling bij booglassen

4.5.1 Wat is lasemissie?

Tijdens het booglassen is tussen twee polen, de elektrode en het werkstuk, een elektrische spanning aanwezig. Nu blijkt dat een elektrische boog elektromagnetische **straling** uitzendt met verschillende golflengtes. Het grootste deel van deze straling kunnen wij niet zien.

Een deel van die onzichtbare straling is in staat om ontvettingsdampen te ontleden of de zuurstof uit de omgevingslucht om te zetten in schadelijke **gassen**. Gassen ontstaan echter ook door de hoge temperatuur aan de rand van de boog doordat de zuurstof en stikstof uit de lucht ter plekke nieuwe verbindingen gaan vormen.

Uit het smeltbad ontwijkt tijdens het lassen rook en stof, de zogenaamde **lasrook**, die zich in de omgeving van de lasplaats verspreidt.

Door de stroomoverdracht in de boog wordt de lucht in de directe omgeving in trilling gebracht waardoor **geluid** vrijkomt.

Samenvattend zien wij dus dat booglasprocessen een viertal schadelijke fenomenen uitstoten, namelijk:

- straling;
- gassen;
- lasrook;
- geluid.

Het verzamelbegrip voor deze schadelijke uitstoot noemen we **lasemissie**.

Naast het booglassen komt lasemissie ook voor bij het thermietlassen en bij het snijden en voorwarmen met de autogene vlam. Lasemissie is daarom onvermijdelijk verbonden aan het lassen en snijden.

4.5.2 Samenstelling en hoeveelheid emissie

Verschillende las- en snijprocessen kenmerken zich door onderlinge verschillen in emissie: Zo ontstaat bij het booglassen met gevulde draad (procesnummers 114 en 136) meer lasrook dan bij het gasbooglassen met massieve draad (procesnummer 135). Verder zien we dat lasprocessen waarbij weinig rook ontstaat meer straling veroorzaken, omdat lasrook een deel van de straling absorbeert.

Bij een lange vlam, zoals bij de autogene processen, ontstaan naast stof vooral nitreuze gassen. Afgeschermd processen, zoals onderpoederlassen, veroorzaken betrekkelijk weinig emissie.

Het is in dit verband moeilijk om algemene regels te geven. In het algemeen kan men stellen dat processen die weinig rook veroorzaken meer straling afgeven en omgekeerd zullen sterk rokende processen minder straling in de omgeving afgeven.

Straling

De straling, die bij het lassen ontstaat, wordt, afhankelijk van de golflengte, ingedeeld in:

- ultraviolette straling (UV-straling);
- zichtbaar licht;
- infrarood straling (IR-straling).

Alle typen straling hebben hun eigen effect. Het zichtbare licht van de lasboog veroorzaakt door haar grote sterkte al vrij snel verblinding en vermoeiing. Ons afweermechanisme reageert hierop door de oogleden te sluiten waardoor de verblinding slechts van korte duur is. Dit afweermechanisme reageert echter niet op gevaren die het niet kan waarnemen en daarin schuilt het bijzondere gevaar van de onzichtbare UV- en IR-straling.

Ultraviolette straling

UV-straling werkt in op de huid en de ogen. De schadelijkheid is afhankelijk van:

- de blootstellingstijd;
- de golflengte van de straling: hoe kleiner de golflengte, hoe gevaarlijker.

Aangezien UV-straling zich in het kortste golflengtegebied bevindt en daardoor een hoog energieniveau heeft, is deze straling het gevaarlijkst. Daarbij moet men onderscheid maken in acute effecten en de effecten op een meerjarige termijn. De acute effecten treden binnen enkele uren op en bestaan uit het rood worden, oftewel verbranden, van de huid en hoornvliesontsteking van de ogen. Dit verschijnsel staat bekend als lasogen. De lasser neemt dit waar door pijnlijke en rood ontstoken ogen gepaard met een hinderlijk gevoel alsof er zand in zit.

Infrarode straling

Voorwerpen die heter zijn dan 500 °C bijv. gedurende het thermietlassen, zenden licht uit en een straling die het oog niet waarneemt maar die als warmte voelbaar is, de zogenaamde infrarode straling. IR-straling wordt door zowel de lasboog als het smeltbad uitgezonden en heeft een lange inwerkingsduur. Dit stralingstype tast op den duur het vocht in de oogleden aan en kan blijvend letsel veroorzaken, namelijk staar (ooglen vertroebeling). De thermietlasser kan dit bijvoorbeeld beperken door zand te strooien boven op de vorm na het verwijderen van de pot.

4.5.3 Aanpak van schadelijke straling

Zoals eerder besproken moet de aanpak van schadelijke blootstelling stapsgewijs plaatsvinden door het toepassen van de arbeidshygiënische Strategie (AHS). Voor straling komt dit op het volgende neer:

Stap 1: aanpak van de bron

Straling is onlosmakelijk aan het lassen verbonden. Toepassing van de eerste stap, bronbestrijding, is dan ook onmogelijk. Alle lasprocessen geven te veel straling af.

Stap 2: ventilatie en afzuiging

Straling is geen vorm van stoffelijke verontreiniging. Daarom heeft toepassing van de tweede stap geen zin.

Stap 3: afscherming van de mens

Deze stap biedt meer perspectief. Vaak ontstaan lasogen niet door de eigen boog, maar door die van collega's in de buurt. Blijf daar dan ook vandaan.

Stap 4: persoonlijke bescherming

Ondanks alles bieden slechts de persoonlijke beschermingsmiddelen (de vierde stap) voldoende beschutting tegen straling. In dit geval zorgt een laskap of -helm, met daarin een lasglas van voldoende sterkte, voor bescherming van de ogen en het gelaat. Handschoenen met een lange schacht en nauwsluitende voor het lassen geschikte werkkleding,

4.6 Gassen en lasrook

Leerdoelstellingen

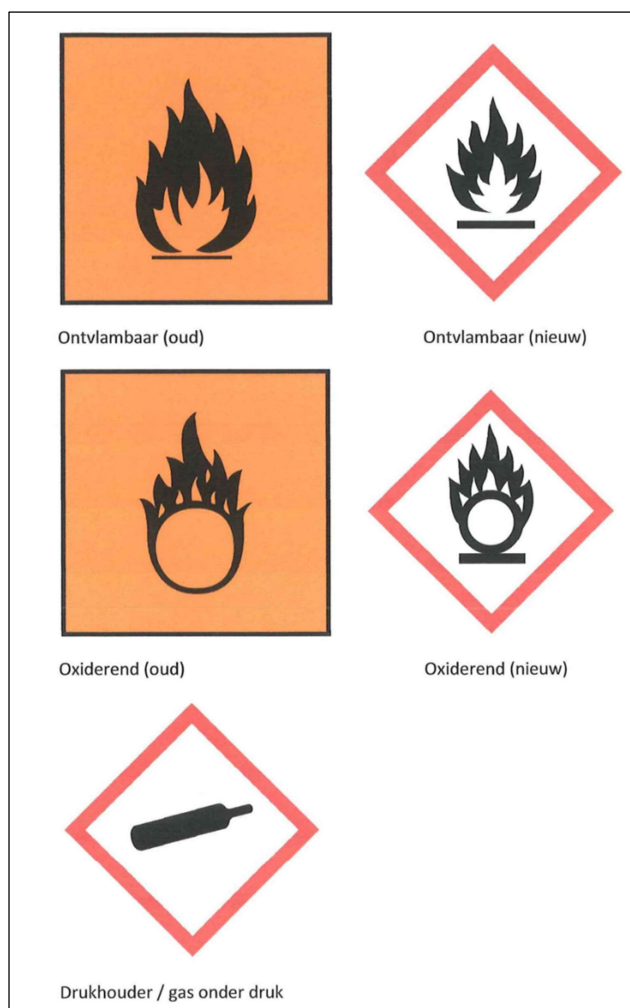
Je bent in staat om:

VBE 4.4.6.1B/T

De arbeidshygiënische strategie uit te leggen voor lasrook bij booglassen

4.6.1 Toegepaste gassen

In de railinfra zijn gassen als propaan (soms acetyleen) en zuurstof in gebruik, noodzakelijk voor het verwarmen, voorwarmen, nagloeien en autogeen snijden. In dit hoofdstuk behandelen we de aspecten van de risico's en de veiligheid bij het omgaan met deze gassen tijdens transport en gebruik. De genoemde gassen zijn gevaarlijke stoffen die onder druk zijn verpakt in stalen cilinders, voorzien van etiketten met gevaarindicatie.



Figuur 4.4: Gevaaretiketten gascilinders

Propaan en acetyleen zijn brandbare gassen. Op de gascilinder staat naast het gevaaretiket 'drukhouders' ook het etiket 'ontvlambaar'. Bij zuurstof staan er ook twee etiketten op, namelijk

'drukhouders' en 'oxiderend'. Oxiderend wil zeggen dat zuurstof graag reageert met andere stoffen/materialen en dat het brandbevorderend is. De gassenleverancier is wettelijk verplicht om veiligheidsinformatiebladen op te stellen en mee te leveren aan de klant. Hierin staan bijvoorbeeld de zogenaamde **R- en S-zinnen**.

De R staat voor Risk/Risico en geeft aan welke eigenschap van het gas gevaar oplevert en waarvoor men moet uitkijken (een soort waarschuwing dus). De S staat voor Safety/Veiligheid en geeft veiligheids-aanwijzingen die de kans op lichamelijk of materiële schade minimaliseren. Deze R- en S-zinnen gaan uiterlijk in 2015 verdwijnen en vervangen worden door Europese aanduidingen met een onderscheid tussen gevaaraanduiding H (van Hazard/Gevaar) en voorzorgsmaatregelen P (van Precautionary/Voorzorg).

In tabel 4.1 zijn de gevaren en voorzorgsmaatregelen voor de genoemde gassen samengevat.

	Acetyleen	Propaan	Zuurstof	R&S-zinnen H&P-zinnen	Omschrijving
huidige/oude Nederlandse regelgeving	x			R5	ontploffingsgevaar door verwarming
	x			R6	ontploffbaar met of zonder lucht
			x	R8	bevordert de ontbranding van brandbare stoffen
	x	x		R12	zeer licht ontvlambaar
nieuwe Europese regelgeving	x	x		H220	zeer licht ontvlambaar gas
			x	H270	kan brand veroorzaken of bevorderen: oxiderend
	x	x	x	H280	bevat gas onder druk; kan ontploffen bij verwarming
	x	x		P210	verwijderd houden van warmte/vonken/open vuur/hete oppervlakken – niet roken
			x	P220	uit de buurt houden van kleding en andere brandbare materialen
			x	P244	verwijder vet en olie van de kleppen en aansluitingen
			x	P370+P376	in geval van brand: het lek dichten als dat veilig gedaan kan worden
	x	x		P377	brand door lekkend gas: niet blussen, tenzij lek veilig gedicht kan worden
	x	x		P381	alle ontstekingsbronnen wegnemen als dat veilig gedaan kan worden
x	x	x	P403	op goed geventileerde plaats bewaren	

Tabel 4.1: R- en S-zinnen / H- en P-zinnen van gassen

4.6.2 Vervoer van gassen / 1000-punten-regel

Het vervoer van gevaarlijke stoffen over de weg in Europa is geregeld in het ADR (Afkorting uit het Frans: **A**ccord **e**uropéen **r**elatif au transport international des marchandises **D**angereuses par **R**oute). Ook in Nederland zijn die regels van kracht. Deze reglementering, waarin gassen zijn ingedeeld in klasse 2, is vooral gericht op het vervoeren van gevaarlijke stoffen in grotere hoeveelheden, zowel in colli als bulk. Het aantal voorschriften is enorm en voor velen onoverzichtelijk. Met name kleine of incidentele gebruikers zijn daarom snel geneigd bepalingen op dit gebied niet te respecteren, waardoor de veiligheid in het geding kan komen. Om toch een veilig vervoer te realiseren, zijn door de regelgever bepaalde categorieën benoemd, waarbij het aantal bepalingen is beperkt. Het gaat hierbij om vrijstellingen die samenhangen met de aard van het vervoersproces en het vervoer van geringe hoeveelheden. Hierbij is bijvoorbeeld de inzet van speciaal ingerichte voertuigen of opgeleide chauffeurs niet nodig.

Voorbeelden hiervan zijn :

- Vervoer ondergeschikt aan hoofdbedrijfsactiviteit
- Particulier vervoer
- Vervoer voor hulpdiensten

Servicebussen, lasaanhangers en mobiele werkplaatsen vallen onder de eerste categorie indien men geringe hoeveelheden aan gassen vervoert. Hierbij geldt dan de zogenaamde '**1000-punten-regel**'. In het geval van het vervoer van één gassoort mag de maximale hoeveelheid, uitgedrukt in punten, niet worden overschreden. Bij een gemengde lading wordt de inhoud van de fles vermenigvuldigd met een V-factor die aan de verschillende gevaarsaspecten is toegekend. De optelsom van de uitkomsten mag vervolgens niet groter zijn dan 1000. Bij samengeperste gassen (zoals bijvoorbeeld zuurstof) houdt men als inhoud het aantal waterliters van de verpakking aan, bij de overige gassen (bijvoorbeeld acetyleen of propaan) het netto gewicht in kilogrammen. Zie tabel 4.2 voor een rekenvoorbeeld.

Soort stof	Hoeveelheid	V-factor	Aantal punten
zuurstof	40 liter	1	40 x 1 = 40
acetyleen	40 kilogram	3	40 x 3 = 120
propaan / butaan	40 kilogram	3	40 x 3 = 120
dieselolie	180 kilogram	1	180 x 1 = 180
benzine	25 liter	3	25 x 3 = 75
Totaal aantal punten			535

Tabel 4.2: Rekenvoorbeeld 1000-punten-regel

Voor het vervoer van gasflessen binnen de 1000-punten regel geldt geen wettelijk transportvoorschrift. Toch is het dringende advies in het kader van veiligheid om een dichte auto of aanhanger goed te ventileren, flesafsluiters goed dicht te draaien, reduceertoestellen van flessen af te halen of in ieder geval te ontspannen, de slangen te ontluichten, de beschermkap aan te brengen, de flessen goed vast te zetten en uiteraard: NIET ROKEN.

Risico zelfontbranding zuurstof

In mei 2019 heeft er een incident plaatsgevonden bij het opendraaien van een zuurstof cilinder in een lasbus. Een van de lassers zag na het openen van de afsluiter de hogedrukslang en de koppeling rood opgloeien, direct gevolgd door een enorme knal. De PTFE-hogedrukslang (200 bar) met een roestvrijstalen omvlechting is hierbij uit elkaar gesprongen. Een poging om de afsluiter dicht te draaien is niet gelukt, de zuurstof is blijven uitstromen tot de cilinder leeg was. In het technisch onderzoek is vastgesteld dat de afsluiter van de cilinder ook was beschadigd door de zelfontbranding.

Eigenschappen van samengeperste zuurstof in een drukcilinder (werkdruk 200 bar)

Zuurstof is een onzichtbaar en reukloos gas dat de brandbaarheid van stoffen aanzienlijk verhoogt, ook een explosieachtige zelfontbranding van zuurstof is goed mogelijk. Vaak wordt aangenomen dat zuurstof niet brandbaar is, immers er zit 21% in de lucht om ons heen.

Bekende oorzaken van een zelfontbranding of zuurstofbrand

- Drukstoot door de afsluiter met de spindelsleutel te snel open te draaien of door een stroef lopende afsluiter waarbij meer (hand)kracht nodig is;
- Een hele kleine hoeveelheid vet of olie aan de cilinderkoppeling of flexibele gas slang.

Belangrijk om veilig te werken

- Zorg voor voldoende ventilatie en zet de schuifdeur van de lasbus altijd volledig open;
- Controleer voor gebruik de flexibele slang, koppeling en afsluiter op beschadigingen;
- Controleer dat de flexibele gasleiding tussen de installatie en de cilinder goed is uitgelijnd zodat er geen knik of verdraaiing in de slang ontstaat;
- Geef beschadigingen of storingen direct door aan de leidinggevende en overleg of je veilig kunt (door) werken;
- Draai na gebruik de afsluiter rustig dicht en verwijder de sleutel.

Aansluiten van een nieuwe zuurstof cilinder

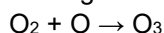
- Verwijder het plastic beschermkapje van de afsluiter en gooi dit weg;
- Open voorzichtig de afsluiter met de sleutel en laat kort wat zuurstof ontsnappen waardoor eventueel vuil wordt weggeblazen en draai de afsluiter weer dicht;
- Houd nooit uw hand voor de opening en richt de opening nooit op uzelf of anderen;
- Overtuig u ervan dat de afsluiter, koppeling, slang etc. geen sporen van vet of olie bevatten;
- Sluit nu de zuurstof cilinder aan op de installatie en open de afsluiter voorzichtig.

Schadelijke gassen

Bij het voorverwarmen, lassen en autogeen snijden ontstaan ook schadelijke gassen. Het ontstaan hiervan vindt op verschillende manieren plaats. Het gas ozon ontstaat door de inwerking van UV-straling, terwijl nitreuze gassen en koolmonoxide ontstaan door chemische reacties in of nabij de boog. Eerder is al aangegeven dat de diverse processen sterk uiteenlopen in de soort en hoeveelheid gassen die erbij vrijkomen.

- **Ozon**

Ozon ontstaat bij elk booglasproces doordat het zuurstofmolecuul uit de omgevingslucht, dat normaal uit twee gebonden zuurstofatomen bestaat, onder invloed van de UV-straling een binding met een derde zuurstofatoom aangaat, volgens de volgende reactie:



Ozon heeft een scherpe, prikkelende geur en veroorzaakt bij lage concentraties irritatie van de slijmvliezen. Een hoge concentratie kan longoedeem veroorzaken. Verder veroorzaakt ozon hoofdpijn, pijn in de borst en een droog gevoel bij het ademen.

Bestrijding van ozon

Het beste kan men het vormen van ozon bestrijden bij de bron. Ozon ontstaat door UV-straling. Meer straling geeft dan ook meer ozon. Lasrook absorbeert een deel van de UV-straling waardoor zich minder ozon zal vormen. Het schadelijke gas kan door een goede plaatselijke afzuiging van de werkplek worden verwijderd. In extreme gevallen moet de lasser zichzelf tegen schadelijk ozon beschermen door het dragen van een geventileerde lashelm met luchttoevoer.

- **Nitreuze gassen**

Door de hoge temperatuur van de elektrische boog of de autogene vlam worden de zuurstof- en stikstofmoleculen in de omgevingslucht zeer beweeglijk en onstabiel. Als gevolg hiervan ontstaan nieuwe verbindingen die bekend zijn onder de verzamelnaam nitreuze gassen. Dit verschijnsel ontstaat voornamelijk aan de rand van de boog of de autogene vlam. Hoe langer de boog of vlam des te meer nitreuze gassen er worden gevormd. Nitreuze gassen zijn een mengsel van stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide (NO₂) en worden vaak aangeduid met NOX. Nitreuze gassen veroorzaken bij lage concentraties irritaties van de ogen en slijmvliezen. Bij hoge concentratie kan het longweefsel worden aangetast.

Bestrijding van nitreuze gassen

Deze gassen ontstaan vooral bij autogene las- en snijprocessen. Door goed te ventileren wordt de concentratie stikstofmonoxide, dat het eerst ontstaat, verlaagd, waardoor de verdere oxidatie tot het veel gevaarlijkere stikstofdioxide vertraagt of zelfs geheel is te voorkomen. Beperk zoveel mogelijk het vrij laten branden van de autogene vlam, dus zonder te snijden, omdat daarbij ca. 10 x zoveel nitreuze gassen vrijkomen dan tijdens het snijproces zelf.

- **Koolmonoxide**

Koolmonoxide (CO) ontstaat als gevolg van onvolledige verbranding bij het autogeen snijden en het voorverwarmen van de las of thermietvormen. Koolmonoxide is een reukloos gas en vormt zodoende een sluipend gevaar, vooral in slecht geventileerde ruimten. De symptomen die bij een te grote dosis ingeademde koolmonoxide optreden zijn hartkloppingen, hoofdpijn, duizeligheid, misselijkheid en een fluittoon in de oren. De bestrijding van koolmonoxide vindt plaats door middel van ventilatie en afzuiging.

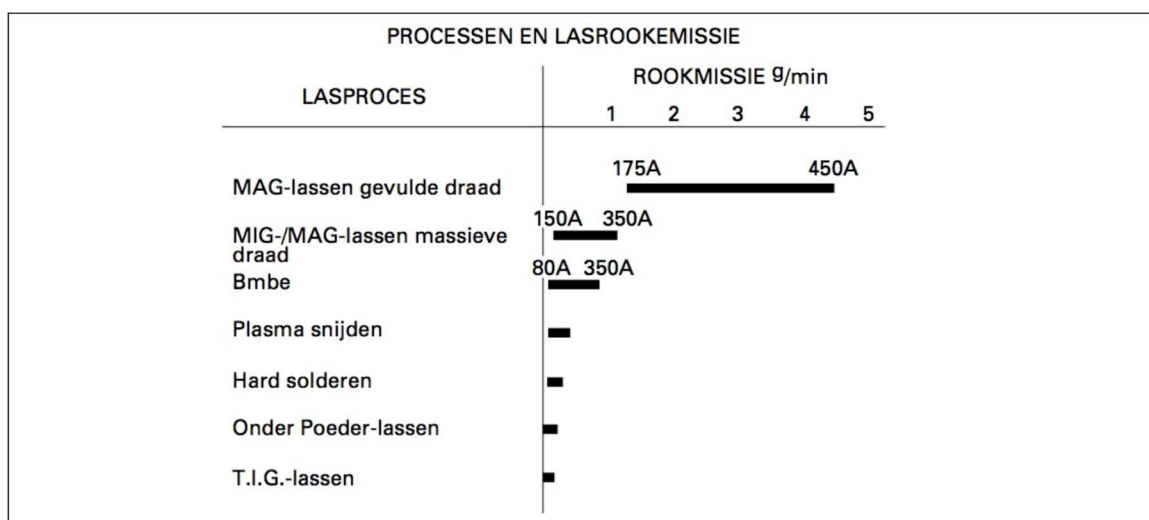
Lasrook

Bij het lassen en snijden smelt en verdampt een deel van het basismateriaal, het lastoevoegmateriaal en verder alles wat zich in de boog of in de directe omgeving bevindt. Door de thermiekwerking van de hete bron stijgt de damp op. Direct buiten de bron vormen de metaaldampen metaaloxiden, door een reactie met de zuurstof in de omgevingslucht. Bij het lassen van staal bestaan de zwevende deeltjes voor het grootste deel uit ijzeroxiden. De rook kan echter ook andere zeer schadelijke metaaloxiden bevatten afkomstig uit de legeringselementen van het lastoevoegmateriaal en/of het basismateriaal. Ook kunnen uit mogelijk aanwezige stoffen op het werkstukoppervlak zeer schadelijke vaste deeltjes ontstaan. Deze oxides en andere reactieproducten vormen samen de opstijgende lasrook.

Lasrookhoeveelheid

De lasrookhoeveelheid wordt bij het booglassen vooral door het lasproces bepaald. Zo ontstaat de meeste rook bij het lassen met gevulde draad. De rookemissie van beklede elektroden is minder en ongeveer hetzelfde als bij het MAG-lassen met massieve draad.

Daarnaast is de stroomsterkte de belangrijkste factor. Zie figuur 4.5 voor een overzicht van de verschillende hoeveelheden emissie bij verschillende lasprocessen.



Figuur 4.5: Lasrookemissie bij verschillende lasprocessen

De samenstelling van lasrook

Lasrook ontstaat door verdamping, gevolgd door condensatie van de elementen die in het lasproces zijn beland. De chemische samenstelling van lasrook zal dus variëren en bepaald worden door:

- de legeringbestanddelen van de afsmeltende elektrode of draad;
- de samenstelling van de elektrodebekleding, of draadvulling;
- de legeringbestanddelen van het basismateriaal;

De meest schadelijke componenten die in lasrook voorkomen bij de lasprocessen in de spoorbouw zijn:

- fluoriden (bij gebruik van basische elektroden);
- mangaan en mangaanoxiden (bij het oplassen van Mn-staal / bekistlassen Mn aan C-staal);
- chroom en chroomoxiden (bij gebruik van RVS elektroden).

De grenswaarde van lasrook

De grenswaarde voor lasrook is per 1 april 2010 vastgesteld op 1,0 mg per m³ lucht. (voorheen was dit 3,5 mg per m³ lucht). Zoals hiervoor al is aangegeven, kan lasrook een zeer uiteenlopende samenstelling hebben. Veel van de stoffen die normaliter in lasrook voorkomen, hebben een eigen (veelal lagere) grenswaarde waaraan, naast de algemene grenswaarde voor de lasrook, ook voldaan moet worden.

De grenswaarden van de hierboven genoemde schadelijke componenten in de lasrook zijn:

- fluoriden: 2,5 mg/m³ lucht;
- mangaan: 0,2 mg/m³ lucht;
- chroom (VI): 0,025 mg/m³ lucht.

Aanpak van lasrook

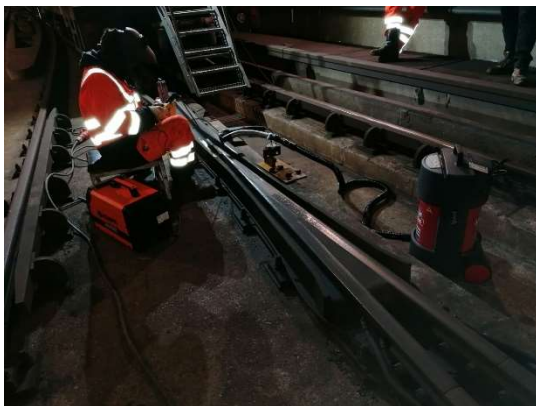
Zoals eerder besproken moet de aanpak van lasrook stapsgewijs plaatsvinden door het toepassen van de arbeidshygiënische strategie (AHS):

Stap 1 : aanpak van de bron

Bij het elektrodlassen in de spoorbouw zijn alleen basisch beklede elektroden toegestaan. In de basische bekleding zit vloeispaat, een materiaal waarbij na verbranding het schadelijke fluoride ontstaat. Bovendien levert een basische elektrode veel lasrook op. Bronbestrijding door de keuze van een ander type elektrodebekleding is dus niet mogelijk.

Stap 2: ventilatie en afzuiging

Bronafzuiging is de meest adequate manier om de lasrook af te voeren, maar in de spoorbouw niet altijd even praktisch maar wel mogelijk (zie figuur 4.6 welke een testopstelling betreft bij de metrobaan bij het oplassen van mangaanstaal).



Figuur 4.6: Mobiele lasrook afzuiging in testopstelling

Bij de uitvoering van laswerkzaamheden in tunnels (=besloten ruimten) is het gebruik van bronafzuiging echter verplicht.

Stap 3: afscherming van de mens

Afstand tot het lasproces is vaak alleen mogelijk in geval van (semi-)automatische oplassingen van spoordelen. Bij alle andere lasprocessen in de spoorbouw zijn alleen organisatorische maatregelen mogelijk, namelijk het weghouden van anderen dan de lasser (en hulplasser), om de blootstelling aan lasrook te verhinderen of te beperken. De lasser zelf zal zich extra moeten beschermen door toepassing van specifieke persoonlijke beschermingsmiddelen.

Stap 4: persoonlijke bescherming

In het algemeen geldt dat het toepassen van persoonlijke beschermingsmiddelen pas aan de orde komt indien alle voorgaande stappen in de AHS geen of onvoldoende resultaat hebben. Gezien de

schadelijke componenten in de lasrook en de lage grenswaarde van de lasrook zelf is het zeer zeker voor de elektrode-lasser noodzakelijk om zichzelf te beschermen door middel van adembeschermingsmiddelen. Dit kan bijvoorbeeld door een geventileerde lashelm te gebruiken, waarin gereinigde en gefilterde ademlucht wordt toegevoerd.

Lasrookonderzoek

Er is slechts weinig goed gedocumenteerd onderzoek verricht naar de blootstelling aan lasrook bij (hulp)lassers bij de specifieke lasprocessen die in de spoorbouw worden toegepast. Er is wel een goed gedocumenteerd onderzoek uit 2003. Sindsdien is er veel veranderd in de regelgeving wat betreft de grenswaarden, de arbeidsomstandigheden op de werkplek en de uitrusting van de (hulp)lasser, maar het onderzoek laat zeer duidelijk zien waar de knelpunten zitten en het maakt de (hulp)lasser bewust van de gevaren van de lasrook. Er zijn in het betreffende onderzoek persoonsgebonden metingen verricht, overeenkomstig de toen geldende regelgeving en Europese normen, bij uitvoering van verschillende lasprocessen onder productieomstandigheden, zowel in als buiten een tunnel. De genomen monsters zijn onderzocht op de stoffen lasrook, stikstofoxide (NO), stikstofdioxide (NO₂), diverse metaaloxiden, koolmonoxide en kooldioxide tijdens het lassen en slijpen van mangaanstaal, bekistlassen en het thermietlassen. Zonder in detail in te gaan op het onderzoek, hierbij enkele resultaten.

Beschermt een lashelm tegen chroom-6?

Algemeen

Chroom is een component in roestvrijstaal, non-ferro legeringen, chromaatcoatings en sommige lastoevoegmaterialen. Chroom wordt tijdens het lassen in de zeswaardige toestand, Chromium 6, omgezet. Chroom 6-rook is zeer giftig en kan de ogen, huid, neus, keel en longen beschadigen en kanker veroorzaken. In Nederland is de maximaal toelaatbare concentratie Chroom 6 gelijk aan 1 µg/m³ voor een TWA-blootstelling van 8 uur gedurende een werkweek van 40 uur, voor lasrook in het algemeen is dit 1 mg/m³.

Het onderstaande artikel is terug te lezen op:

www.arbo-online.nl/persoonlijke-beschermingsmiddelen/nieuws/2017/11/beschermt-een-lashelm-tegen-chroom-6-1012783: Beschermt een lashelm tegen chroom-6?

Bij het lassen aan roestvaststaal (rvs) staat een lasser mogelijk bloot aan chroom-6. Van de lasactiviteiten aan rvs wordt 80 procent uitgevoerd met TIG-lassen.



Volgens de Gezondheidsraad moeten alle chroom-6-verbindingen als kankerverwekkend worden beschouwd. Per 1 maart 2017 is de grenswaarde van chroom-6 dan ook verlaagd naar 1 µg/m³. Biedt een laskap de lasser voldoende bescherming tegen chroom-6 tijdens het TIG-lassen?

Uitgebreid onderzoek TIG-lassen rvs

TIG-lassen is een specifieke lastechniek. De afkorting TIG staat voor Tungsten Inert Gas. Tungsten is de Engelse naam voor wolfram, gecombineerd met het gebruik van een inert gas. De techniek is nauw verwant aan plasmalassen. In de zomer van 2017 heeft 5xbeter uitgebreid onderzoek gedaan tijdens het TIG-lassen van rvs. Daarbij zijn metingen uitgevoerd, zowel binnen als buiten de laskap.

Verbeterde lashelm en goede afzuiging

De uitkomst van het onderzoek maakt duidelijk dat er geen sprake is van overschrijding van de nieuwe grenswaarde van chroom-6. Voorwaarde is wel dat de lasser een verbeterde laskap draagt (of een lashelm met een hoger beschermingsniveau). De metingen laten bovendien zien dat de waarden van chroom-6 ook buiten de lashelm erg laag zijn. Dit betekent dat met een goede afzuiging de risico's voor collega's in de buurt verwaarloosbaar zijn.

Een verbeterde lashelm heeft een laskap met een vormgeving die goed aansluit op de lasser. Daardoor kan de lasrook niet eenvoudig achter de laskap terechtkomen. Sommige uitvoeringen zijn voorzien van een lederen slab. Bij andere uitvoeringen is het helm materiaal gevormd zodat dit goed aansluit op de borst van de lasser.

Lassen in de tunnel

Uit het onderzoek blijkt dat de grenswaarde voor lasrook, gezien vanuit de in 2003 geldende grenswaarde van 3,5 mg/m³, tijdens het mangaanstaal lassen en bekistlassen wordt overschreden, zowel bij de lasser als bij de hulplasser. De grenswaarde wordt niet overschreden tijdens het thermietlassen. Bij de toezichthouder blijft de concentratie lasrook eveneens onder deze grenswaarde.

De concentraties NO en NO₂ blijven tijdens alle vormen van lassen in de tunnel beneden de grenswaarden van 30 respectievelijk 4 mg/m³. Dit geldt ook voor de concentraties CO en CO₂. Sinds de uitvoering van het onderzoek zijn echter ook de grenswaarden van verschillende gassen gewijzigd op de volgende manier:

- Stikstofmonoxide (NO) : van 30 naar 0,25 mg/m³ (meer dan 100-voudige verlaging !)
- Stikstofdioxide (NO₂) : van 4 naar 0,40 mg/m³ (10-voudige verlaging !)
- Koolmonoxide (CO) : van 25 ppm naar 29 mg/m³ (dit is ongeveer 25 ppm)
- Kooldioxide (CO₂) : van 5000 ppm naar 9000 mg/m³ (dit is ongeveer 4600 ppm)

Volgens de huidige, sterk verlaagde, grenswaarden treedt voor de lasser zelf bij alle onderzochte lasprocessen overschrijding van de grenswaarde op voor de nitreuze gassen NO en de NO₂. Voor de hulplasser is dit alleen het geval bij het mangaanstaal lassen en bekistlassen.

Lassen buiten de tunnel

De monsters van het mangaanstaal lassen buiten zijn geanalyseerd op de aanwezigheid van (zware) metalen als ijzer, mangaan en chroom als belangrijkste componenten. Het thermietlassen leverde in de tunnel wat betreft zware metalen geen problemen op, zodat de mate van blootstelling tijdens deze activiteit buiten verder niet is geanalyseerd. Uit het onderzoek bleek dat alle concentraties van de metaalcomponenten tijdens het mangaanstaal lassen buiten, ruim onder de grenswaarden bleven.

Mede gezien de steeds strengere eisen / grenswaarden is het essentieel dat de lasser zich beschermt tegen de schadelijke invloeden van gassen en lasrook. Daar heeft niet alleen de lasser maar ook de werkgever een rol in.

4.7 Geluid

4.7.1 Geluid, frequentie, geluidsdruk

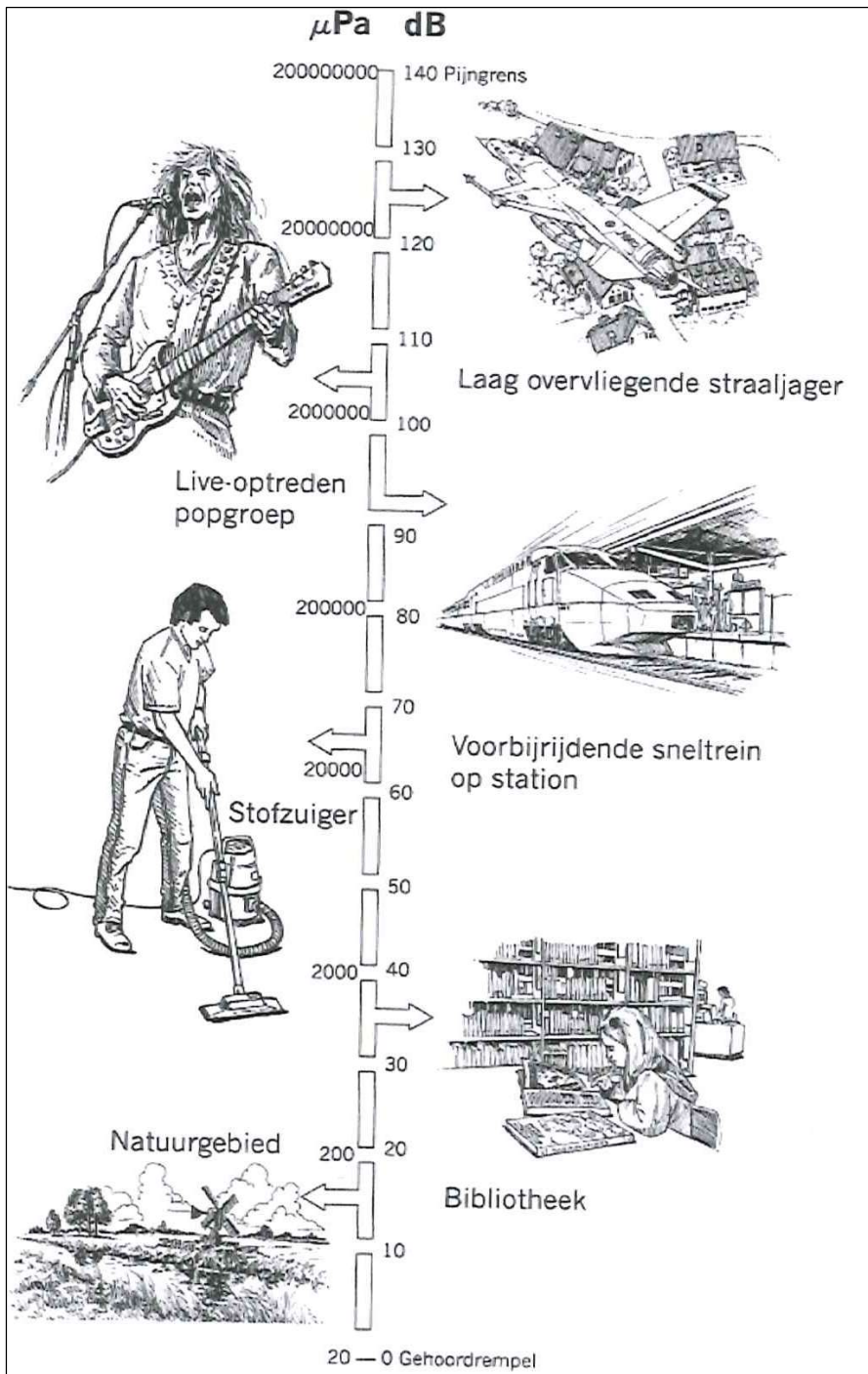
Bij het elektrodlassen ontstaat geluid door de elektrische ontlading in de boog. De uitstromende gassen bij autogene processen veroorzaken ook geluid, evenals het slijpen en slakbikken. Geluid ontstaat als de lucht in onze omgeving in trilling raakt. Geluid bestaat dus uit drukvariaties rond de atmosferische druk. Het verschijnsel lijkt op het effect dat ontstaat wanneer men een steen in rustig water werpt. Rond de inslag van de steen ontstaan rimpels die zich snel vanaf het punt van inslag naar buiten bewegen.

Het eenvoudigste geluid, een enkele toon, is voor te stellen als een (druk)golf, die zich in een bepaalde tijd door de lucht verplaatst. Het aantal golven per seconde is dan de frequentie van die toon en wordt uitgedrukt in Hertz (Hz). De frequentie is bepalend voor de toonhoogte. Een hoge frequentie klinkt als een piepend geluid, een lage als een brommend geluid.

Naast de frequentie van een toon kan ook de sterkte van die toon worden onderscheiden. De sterkte wordt uitgedrukt in het geluidsdrukkniveau. Hoe hoger de geluidsdruk (uitgedrukt in Pascal), des te sterker is het geluid.

De geluidsthermometer

Omdat de waarden zover uiteen liggen is het onpraktisch om de geluidsterkte in Pascal uit te drukken. Daarom wordt de geluidsdruk in een (logaritmische) eenheid uitgedrukt: de **decibel**. Hierdoor is het mogelijk om het grote verschil in geluidsdruk van de ons omringende geluidsbronnen, in een overzichtelijke schaal op papier te zetten. Dit is in figuur 4.7 gedaan met de zogenaamde geluidsthermometer.



Figuur 4.7: De geluidsdrukthermometer

Een gezond menselijk oor kan geluiden met een frequentie tussen ongeveer 20 en 16000 Hz waarnemen. Het oor is niet voor elke frequentie even gevoelig. De hoogste gevoeligheid ligt in het gebied tussen 500 en 8000 Hz. Vooral voor de lagere, en in mindere mate voor de hogere, frequenties is ons oor minder gevoelig. In die frequentiegebieden wordt de geluidsdruk als het ware gedempt.

Effecten op het lichaam

Wanneer de ogen te veel licht ontvangen dan knijpen we de oogleden dicht. Ons lichaam beschikt in dat geval over een natuurlijk afweermechanisme. Voor teveel geluid, oftewel lawaai, beschikt ons lichaam niet over een afweermechanisme, we kunnen ons in zo'n geval niet anders beschermen dan door weg te lopen.

Lawaai is ongewenst geluid, met een te hoge geluidsdruk, en is schadelijk voor de gezondheid. Een kortdurende blootstelling aan hoge geluidsniveaus hoeft nog niet altijd tot blijvende gehoorschade te leiden. De eerste waarschuwing is een tijdelijke vermindering van de gehoorscherpthe. Bij rust verdwijnt dit na ongeveer een dag. Op den duur gaat het tijdelijke verlies echter over in een permanent verlies van gehoorscherpthe (lawaaidoofheid). Daarnaast veroorzaakt lawaai ook bijverschijnselen als vermoeidheid, concentratieverlies, versnelde hartslag en stijging van de bloeddruk.

Lawaaidoofheid is het verschijnsel dat iemand permanente gehoorschade kan oplopen door meestal langdurige blootstelling aan lawaai. Met behulp van audiometrie kan lawaaidoofheid worden vastgesteld. Het gehoor is een zintuig dat erg gevoelig is voor langdurige overbelasting. Deze overbelasting begint al bij een geluidsniveau van 80 dB(A) gedurende langere tijd. Deze waarde wordt, uitgaande van 8 uren per dag en 5 dagen in de week, gedurende meerdere werkzame jaren, als veilige grens beschouwd in de Arbeidsomstandighedenwet (ARBO wetgeving).

Bij hogere geluidsniveaus moet de periode van blootstelling korter zijn om permanente beschadiging van het oor te voorkomen. Bij 3 dB toename van het geluid (dit is een factor 2), mag de periode slechts de helft zijn, dus bij 83 dB(A) is maximaal 4 uren toegestaan. Tot de jaren 80 (van de 20e eeuw) heersten er op veel werkplekken geluidsniveaus die de veilige grens overschreden. Met name in fabrieken en in de bouw (onder andere heismachines) waren plekken waar mensen in geluidsniveaus van 90 tot wel 110 dB(A) moesten werken. Sommige mensen droegen daarbij geen of onvoldoende hoorbescherming (oorpluggen en geluidskappen). Door de langdurige blootstelling aan deze geluidsniveaus ontstond permanente gehoorschade, vanwege de oorzaak meestal "lawaaidoofheid" genoemd. Ook militairen (dienstplichtigen) hebben vaak lawaaidoofheid door het schieten met een geweer vlak naast het oor. Meestal betreft dit dan ook één oor.

In jaren tachtig is via de Nederlandse ARBO wetgeving veel geregeld op het gebied van geluidsniveaus. Boven de 85 dB(A) is uitreiking van en toezien op het gebruik van hoorbeschermingsmiddelen verplicht voor de werkgever (én de werknemer). Later werd deze grens aangescherpt tot 80 dB(A). Na blootstelling aan een te hoog geluidsniveau ontstaat een tijdelijke verhoging van de gehoordrempel, die zich echter na een tijdje weer spontaan herstelt. Ook kan men last van oorsuizen krijgen (ook wel tinnitus genoemd). Als men terwijl de tijdelijke verhoging van de gehoordrempel nog bestaat telkens weer blootgesteld wordt aan te hard geluid, ontstaat permanente gehoorschade.

Lawaaidoofheid is een sluipend proces. Als het eenmaal ontstaan is, zal het niet meer verdwijnen. Een lichte lawaaidoofheid betekent echter nog geen ernstige handicap, maar als de persoon ouder wordt, ontstaat boven op de lawaaidoofheid ook nog de ouderdomsdoofheid, hetgeen kan leiden tot grote moeite met het verstaan van andere mensen, het horen van alarmsignalen in het verkeer, etc.

Aanpak van het geluid

Net zoals de aanpak van de andere gezondheidsbedreigende gevaren wordt geluid met behulp van de arbeidshygiënische strategie (AHS) aangepakt:

Stap 1 : aanpak van de bron

Bij het autogeen snijden kunnen lawaai-arme branders worden gebruikt. Hierbij zijn geluiddempers om de mengbuis aangebracht en is de brandermond ingrijpend gewijzigd. De branders die bij het thermietlassen worden toegepast zijn specifiek voorgeschreven en hebben niet die mogelijkheid.

Stap 2: ventilatie en afzuiging

Uiteraard is dit niet relevant. Wel kunnen de ventilatoren van ventilatie- en afzuigsystemen een hinderlijke geluidsbron vormen.

Stap 3: afscherming van de mens

Het komt in de praktijk nogal eens voor dat ander personeel nodeloos aan de herrie van collega's wordt blootgesteld. Afschermen door lawaaimakende activiteiten te verplaatsen naar een aparte ruimte is helaas niet mogelijk in het spoor.

Stap 4: persoonlijke bescherming

Vaak resteert alleen de vierde en laatste stap van de AHS, die van persoonlijke bescherming. Gehoordoppen, proppen, otoplasten en geluidskappen moeten de lasser tegen het ontstaan van gehoorschade beschermen.

In Nederland heeft de wetgever ten aanzien van de toepassing van gehoorbescherming een aantal wettelijke regelingen vastgesteld. De kern hiervan is dus:

- Geluid wordt als schadelijk beschouwd wanneer het equivalente geluidsniveau hoger is dan 80 dB(A). Wanneer op de arbeidsplaats het equivalente geluidsniveau hoger is dan 80 dB(A), moet de werkgever doelmatige gehoorbeschermingsmiddelen ter beschikking stellen.
- Het equivalente geluidsniveau op de arbeidsplaats als gevolg van machines of werkzaamheden mag niet hoger zijn dan 85 dB(A), tenzij dat redelijkerwijs niet kan worden geëist.
- Als het geluidsniveau op de arbeidsplaats hoger is dan 85 dB(A), moeten de werknemers de hun ter beschikking gestelde gehoorbeschermingsmiddelen verplicht gebruiken.

In tabel 4.3 is aangegeven hoe lang de veilige, dus zonder gevaar voor gehoorschade, dagelijkse maximale verblijfsduur is bij een bepaald geluidsniveau. Tabel 4.4 laat zien wat het geluidsniveau is van verschillende werkzaamheden.

Geluidsniveau in dB(A)	Veilige dagelijkse verblijfsduur
80	8 uur
83	4 uur
86	2 uur
89	1 uur
92	30 minuten
95	15 minuten
98	7,5 minuten
101	4 minuten

Tabel 4.3: Maximale dagelijkse verblijfsduur bij verschillende geluidsniveaus

Het gebruiken van gehoorbescherming tijdens bijna alle voorkomende werkzaamheden van de lasser in het spoor is, gezien de hieronder vermelde geluidsniveaus, dan ook bijna altijd verplicht te stellen.

Soort werk	Geluidsniveau in dB(A)
Doorslijpen spoorstaaf	105-120
Snijbranden spoorstaaf	85-90
Elektrodelassen	85-90
Slakbikken	100-105
Vlakslijpen las (Robel-slijper)	95-105
Slijpen met wisselslijper	85-95

Tabel 4.4: Geluidsniveau van diverse werkzaamheden

4.8 Lichamelijke belasting en warmtebelasting

4.8.1 Lichamelijke belasting

Het werk van de lasser is vaak zwaar. Dikwijls moet men op moeilijk te bereiken plaatsen een lasverbinding maken. Daarbij wringt men zich letterlijk in allerlei bochten en neemt men een moeilijke werkhouding aan die het lichaam zwaar belast. Bij het in de buitenlucht lassen, zoals in het spoor, zijn regelmatig onaangename weersomstandigheden. Maar ook op die plekken waar de lasser als het ware 'in' zijn werk moet kruipen. Hierdoor loopt de lasser vervolgens het risico dat hij te veel schadelijke stoffen inademt. Onder dit soort moeilijke omstandigheden is het bovendien nog maar de vraag of de kwaliteit van het laswerk wel voldoende zal zijn.

Het bewegingsapparaat

Verkeerde lichamelijke belasting kan tot storingen en afwijkingen in het menselijk bewegingsapparaat leiden. Met bewegingsapparaat wordt het stelsel van beenderen, gewrichten, pezen en spieren bedoeld, dat de mens in staat stelt te bewegen en krachten uit te oefenen.

Dynamische- en statische belasting

Het bewegingsapparaat van de lasser wordt zwaar belast. Het verplaatsen van lasapparatuur of materiaal door duwen, trekken en tillen kan gemakkelijk voor een grote, zogenaamde dynamische belasting zorgen. Dynamische belasting ontstaat door het uitoefenen van krachten gedurende een beweging. De spieren in het lichaam spannen en ontspannen zich gedurende de beweging. Daardoor vindt een goede doorbloeding plaats en wordt voortdurend vers bloed aangevoerd dat de afvalstoffen afvoert. Op zich is dynamische belasting niet gezondheidsbedreigend, maar overbelasting is dat wel. Vanuit de 'ideale tilsituatie' is 23 kg het maximaal te tillen gewicht. Maar vanuit een zittende / gehurkte of geknielde houding mag het maximaal te tillen gewicht maar 10 kg zijn zonder het lichaam te overbelasten.

De lasser heeft in zijn werk echter ook veel te maken met statische belasting. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het omhoog houden van de lastoorts. Tijdens de statische belasting blijven de spieren gespannen. De doorbloeding is onvoldoende omdat de gespannen spieren de bloedvaten dichtdrukken. Daardoor kan al na korte tijd vermoeidheid in de spieren ontstaan, die na wat langere tijd pijnlijk wordt en tenslotte in kramp overgaat.

Invloed van de werkhouding

Een slechte werkhouding kan op de lange duur aanleiding zijn tot beschadiging van delen in het lichaam. Werkhoudingen waarin het bewegingsapparaat langdurig statisch wordt belast leiden tot snelle vermoeidheid, pijn en kramp in de spieren. Statische werkhoudingen waar de lasser veel mee te maken heeft, zijn:

- lang achtereen staan of zitten;
- voorovergebogen staan of zitten;
- zijwaarts geleund staan of zitten;
- liggend werken;
- knielend / gehurkt werken;
- gebukt staan;
- met de armen boven het hoofd werken;
- de armen niet af kunnen steunen;
- werken met opgetrokken schouders.

Aanpak van lichamelijke belasting

De aanpak van lichamelijke belasting is in de eerste plaats het identificeren, vervolgens het informeren en de gevonden knelpunten wegnemen via (technische) maatregelen. Voorbeelden hiervan zijn het gebruik van een tilhulp (kraan/tilband) en aanpassing van gereedschap. Van zeer grote invloed is echter de houding en het gedrag van de lasser zelf. Dit bevordert niet alleen de kwaliteit van het laswerk maar ook die van de werkomstandigheden.

4.8.2 Warmtebelasting

Thermisch comfort

Binnen het menselijk lichaam wordt de temperatuur automatisch op een waarde van ca. 37 °C gehouden. Tijdens spierarbeid komt warmte vrij. Het bloed dat door de spier stroomt voert deze extra warmte af. Wanneer de bloedstroom onder de huid arriveert vindt op die plaats overdracht plaats van de overtollige warmte via de huid aan de omringende lucht. Het bloed heeft daarbij de functie van koelvloeistof en het huidoppervlak die van radiator.

Bij grote krachtsinspanning wordt het teveel aan warmte, door zweetafscheiding op de huid, versneld afgevoerd. Het verdampende vocht onttrekt veel warmte aan het lichaam en voorkomt daarmee dat de lichaamstemperatuur sterk oploopt. De luchtconditie in de omgeving van de huid speelt bij de warmteafgifte een belangrijke rol. Zware arbeid in vrijwel stilstaande, vochtige en warme lucht met daarbij intensieve warmtestraling van de zon veroorzaakt in eerste instantie een onbehaaglijk gevoel met veel zweetafscheiding. Later kan bij doorgaande inspanning flauwte optreden, die overgaat in bewusteloosheid. Het lichaam is er onder die condities dan niet in geslaagd om de inwendige temperatuur constant te houden en de verhoogde temperatuur schakelt de hersenen uit. Bovendien moet de overtollige warmte door het bloed sneller naar de huid worden afgevoerd. Het hart moet het bloed dus sneller rondpompen en kan daarmee overbelast raken.

Het klimaat

De condities in de omgevingslucht, oftewel het klimaat, bepalen het zogenaamde thermisch comfort van de mens. Die condities bestaan uit:

- de temperatuur van de lucht;
- de luchtvochtigheid;
- de snelheid van de bewegende lucht;
- de aanwezige stralingswarmte.

Warmte- en koudebelasting tijdens het lassen

Tijdens het lassen is de lasser in het algemeen stevig gekleed om hem te beschermen tegen lasspatten en schadelijke straling. Daarbij komt dat in het algemeen tijdens laswerkzaamheden veel warmte wordt ontwikkeld. Onder normale condities leert de praktijk dat vrijwel continu kan worden gewerkt.

Er bestaat dus een redelijk thermisch evenwicht, maar dit verandert wanneer de klimaatcondities zwaarder worden. Bijvoorbeeld door de warmtestraling van voorverwarmde werkstukken, maar ook ten gevolge van vrieskou, al dan niet in combinatie met veel wind (gevoelstemperatuur of chillfactor), regen of hoge luchtvochtigheid. Op dat moment raakt het thermisch evenwicht ernstig verstoord en kan er geen sprake meer zijn van continue arbeid. Als eerste krijgt men een gevoel van onbehaaglijkheid of discomfort. Vervolgens kan men bepaalde taken niet meer goed uitvoeren. Maatregelen om het evenwicht te herstellen zijn het vaker inlassen van rustpauzes, afscherming van de werkplek (wind/regen), het dragen van de juiste isolerende/ventilerende kleding en het gebruiken van 'heatpacks' bij kou. Dit zijn pakketjes die je in je zak kunt stoppen en die hun warmte produceren via een chemische reactie.

4.9 Plaatselijke afzuiging en ventilatie

4.9.1 Ontstaan en bestrijding lasrook

Door de thermische werking, als gevolg van de hoge temperatuur in de vlam of lasboog, ontstaat de typische lasrookpluim, die uit vaste lasrookdeeltjes en gassen bestaat. Deze lasrookpluim heeft een hogere temperatuur dan de omringende lucht en zal daarom opstijgen. Naarmate de rookpluim verder stijgt zullen de deeltjes erin afkoelen en zal de stijgsnelheid evenredig dalen. De verticale snelheid van de deeltjes zal stoppen op het moment dat zij afgekoeld zijn tot een temperatuur, die dezelfde is als de omringende lucht op die hoogte.

De concentratie van de verontreinigingen is binnen de lasrookpluim uitzonderlijk groot. Het is belangrijk dat de lasser zich hier zo min mogelijk in bevindt, maar dit is in de praktijk niet altijd haalbaar. De lashelm met gefilterde luchttoevoer biedt weliswaar enige bescherming, maar metingen hebben bewezen dat de grenswaarden in het ademgebied van de lasser in veel gevallen worden overschreden!

De grootste concentratie van de verontreinigingen bevindt zich in de lasrookpluim en in iets mindere mate in de directe omgeving van de lasser. De lasrookpluim zal zich in de buitenlucht meestal snel verspreiden, want er is voldoende natuurlijke ruimteventilatie aanwezig.

Hoewel ruimtelijke ventilatie ter ondersteuning dient van plaatselijke afzuiging is het op zichzelf geen oplossing voor het probleem van de luchtverontreiniging op de werkplek. De meest effectieve manier om lasrook te bestrijden bestaat uit een combinatie van plaatselijke afzuiging met aanvullende ruimtelijke ventilatie.

4.9.2 Plaatselijke afzuiging

Het doel van plaatselijke afzuigsystemen is om stof- en rookdeeltjes, die op een bepaalde plaats ontstaan, onmiddellijk te vangen en af te voeren. Plaatselijke afzuiging wordt ook wel **puntafzuiging** genoemd.

Het principe van puntafzuiging is dat zwevende stofdeeltjes door een luchtstroom in een afzuigkap worden gevangen. Die luchtstroom moet door middel van een verschil in luchtdruk in stand worden gehouden. Het luchtdrukverschil wordt met behulp van een ventilator opgewekt. Door middel van een leidingsysteem is de ventilator met de afzuigkap verbonden. De afzuigkap moet zo dicht mogelijk bij de bron geplaatst zijn om zo effectief mogelijk te zijn.

Een andere vorm van plaatselijke afzuiging is een afzuigstelsel dat integraal is ingebouwd in de lastoorts bij het lassen met massieve of gevulde draad. Hierbij worden de lasrook en gassen door de aansluitkabel afgezogen.

Plaatselijke afzuiging is het gemakkelijkst te realiseren in die gevallen waar sprake is van vaste werkplekken. In de spoorbouw is dit helaas niet het geval en is de combinatie met ruimtelijke ventilatie vaak alleen gegeven in tunnels.

4.10 Werken in tunnels

Leerdoelstellingen

Je bent in staat om:

VBE 4.4.10.1B/T

De risico's en de regels te beschrijven bij het lassen in tunnels

Besloten ruimten zijn ruimten die:

- tijdens het functioneel bedrijf normalerwijze zijn afgesloten;
- moeilijk toegankelijk en/of begaanbaar zijn.

In de spoorbouw zijn tunnels gedefinieerd als besloten ruimten.

Het werken in tunnels brengt bijzondere risico's met zich mee. Zo is er een grotere kans op:

- brand en/of explosie;
- verstikking;
- vergiftiging;
- aanrijding;
- elektrocutie;
- vallen, uitglijden en vallende voorwerpen;
- lekkende brandbaar gas- en zuurstofcilinders of apparatuur (bij het autogeen snijden).

Werken met gas(sen) in kleine (besloten) ruimten

Men moet altijd voorkomen dat brandbaar gas (acetyleen of propaan) of zuurstof in de ruimte vrijkomt. Vooral in kleine ruimten kunnen hierdoor zeer gevaarlijke situaties ontstaan, door toename van de kans op brand en/of explosie. Een veel voorkomende bron van lekkage zijn lekkende slangen of slangkoppelingen. Ook kunnen slangen en/of branders lek raken door slecht onderhoud en/of beschadigingen.

Voor besloten ruimten gelden in dit verband nog de volgende regels:

- Plaats nooit losse gascilinders in een besloten ruimte; in een dergelijke ruimte zijn ook geen snelkoppelingen toegestaan.
- Zorg dat het aantal koppelingen in een slang nooit meer dan 5 bedraagt en zorg dat de te koppelen slanglengte niet kleiner is dan 10 m.
- Gebruik koppelingen nooit als eindafsluiter. Dit is verboden.
- Zorg dat koppelingen voor brandbaar gas (acetyleen of propaan) en zuurstofkoppelingen nooit onderling verwisselbaar zijn.
- Pas slangbreukbeveiliging toe, voor zowel brandbaar gas als zuurstofslangen.

Bij het werken in tunnels moet extra aandacht zijn voor de niet-beschermde medewerkers die niet bij het lassen zelf zijn betrokken. Men moet blootstelling aan emissies (geluid, licht, lasrook) zoveel mogelijk vermijden door hen niet in de buurt te laten komen van de laswerkzaamheden. De beste oplossing hiervoor is het gefaseerd uitvoeren van de diverse werkzaamheden in een tunnel volgens een werkplan. In dit werkplan moet de risico-inventarisatie en -evaluatie (RI&E) zijn opgenomen.

Werkplan

Een werkplan voor in bijvoorbeeld een tunnel kan de volgende elementen bevatten:

- Kennis van de constructie van de besloten ruimte (tunnel)
- Toegangs- en ontsnappingswegen
- Begaanbaarheid (trappen, spoor, looppaden, stellingen, voertuigen op het spoor)
- Verlichting (in verband met explosiegevaar)
- Sprinkler en rookmelders uit tijdens laswerkzaamheden, aanvullende brandwacht
- Selectie van juiste gereedschappen (elektrisch in plaats van motorisch) en persoonlijke beschermingsmiddelen (pbm)
- Instructie personeel
- Wie houdt toezicht?
- Werkafspraken (communicatie)
- Werkvergunning (checklist van te nemen maatregelen)
- Opstellen van een calamiteitenplan, dit bevat onder meer contact met de brandweer enz.

4.11 Persoonlijke beschermingsmiddelen

Leerdoelstellingen

Je bent in staat om:

VBE 4.4.11.1B/T

De relevante PBM's te beschrijven voor een lasser

Deze paragraaf gaat over de verschillende persoonlijke beschermingsmiddelen (pbm), die bescherming bieden tegen gevaren van mechanische aard en tegen gezondheidsrisico's.

Zowel in de Arbeidsomstandighedenwet als in verschillende daarop gebaseerde veiligheidsbesluiten is aandacht besteed aan persoonlijke beschermingsmiddelen. Enerzijds is bepaald dat pbm's moeten worden gebruikt als andere maatregelen en voorzieningen, zoals een bronaanpak, geen of onvoldoende resultaat opleveren. Anderzijds zijn plichten en rechten van betrokken partijen vastgelegd.

Persoonlijke beschermingsmiddelen vormen het laatste middel in die gevallen waar, ondanks de maatregelen die genomen zijn, de bezwarende effecten nog niet geheel zijn weggenomen. Het is de laatste stap in de arbeidshygiënische strategie (AHS).

Bij het lassen zijn verschillende maatregelen te treffen om de gezondheid van de lasser te beschermen. Men kan de persoonlijke beschermingsmiddelen in twee klassen onderbrengen, namelijk de middelen die bij gebruik geen of weinig invloed op de lichamelijke belasting uitoefenen, en de middelen die wél veel invloed uitoefenen.

Weinig invloed op de lichamelijke belasting:

- Werkkleding: overall, handschoenen
- Schoeisel: veiligheidsschoenen of laslaarzen
- Hoofdbescherming: helm

Overgangsgebied:

- Gehoorbescherming: proppen, doppen, kappen, otoplastieken
- Oog- en gelaatbescherming: veiligheidsbril, lasbril, laskap
- Valbeveiligingsmiddelen: harnasgordels, traditionele gordels

Veel invloed op de lichamelijke belasting:

- Adembescherming: half- en volgelaatsmasker



Figuur 4.8: Goed gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen door een thermietlasser

4.11.1 Overzicht persoonlijke beschermingsmiddelen

Werkkleding

De werkkleding van de lasser zal in het algemeen bestaan uit een overall (vervaardigd uit onbrandbaar materiaal) in combinatie met speciale lashandschoenen.

Lasschoeisel

Bij het lassen is het gebruik van lasschoenen of laslaarzen noodzakelijk. Het is belangrijk dat de broek over de bovenzijde van de lasschoen/laslaars valt zodat vonken, slijpsel en vloeibaar metaal niet opgesloten kan raken in de schoen en zodoende de huid kan verbranden.

Hoofdbescherming

Bij bepaalde werkzaamheden, vooral op de bouwplaatsen en ook in het spoor is het dragen van een veiligheidshelm verplicht. Dat wil zeggen niet zozeer tijdens de laswerkzaamheden zelf, maar bij het zich verplaatsen van de lasplek.

Gehoorbescherming

Gehoorbescherming kan bestaan uit:

- oorproppen;
- oordoppen;
- de gehoorkap;
- otoplastieken.

Geluid wordt in Nederland boven een niveau van 80 decibel als schadelijk beschouwd.

Voorlopig wordt als overgangswaarde 85 dB gehanteerd, om in Nederland niet uit de pas te lopen met andere geïndustrialiseerde landen.

Boven 80 dB dient de werkgever gehoorbescherming ter beschikking te stellen; boven 85 dB(A) is de werknemer verplicht om de beschikbaar gestelde gehoorbescherming te dragen.

Oogbescherming

Bij het lassen moet altijd oogbescherming worden gebruikt omdat de intense straling en de grote lichtsterkte afkomstig van de boog of de autogene vlam, in zeer korte tijd de ogen onherstelbaar kunnen beschadigen. Bij het booglassen wordt de oog- en de gelaatbescherming gecombineerd door het gebruik van de lashelm. De glazen in de lashelm of de lasbril zijn donker gekleurd. De te gebruiken kleurklasse is afhankelijk van het las- of snijproces en de ingestelde lasstroom. De tabellen 4.5 en 4.6 geven informatie over de toe te passen kleurklasse en graad van beveiliging bij verschillende processen.

Vereiste tint, graad van beveiliging		Gebruik
A1DIN	1,7	Voor hulplassers, strooilicht en UV-straling
	2	Licht werk met de snijbrander
	2,5	Licht werk met de snijbrander
	3	Ontroesten met de brander
	4	Snijbranden tot 900 liter zuurstof per uur
	5	Snijbranden met 900 – 2000 liter zuurstof per uur
	6	Snijbranden met 2000 – 4000 liter zuurstof per uur
	7	Snijbranden en schoonbranden met 4000 – 8000 liter zuurstof per uur
8	Snijbranden met meer dan 8000 liter zuurstof per uur	

Tabel 4.5: Kleurklassen voor autogeen snijden

Lasmethoden	Beklede elektrode (A)	MAG-lassen staal (A)	Lassen met gevulde draad (A)
A1 DIN 9	20-39		
10	40-79	80-99	125-174
11	80-174	100-174	175-224
12	175-299	175-299	225-274
13	300-499	300-499	275-349
14	500-580	500-550	350-449

Opmerking betreffende de keuze van de graad van beveiliging: kies in de kolommen van de gekozen lasmethode de beveiligingsgraad die overeenkomt met de ingestelde stroom op de stroombron.
 Voorbeeld: elektrodelassen met 190 A. Deze waarde ligt tussen 175 en 299 A. Het is aan te raden een bescherming te nemen met veiligheidsgraad 12. Tegenwoordig is vaak een lashelm in gebruik met zogenaamd 'Speedglas', waarbij afhankelijk van de hoeveelheid licht de gradatie zich zeer snel en automatisch instelt voor een optimale bescherming van de lasser.

Tabel 4.6: Kleurklassen voor booglassen

Adembescherming

Men moet zich eerst oriënteren omtrent de werkomstandigheden en antwoord hebben op de volgende vragen:

- Hoeveel zuurstof is op de werkplek aanwezig?
- Hoeveel andere gassen dan zuurstof worden toegepast en welk soort(en)?
- Hoeveel stof en wat voor stof komt er vrij?
- Is er sprake van een besloten ruimte?

De adembescherming kent twee soorten luchtverzorgingssystemen:

1. een systeem dat afhankelijk is van de omgevingslucht, waarbij de ademlucht via een filter uit de werkruimte wordt betrokken;
2. een systeem dat onafhankelijk is van de omgevingslucht: de ademlucht wordt in cilinders meegenomen of via slangen naar de werkplek gevoerd in het ademhalingstoestel van de lasser.

Stof wordt in stofklassen ingedeeld, namelijk:

- klasse 2a: inert zwevend stof met een grenswaarde van 10 mg/m³;
- klasse 2b: schadelijk stof met een grenswaarde van 10 tot 0,1 mg/m³;
- klasse 2c: giftig stof met een grenswaarde dan 0,1 mg/m³, bijvoorbeeld kankerverwekkende stoffen, bacteriën, etc.

Lasrook behoort tot de klasse 2b.

Het rendement van het filter wordt aangegeven met P1, P2 of P3, waarbij P1 het laagste en P3 het hoogste rendement heeft.

Tabel 4.7 geeft aan voor welke stofklassen welke stoffilters geschikt zijn.

Soort filter	Stofklasse		
	2a	2b	2c
P1	Ja	Nee	Nee
P2	Ja	Ja	Nee
P3	Ja	Ja	Ja

Tabel 4.7: Stoffilters in stofklassen

Het gelaatstuk











Het systeem dat de gebruiker afzondert van de omgevingslucht noemt men met de algemene term 'gelaatstuk'. Men onderscheidt de volgende gelaatstukken:

- snuitje of filtrerend gelaatstuk;
- kwart/halfgelaatmasker;
- volgelaatmasker;
- kap of luchthelm.

Hoe kies ik het juiste filter?

Vervuilende stoffen zijn er in verschillende vormen algemeen gesproken: aerosolen (vaste stoffen/deeltjes) en gassen (gassen, dampen).

Je kunt uit de diverse filters kiezen welke u beschermt tegen een van deze vormen of een combinatie van beide. De volgende tabel laat u de kleurcodering van de filters zien volgens EN 14387 dit helpt je om te bepalen welk type filter nodig is voor de vervuilende stof waarmee je te maken hebt.

Kleurcode	Type filter	Aanwezige vervuilende stoffen
	AX	Gassen en dampen van organische samenstelling met een kookpunt <65 °C
	A	Gassen en dampen van organische samenstelling met een kookpunt >65 °C
	B	Anorganische gassen en dampen, bijv., chloor, waterstofsulfide, waterstofcyanide (blauwzuur)
	E	Zwavel dioxide, waterstofchloride (zoutzuur)
	K	Ammonia en organische derivaten van ammonia
	CO	Koolstofmonoxide
	Hg	Kwikdamp
	NO	Nitreuze gassen, waaronder stikstofmonoxide
	Reactor	Radioactief jodium, inclusief radioactief methyljodide
	P	Deeltjes (partikels)

Tabel 4.8: Kleurcodering voor filters

Voorbeelden van filtertypes: A2B2-P3



Een filter met bovengenoemde kleurcode is geschikt voor de volgende vervuilende stoffen:
 A – gassen en dampen van organische samenstelling met een kookpunt boven 65 °C tot de concentraties die horen bij filterklasse 2 en
 B – anorganische gassen en dampen, bijv. chloor, waterstofsulfide, waterstofcyanide (blauwzuur) tot concentraties die horen bij filterklasse 2 en
 P – deeltjes tot de concentraties die horen bij filterklasse 3.

Differentiatie van filtertypes Filters worden verdeeld in verschillende klassen volgens hun capaciteit (gasfilters) of hun efficiëntie(deeltjesfilters), zie tabel 4.9. Gasfilters uit klasse 2 kunnen voor langere tijd of bij hogere concentraties gebruikt worden dan filters uit klasse 1. De klasse van een deeltjesfilter geeft aan hoe efficiënt het filter deeltjes uitfiltert. (Klasse 1: 80%, klasse 2: 94%, klasse 3: 99,95%).

Type Filter	Filter-klasse	Bescherming tegen	Maximaal toegestane concentratie van de giftige stof
Gasfilter		Gassen en dampen Capaciteit:	20 keer de blootstellinggrens (OEL) met halfgelaatsmaskers / 40 keer de blootstellinggrens met volgelaatsmaskers, maar maximaal:
	1	Klein	0,1 vol. % (1000 ppm)
	2	Medium	0,5 vol. % (5000 ppm)
	gebruik met druk (PAPR)		
	1	Klein	0,05 vol. % (500 ppm)
	2	Medium	0,1 vol. % (1000 ppm)
Deeltjesfilter		Deeltjes (partikels) Efficiëntie (scheidend vermogen):	
	P1	Klein	4 keer de blootstellinggrens (OEL)
	P2	Medium	10 keer de blootstellinggrens (OEL)
	P3	Groot	20 keer de blootstellinggrens (OEL) met halfgelaatsmaskers / 40 keer de blootstellinggrens met volgelaatsmaskers
Voorbeeld: Loodstof, blootstellinggrens/OEL = 0,1 mg/m ³ 4 x 0,1 mg/m ³ = 0,4 mg/m ³ = maximaal toegestane concentratie van loodstof voor het gebruik van een P1-filter met halfgelaatsmasker.			
Combinatiefilter		Gassen, dampen en deeltjes	
1-P2, 2-P2, 1-P3, 2-P3		Geschikt gecombineerd gas gecombineerde niveaus en fijn stof filters	

Tabel 4.9: Filterklasse

Volgens EN 143 dienen partikelfilters gekenmerkt te worden betreffende de mogelijkheid tot hergebruik:

- NR (Non Reusable) als het partikelfilter slechts 1 shift gebruikt mag worden;
- R (Reusable) als het partikelfilter geschikt is voor gebruik gedurende meerdere shifts.

4.11.2 Gebruik, beheer, onderhoud en opslag

De werkgever moet doelmatige persoonlijke beschermingsmiddelen (pbm), aan zijn werknemers verstrekken als andere beschermende maatregelen niet voldoen. Hij moet hen dan tevens voorlichten over het juiste gebruik, de werking en het doel van pbm's, alsmede over de aan de werkzaamheden verbonden risico's. De werknemer zelf is verplicht de hem verstrekte pbm's op de juiste wijze te gebruiken, te onderhouden en te bewaren.

Gebruik van adembescherming

Wanneer je adembescherming met filters gebruikt, moet je altijd het volgende in gedachten houden gebruik nooit adembeschermingsapparatuur met filters:

- In een atmosfeer die minder dan 19% zuurstof heeft (zie plaatselijke wetgeving voor verdere richtlijnen);
- In slecht geventileerde gebieden of besloten ruimten, zoals tanks, kleine kamers, tunnels, of containers;
- In een atmosfeer waarvan niet bekend is in welke concentraties de giftige stoffen aanwezig zijn of die direct bedreigend is voor het leven of de gezondheid (IDLH - Immediately Dangerous to Life and Health);
- Wanneer de concentratie van een vervuilende stof hoger is dan de maximaal toegestane concentratie en/of de capaciteit van de filterklasse;
- Wanneer de vervuilende stof slechte of geen waarschuwendende eigenschappen heeft (smaak, geur of irritatie) zoals aniline, benzeen, koolstofmonoxide en ozon;
- Wanneer de adembescherming niet functioneert of niet past door beharing, sierraden of afwijkende gelaatsvorm;
- Raadpleeg de gebruiksaanwijzing.

Let op je veiligheid en gezondheid:

- Gebruik een goed onderhouden, gereinigd en goed passend masker en vervang tijdig het filter. Ademfilter zorgvuldig behandelen: niet stoten, niet laten vallen enz.!
- Niet met spitse voorwerpen in het filter prikken.
- Verpakking en eventuele afsluitdoppen/verzegelingen pas kort voor gebruik verwijderen.

Onderhoud lashelmen met verse luchtsystemen

Deze systemen zorgen voor de toevoer van gezonde en verse lucht tijdens het lassen. Op deze manier wordt schadelijke, verontreinigende lucht buiten gehouden en kun je op een verantwoordelijke manier te werk gaan waar gezondheidsrisico's beperkt blijven (zie als voorbeeld figuur 4.9).



Figuur 4.9: lashelm met verse luchtsysteem

Om deze lashelmen **optimaal te laten blijven functioneren** is er regelmatig onderhoud door de lasser nodig onderstaande aanbevelingen zijn indicatief, gebruik **altijd** de aanbevelingen van de leverancier van je lashelm:

Voor gebruik:

Gezichtsafdichting: Controleer of de afdichting beschadigd is anders bestaat er een groot risico dat je verontreinigde lucht inademt.

Zweetband: Vervang wanneer deze te vies is geworden.

Beschermruitjes voorzijde: Voor optimaal zicht en de werking van het lasfilter dienen de beschermruitjes schoon en goed doorzichtig te zijn.

Elke week:

Maak de helm schoon. Maak met een zachte doek zowel de binnen als de buitenkant van de helm schoon.

Vervang beschermruit buitenzijde.

Zweetband, beschermruit binnenzijde, leesglas en gezichtsafdichting. Vervang als ze te diep vervuild en bekrast zijn of als ze niet meer te reinigen zijn.

Vervang beschadigde onderdelen. Vervang alle beschadigde onderdelen om zeker te zijn van maximale prestatie, bescherming en comfort.

Elke maand:

Zweetband. Maandelijks vervangen voor behoud van comfort en hygiëne.

Beschermruitje binnenzijde. Voorkom onnodige belasting van je ogen en vervang de plaatjes wanneer er sprake is van te veel vervuiling.

Gezichtsafdichting. Als de afdichting beschadigd is bestaat er een groot risico dat je de verontreinigde lucht inademt. Vervang op z'n minst om de maand.

4.12 Laatste Minuut Risico Analyse (LMRA)

In de inleiding is al genoemd dat de algemene aanpak van gevaren voor veiligheid en gezondheid begint met het zich bewust zijn van de risico's, wat de werkzaamheden ook mogen zijn.

Na de bewustwording komen de aandachtspunten als:

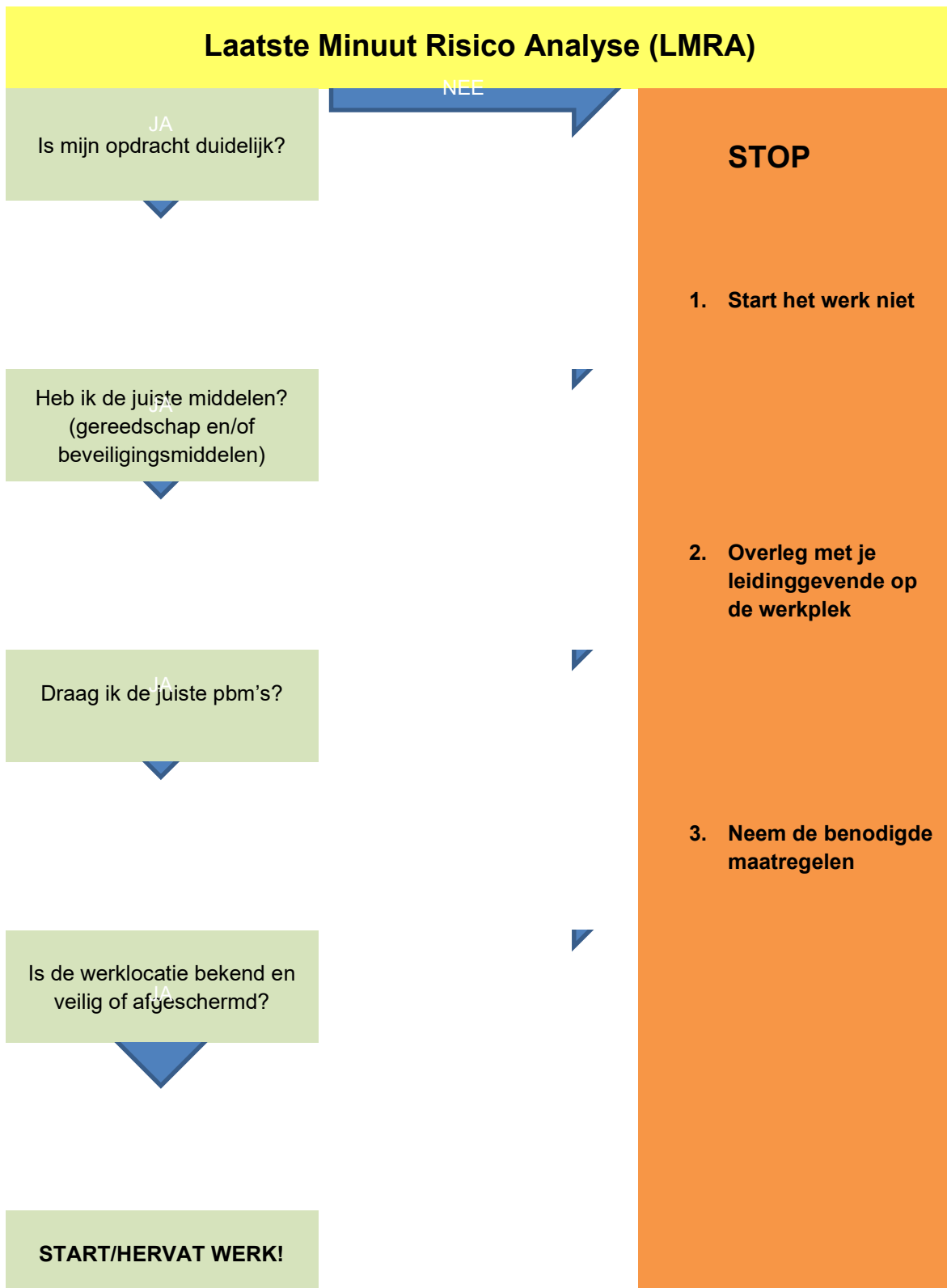
- zorgvuldigheid;
- aandacht voor het werk;
- preventieve maatregelen (blusmiddelen e.d.);
- goede werkvoorbereiding;
- goed onderhoud van apparatuur;
- opleiding en instructie;
- de beschikbare middelen gebruiken;
- persoonlijke hygiëne.

In het kort samengevat: "Ik werk veilig of ik werk niet".

Bij aanvang van de werkzaamheden, maar ook na iedere werkonderbreking is het goed om zelf nog één keer zorgvuldig te kijken naar je eigen werkomstandigheden met een zogenaamde "Laatste Minuut Risico Analyse" of LMRA. Het doel hiervan is om risico's in de directe werkomgeving op te sporen en op te heffen, dan wel te verminderen. Het dient om de werkzaamheden efficiënter uit te voeren en om het voorkomen van incidenten. Je doorloopt hierbij drie stappen :

1. Beoordelen van de risico's
Welke risico's zijn bij het uitvoeren van de werkzaamheden, ondanks alle voorzorgsmaatregelen, nog steeds aanwezig? Vraag jezelf af wat je tijdens het uitvoeren van de taak kan overkomen. Wat is de kans dat het risico zich voordoet en wat is het effect ervan?
2. Bepalen van de maatregelen
Welke maatregelen kun je nemen om de nog aanwezige risico's weg te nemen of aanvaardbaar te maken?
3. Uitvoeren van de maatregelen
Voer de maatregelen uit, die nodig zijn om de nog aanwezige risico's weg te nemen of aanvaardbaar te maken. Zorg dus dat de werkzaamheden veilig kunnen worden uitgevoerd.

Op de markt zijn er verschillende pasjes / kaartjes verkrijgbaar als geheugensteun voor het uitvoeren van de LMRA. Een voorbeeld is gegeven in figuur 4.10.



Figuur 4.10: Laatste Minuut Risico Analyse (LMRA)

4.13 Kwaliteitsborging en lascoördinatie

Leerdoelstellingen

Je bent in staat om:

VBE 4.4.13.1

De meest kenmerkende taken van een lascoördinator en de basis betekenis van de EN-ISO 3834 te kunnen beschrijven

Het is een eis vanuit ProRail (RLN00451-2) dat het lasbedrijf onder andere gecertificeerd is volgens EN-ISO 3834 deel 2 (Kwaliteitsborgingseisen voor smeltlassen van metalen - Deel 2: Uitgebreide kwaliteitseisen).

Om de kwaliteit van de lastechniek binnen een bedrijf te kunnen beheersen heeft het raillasbedrijf een verantwoordelijk lascoördinator nodig ook wel "RWC" (Responsible Welding Coordinator) genoemd. Bedrijven die gecertificeerd zijn volgens de norm EN-ISO 3834-2 zijn dus verplicht om te beschikken over een dergelijke lascoördinator. De EN-ISO 3834-2 certificering verplicht het lasbedrijf om alle noodzakelijke stappen te ondernemen om de kwaliteit van de las te waarborgen. Hieronder zullen deze werkprocedures verder worden toegelicht aan de hand van de taken en bevoegdheden van de verantwoordelijk lascoördinator.

De werkzaamheden van de verantwoordelijk lascoördinator omvatten meer dan alleen het verzorgen van de juiste

lasmethode- en lasserskwalificaties. De taken en verantwoordelijkheden beginnen al reeds in de aanloopfase van een project, maar hebben ook betrekking op de las technische voorbereiding en bewaking van opdrachten. Ook is de verantwoordelijk lascoördinator betrokken bij het afhandelen van las gerelateerde afwijkingen "ACP's". Voor alle las technische vragen moeten lassers/bedieners zich altijd kunnen wenden tot de door het raillasbedrijf aangestelde verantwoordelijk lascoördinator. De verantwoordelijk lascoördinator van de door ProRail erkende spooraanwerner staat ook weer in direct contact met ProRail.

In de norm EN-ISO 14731:2019 zijn de taken en verantwoordelijkheden van een lascoördinator uniform vastgelegd. Het is van groot belang dat het enorme takenpakket dat de verantwoordelijk lascoördinator moet beheersen, ook daadwerkelijk aan hem of haar wordt toebedeeld. Dit moet worden vastgelegd in een taakomschrijving én in het kwaliteitssysteem (middels een taken en verantwoordelijkheden matrix "overzicht"). Hierbij is de positie van de lascoördinator in de organisatie van belang, alsook zijn verantwoordelijkheden binnen het bedrijf. Een formele aanstelling als lascoördinator wordt dan ook terecht gezien als essentiële voorwaarde voor het goed functioneren van een lasbedrijf. Het is eveneens terecht dat dit personeelslid een voorname plaats inneemt binnen een lasorganisatie. Zijn of haar beslissingen op las technisch en aanverwant terrein bepalen mede of een opdracht met succes wordt voltooid.

De lascoördinator dient te beschikken over voldoende algemene las technische kennis maar ook over specialistische spoor technische kennis die nodig is om de werkzaamheden naar behoren uit te voeren. Het benodigde niveau van de lascoördinator is afhankelijk van de complexiteit van het product en van de productie en is door ProRail en de gemeentelijke vervoersbedrijven vastgesteld op niveau S (specifieke kennis) aantoonbaar middels het IWT/MLT "middelbaar lastechnicus" diploma.

De lascoördinator is betrokken bij:

- las technische aspecten in de productie bij de voorbereiding, vervaardiging, kwaliteitsbewaking en lasprocessen;
- bedrijfstechnische facetten van het lassen bij het productieproces.
- contacten tussen opdrachtgever en eigen bedrijf op het gebied van lassen.

De lascoördinator is een persoon die verantwoordelijk is voor de laswerkzaamheden en de daaraan gerelateerde werkzaamheden en wiens geschiktheid en kennis is aangetoond door training, opleiding en relevante ervaring in de productie. Natuurlijk kan de lascoördinator wel bepaalde werkzaamheden, onder zijn/haar verantwoording, delegeren aan collega's of externe bedrijven zonder de eindverantwoording te verliezen, vandaar de term verantwoordelijk lascoördinator.

Hieronder volgt een opsomming van de meest essentiële lascoördinatie taken:

Beoordeling van eisen en technische beoordeling

-Welke Eisen zijn van toepassing op de opdracht of het te sluiten contract denk hierbij bijvoorbeeld aan:

- Lassen aan door ProRail beheert spoor (RLN 00451)

Maar voor een raillasbedrijf welke opereert in Nederland is één van de volgende voorschriften ook eventueel mogelijk:

-Lassen van kraanbaanrails volgens eisen Tata steel?

-Lassen aan tramspoor volgens het VILL (Voorschrift Infra Lassen Lightrail)?

Op basis van de opdracht of het contract moet de lascoördinator zich een aantal zaken afvragen:

-Uit welke spoorstaafkwaliteiten bestaat het te lassen spoor? R200, R220, R260, etc te lassen aan andere profielen maar wellicht ook verschillende kwaliteiten (sandwichrail, kopgeharde rail etc). ----

-Welk lasproces moet en kan worden toegepast?

-Zijn hiervoor (voldoende) gecertificeerde lassers beschikbaar?

-Moet er NDO worden toegepast?

-Welke lasvolgorde is van toepassing?

Uitbesteding

Het uitbesteden van laswerk en/of NDO en daarbij het bepalen of de onderaannemer wel over voldoende ervaring en over de juiste certificeringen beschikt. Ook het duidelijk maken aan de onderaannemer wat het werk precies inhoudt en wat de eisen zijn is een zeer belangrijke taak.

Laspersoneel

Geldig houden van de lasser- en bedienerkwalificaties en vaststellen of de lasser/bediener wel op het project ingezet kan worden in relatie tot het juiste certificaat en de te lassen spoorstaven.

Zonder een geldige certificaten is het niet mogelijk om in het spoor te lassen ook zal er geen geldig ProRail Permit to Weld (PtW) kunnen worden afgegeven.

Uitrusting

Uitrusting laten keuren, onderhouden en kalibreren, zichtbaar voor de lasser middels de stickers op de apparatuur met geldigheidsdatum

Laswerk en aanverwante activiteiten

Opstellen en toewijzen van las- en overige werkinstructies en het behalen van lasmethodekwalificatieproeven voor laswerkzaamheden waarvoor ProRail nog geen standaard lasmethodebeschrijvingen (SWPS) beschikbaar heeft gesteld.

Lastoevoegmaterialen

Werkinstructies opzetten voor het behandelen en opslaan van lastoevoegmateriaal en de controle op de naleving hiervan.

Inspectie voor, tijdens en na het lassen

De lascoördinator kan periodiek beoordelen of de lassers en/of bedieners zich wel houden aan de voorgeschreven instructies en of de benodigde eindkwaliteit behaald wordt. De lasser houdt hiervoor de lasregistratie bij.

Non-conformiteiten

Betrokken bij het afhandelen van las technische afwijkingen "ACP" (ook welke door de lasser/bediener worden geconstateerd). Als de lasser moet afwijken tijdens zijn werk van de regelgeving moet hij dat melden op zijn lasregistratieformulier. Indien de veilige bereidbaarheid in gevaar komt moet dit direct worden gemeld en kan het spoor niet vrijgeven worden.

Wanneer een ACP van toepassing is kun je lezen in Module 5: Eisen aan metallurgische lassen en in het acceptatie protocol van ProRail voor metallurgische lassen in bovenbouwconstructies ACP00451.

Identificatie en naspeurbaarheid

Eis is dat voeglassen en oplossingen via de lasregistratie (en bij voeglassen middels de lasserstempel) te herleiden zijn naar het lasbedrijf en de lasser. Rapportages van Niet Destructief Onderzoek moeten ook herleidbaar zijn naar de betreffende metallurgische las.

Kwaliteitsrapporten

Zorg dragen voor een gedegen opslag van las gerelateerde documentatie.

LET OP: zijn er onduidelijkheden over las gerelateerde documenten of aan de las praktijk gerelateerde zaken wend je dan ALTIJD tot de verantwoordelijk lascoördinator!

4.14 Oefenvragen

1. Welke twee groepen gevaren ken je en welke kenmerken hebben deze groepen? Geef van beide groepen een voorbeeld.
2. Wat kunnen de acute gevaren zijn van veiligheidsbedreigende gevaren? Noem er minimaal vier.
3. Noem in de juiste volgorde de vier stappen in de Arbeids Hygiënische Strategie (AHS).
4. Welke soorten straling komen bij het lassen vrij?
5. Waaruit bestaat de emissie bij het booglasproces?
6. Wat zijn de twee kenmerken van geluid?
7. Noem vier persoonlijke beschermingsmiddelen.
8. Welke drie stappen moet je achtereenvolgens doorlopen bij de “Laatste Minuut Risico Analyse” (LMRA)?
9. Bij welk geluidsniveau, uitgedrukt in decibel (dB), moet je op de werkplek gehoorbescherming dragen?
 - a. Hoger dan 80 dB.
 - b. Dat mag ik zelf bepalen.
 - c. Hoger dan 85 dB.
 - d. Hoger dan 100 dB.
10. De huidige grenswaarde voor lasrook is:
 - a. 2,5 mg/m³.
 - b. 1,0 mg/m³.
 - c. 2,0 mg/m³.
 - d. 3,5 mg/m³.

5 Eisen aan metallurgische lassen ProRail

Inhoud

5	Eisen aan metallurgische lassen ProRail	1
5.1	Eisen uit de regelgeving van ProRail.....	2
5.2	Algemene eisen.....	2
5.2.1	Opstellen ACP (Acceptatieprotocol).....	2
5.2.2	Vorbereiding op de laswerkzaamheden bij lage en hoge temperaturen	2
5.2.3	Lassen bij kabelverbindingen (Cembre).....	3
5.2.4	Eisen aan uitwendige onvolkomenheden	3
5.2.5	Lassers- en bedienerscodering	5
5.2.6	Markeringseisen opgelast defect.....	6
5.2.7	Opstellen lasregistratie	6
5.3	Voeglassen.....	9
5.3.1	Overwegen en kunstwerken	9
5.3.2	Minimale afstand tussen lassen onderling en bij spoorstaaf boorgaten	9
5.3.3	Gebruik van trekapparatuur of verwarmingsapparatuur	9
5.3.4	Hoogteverschil.....	9
5.3.5	Maximum slijptemperatuur	10
5.3.6	Lasgeometrie voeglassen	10
5.4	Oplassen	11
5.4.1	Oplassen in spoorstaven en tussenspoorstaven.....	11
5.4.2	Oplassen van wisseldelen.....	11
5.4.3	Oplassen detectierupsen.....	12

5.1 Eisen uit de regelgeving van ProRail

In deel RLN00451-4 zijn alle eisen aan metallurgische lassen opgenomen. De eisen zoals aangegeven RLN00451-4 zijn gecontracteerd en daarmee bindend. Hieronder zijn voor opleidingsdoeleinden enkele belangrijke eisen vereenvoudigd weergegeven. Kijk voor de volledige en meest actuele tekst altijd in de regelgeving. Je vindt hieronder telkens de verwijzing naar de betreffende paragraaf in RLN00451-4.

5.2 Algemene eisen

Leerdoelstellingen

Je bent in staat om:

VBE 5.5.2.1 Acceptatie Protocol (ACP00451) op te starten wanneer de procedure dat voorschrijft

VBE 5.5.2.2 Bekend zijn met de eisen in de RLN00451-4

5.2.1 Opstellen ACP (Acceptatieprotocol)

Lassen moeten voldoen aan de gestelde eisen. In sommige gevallen is dat niet mogelijk. In dergelijke gevallen dient er een acceptatieprotocol te worden opgesteld.

Een ACP dient te worden ingediend bij de ProRail inspecteur voordat de werkzaamheden uitgevoerd worden. De inspecteur zal het ACP beoordelen en kan eventueel een aanvullende voorwaarde eisen. Het ACP wordt getekend geretourneerd.

Het ACP geeft de reden waarom men wil of moet afwijken van de regelgeving, inclusief de beschrijving van noodzakelijke (vervolg)acties en de onderbouwing dat er geen of beheerste invloeden zijn op bijvoorbeeld de beschikbaarheid, betrouwbaarheid en veilige berijdbaarheid. In de ACP00451 is de inhoud van het ACP omschreven.

Als een lasser tijdens zijn werk vaststelt dat een las niet aan de eisen kan voldoen, dan dient hij/zij de lascoördinator hierover te informeren met het lasregistratieformulier. De lascoördinator zal zorgen dat het ACP opgesteld wordt en achteraf afgestemd wordt met ProRail. Als er twijfels zijn over de veiligheid, moet de escalatiedienst of lascoördinator zo vroeg mogelijk voor de indienststelling worden geïnformeerd.

5.2.2 Voorbereiding op de laswerkzaamheden bij lage en hoge temperaturen

Bij temperaturen lager dan -3°C mag er niet worden gelast, met uitzondering van noodgevallen. De uitvoering moet bij de lascoördinator een ACP aanvragen met daarop de omschrijving van het noodgeval. Het goedgekeurde ACP moet beschikbaar zijn voor de lasser als er buiten de gestelde temperatuurgrenzen gelast gaat worden.

Een sluitlas (de laatste las waarbij het spoor op neutraaltemperatuur wordt gezet) mag niet gemaakt worden bij spoorstaaftemperaturen hoger dan $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$. Als de temperatuur van de spoorstaven buiten de $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ is, mag men zonder hulpgereedschappen geen sluitlassen in het voegloze spoor maken (vanwege trek/drukspanningen in de spoorstaven).

Bij temperaturen tussen de -3°C en 0°C moet men de spoorstaaf van niet-kritische materiaalkwaliteiten minimaal 1 meter aan beide zijden van de te leggen las voorwarmen tot

minimaal 50°C voordat men de las gaat maken. Als de temperatuur van de spoorstaven onder de -3°C is, mag geen las meer worden gemaakt omdat:

- de las te snel afkoelt;
- ballast kan bevriezen waardoor bij uitgraven/beroering problemen met de ligging kunnen ontstaan;
- er problemen kunnen ontstaan met de lasmiddelen en –materialen (bijvoorbeeld bevriezen van het vormzand bij het thermietlassen).

Mogelijk dat een leverancier van lasmiddelen andere temperaturen zal eisen. Hij zal dit dan duidelijk in zijn documentatie/ISV/WPS moeten aangeven.

Voor de eisen van de overige spoorstaafkwaliteiten: zie de betreffende werkbeschrijving met WPS uit de ISV00451.

In situaties waarbij men toch een las bij een temperatuur lager dan -3°C moet maken, dient voldaan te worden aan het volgende:

- altijd de voorgeschreven wachttijd voor het meten van de temperatuur in acht nemen;
- na het lassen: invullen van een afwijkingsregistratieformulier volgens ACP00451;
- gebruik maken van trekapparatuur;
- men moet de spoorstaaf minimaal 1 meter aan beide zijden van de te leggen las voorverwarmen tot minimaal 50°C voordat men de las gaat maken;
- na het gereedkomen van een las (en het afstropen van bijvoorbeeld de thermietlas) moet deze met een steenwoldeken worden ingepakt. Als de temperatuur van de las voldoende is afgekoeld (bijvoorbeeld voor niet-kritische materialen tot ongeveer 450°C), mag de steenwoldeken worden verwijderd.

Bij het thermisch behandelen (zoals voorverwarmen en thermisch snijden) van kritische bovenbouwconstructies mag de materiaalkwaliteit niet negatief beïnvloed worden. Het lasbedrijf/de spooraanemer moet hiervoor maatregelen treffen en weergeven in een werkinstructie (zoals doorslijpen in plaats van snijbranden).

Meer weten? Zie paragraaf 3.1.5 in RLN00451-4.

5.2.3 Lassen bij kabelverbindingen (Cembre)

Kabels aan spoorstaven zijn kwetsbaar. Door de warmte die vrijkomt bij het lassen kunnen deze beschadigen. Wees dus extra alert bij lassen in de buurt van kabels.

Als er naast een kabelbevestiging van Cembre gelast of thermisch gesneden moet worden, mag de afstand tot de Cembre bevestiging niet kleiner zijn dan 0,12m en mag deze kabelverbinding niet warmer worden dan 450°C. De verbinding mag ook niet met de vlam(boog) in aanraking komen.

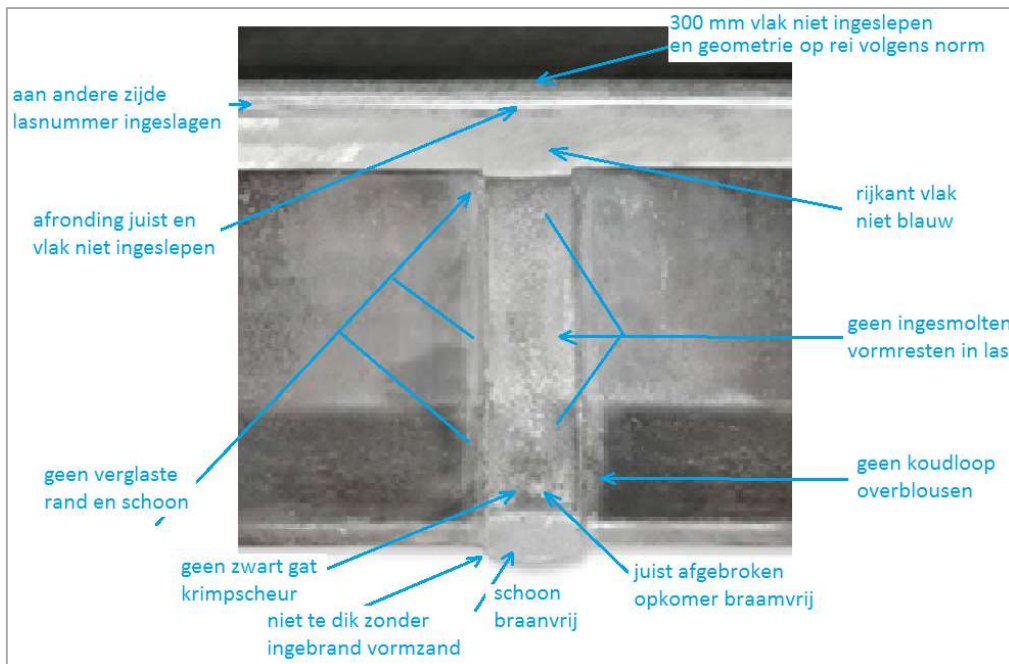
Toelichting: de 0,12m is om de ingeslagen kop bij het lassen van een voegenspoor te verwijderen. Deze afstand voldoet ook aan de 55mm afstand die je nodig hebt om te voorkomen dat een thermietlas uitloopt in een gat in de ziel.

Meer weten? Zie paragraaf 3.1.7 in RLN00451-4.

5.2.4 Eisen aan uitwendige onvolkomenheden

De uitwendige kwaliteit van een las moet voldoen aan de criteria zoals je geleerd hebt bij de praktijkopleiding. Bij afwijking meld je dat bij de opmerkingen op het lasregistratie formulier.

Ernstige afwijkingen moeten direct worden gemeld bij de werkverantwoordelijke. De verantwoordelijk lascoördinator houdt een registratie bij van afwijkingen, waarmee trends kunnen worden vastgesteld. Acties uit de trend kunnen divers zijn: opleiding, melding productfout, ACP, wijziging werkmethode, enzovoorts. Afwijkingsregistraties en eventuele daaropvolgende trendanalyse moet ter inzage beschikbaar zijn voor ProRail.



Figuur 5.1: Samenvatting visuele inspectie door lasser

Referentie naar ISO 6520-1	Niet toelaatbare onvolkomenheden bij voeg- en oplassen Zie ook de betreffende EN norm
n.v.t.	Inslijpingen > 1 mm diep en scherpe overgangen.
n.v.t.	Ruwheden van de geslepen oppervlakken Ra > 10 µm.
n.v.t.	Verblauwing (harde structuurvorming), als gevolg van te warm slijpen vanuit koude toestand alsook verblauwing op elektrische contactvlakken (bijv. a.g.v. vonkvorming op de contactvlakken van elektrische lasprocessen).
n.v.t.	Horizontale en verticale slijplengte over de kop > 900 mm met de las in het midden.
100, 104 2017	(krater-)scheuren/ spleten poreusheden/holten groter en dieper dan 1 mm (acceptabele holtes altijd zonder scherpe overgangen)
n.v.t. 304	slink tot voorbij de profiellijn van de (grootste) spoorstaaf insluitingen (bijv. van koper bij gebruik van koperen smeltbadondersteuning)
401	bindingsfouten
5011	voor voeglassen: inkarteling voet en lijf > 0,5 mm
5011	inkarteling in de kop
n.v.t.	kerven (bijv. als gevolg van het afstropen)
n.v.t.	beschadigingen (bijv. als gevolg van inklemmen, slijpen, etc.)
n.v.t.	indrukkingen met scherpe overgangen
511	onvoldoende lasnaadvulling van de las op het basismateriaal
601	hechtlassen/ontsteekplaatsen (arc strikes)

n.v.t 602	gesmolten metaal op de voet (bijv. bij kop-reparatie) lasspatten > 1 mm en slak- of zandresten/insluitingen.
--------------	---

Tabel 4 uit RLN00451-4 – Algemene niet toelaatbare uitwendige onvolkomenheden

De specifieke eisen voor uitwendige onvolkomenheden voor bekist- en thermietlassen zijn:

Referentie naar ISO 6520-1	Niet toelaatbare onvolkomenheden bij voeglassen Zie ook de betreffende EN norm
504	<p>Overdikte thermiet-, - en bekistlassen: De overdikte van de las (over de gehele omtrek van het profiel) met een ongelijkmatige overgang matig aangevloeid op het basismateriaal. Zie figuur. Overbloezing bij overgang ziel/voet en bovenkant voet</p>  <p>Overdikte bekistlas, exclusief kop en onderkant voet: groter dan 7 mm</p>
504 515	<p>Doorlassing bekistlassen: Bij een bekistlas, aan de onderzijde van de voet, de doorlassing ongelijkmatig met een doorlassing > 5 mm. Een holle doorlassing voorbij onderkant profiel.</p>

Tabel 5 uit RLN00451-4 – Niet toelaatbare uitwendige onvolkomenheden bij bekist- en thermietlassen

Spoorstaven

Inspecteer spoorstaven of passtukken vooraf op beschadigingen (ook bramen), wals einde en als er in een project gebruikte spoorstaven mogen worden gebruikt ook op corrosie of slijtage. Immers als de startsituatie niet goed is, is het behalen van de geëiste kwaliteit lastiger. Bij afwijkingen melden bij leider werkzaamheden.

Meer weten? Zie paragraaf 3.1.12 in RLN00451-4.

5.2.5 Lassers- en bedienerscodering



Voeglassen worden gemerkt met een code voor de terugvindbaarheid. Een las zonder door de lasser ingeslagen nummer kan niet aan ProRail worden overgedragen. Het nummer bestaat uit zes digits. De eerste digit is vrij, de drie volgende geven het PtW (Permit to Weld) nummer van de lasser aan en de twee laatste het bouwjaar.

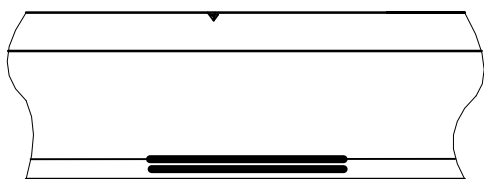
Meer weten? Zie paragraaf 3.1.11 in RLN00451-4.

Figuur 5.1: Codering

5.2.6 Markeringseisen opgelast defect

Ten behoeve van de terugvindbaarheid voor de ultrasooninspecteur moet een opgelast defect in spoor en wissels een markering krijgen door het aanbrengen van een witte streep op beide zijden van de voet (zie figuur 3) en/of aanvullend door het aanbrengen van drie liggende strepen als er reeds een ultrasoon-nummer aanwezig is, zie figuur 5.4.

Bij een nieuwe (tweede of derde etcetera) oplossing moet een nieuwe streep op de voet of nieuwe drie liggende strepen aangebracht worden naast de vorige strepen (vorige strepen niet verwijderen).



Figuur 5.2: Door lassers aan te brengen markering na herstel door oplossing van een defect zonder us-nummer



Figuur 5.3: Door lassers aan te brengen markering na herstel door oplossing van een defect met een us-nummer (nummer nooit verwijderen)

Meer weten? Zie paragraaf 3.3.4 in RLN00451-4.

5.2.7 Opstellen lasregistratie

Met de lasregistratie laat je aan het einde van je las- en slijpwerkzaamheden zien onder welke condities en voorwaarden en volgens welke werkinstructies de werkzaamheden zijn uitgevoerd. In de onderstaande tabel (bron RLN00451-4 bijlage 3) is weergegeven welke elementen verplicht deel uitmaken van de lasregistratie. Voor de schuingedrukte teksten heeft de lascoördinator bepaald of ze ook moeten worden opgenomen in de lasregistratie.

Meer weten? Zie paragraaf 5.3 in RLN00451-4.

Direct opvraagbaar door ProRail	Indirect opvraagbaar via productie documentaties-systeem	Opmerking
Status van de lasser/bediener (PtW) op moment van productie (via lasers/bedieners-code met productie jaartal of via de locatie-aanduiding en productie-documentatie-systeem)	<ul style="list-style-type: none"> • Lasbedrijf/lassembler/bediener/afdeling/adres • Lasapparatuur gegevens • Spoor(onder-)jaannemer • Opdracht/besteknummer/projectnummer • Verantwoordelijk lascoördinator • Uitvoerder • Profiel-type en materiaalkwaliteit • Mechanische oppervlaktbewerker (slijper van de lasgeometrie) • Kenmerk toegepaste lasmachine/laswagen • Nieuwe las (vernieuwing of nieuwbouw) of reparatielas • Bij reparatie: omschrijving van de onvolkomenheid • Voeglas/oppervlakte las? • Verwante lasprocessen uitgevoerd? 	<p>Aantal lassen? Las op dwarsligger?</p> <p>Laswerkzaamheden conform opdracht en regelgeving uitgevoerd?</p> <p>Profiel-, materiaalkwaliteit en/of rughelling overgang van toepassing?</p> <p>Laswerkzaamheden uitgevoerd onder ACP (ja/nee)? ACP nr./contactpersoon ProRail</p>
Productie-datum en -tijd	<ul style="list-style-type: none"> • Weerssituatie • Spoorstaaf temperatuur bij aanvang productie 	Eventueel via KNMI-web site
Locatie: baanvak, kilometrering, geocode	<ul style="list-style-type: none"> • Spoor klasse, maximum baanvaksnelheid, been (links of rechts). • Emplacement • Wisselnummer en wisselonderdeel (beweegbaar niet beweegbaar?) • Gestopt en gelicht spoor • Voegloos of voegenspoor • In de rups gelast • Prefab 	<p>Lage kilometrering in de rug</p> <p>Bekistlas in wisselconstructie > 80 km/uur?</p> <p>Documentatie prefab onderdelen beschikbaar?</p>
WPS met werkinstructie toegepast (ja/nee)	<ul style="list-style-type: none"> • WPS-nr en werkinstructie • <i>Thermiet portie /elektrode type (batch nr.)</i> • <i>Voegafmeting (standaard, breed)</i> • <i>Toegepaste mal (bijv. stepmal)</i> • <i>Als sluitlas toegepast (ja/nee)</i> • <i>Oud/oud, oud/nieuw of nieuw/nieuw situatie</i> 	Trekapparatuur en/of verwarmen toegepast? (ja/nee)
Lasgeometrie meting uitgevoerd (ja/nee)	<ul style="list-style-type: none"> • Pverticaal (QI) en Phorizontaal (rikkant in mm). • Gegevens meetapparaat 	Indien mechanisch gericht het verschil vastleggen tussen vóór en ná (gecertificeerd) mechanisch richten.
Lasinspectie rapportage (ja/nee)	<p>Algemeen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Visueel inspectierapportage volgens RLN00451-4 van lassembler/bediener of inspecteur.</i> <p>Bij oplas-reparatie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positie, diepte en lengte onvolkomenheid en lengte oplassing • Aantal reparaties uitgevoerd op dezelfde locatie 	Eventueel foto's van onvolkomenheid van voor en na reparatie

Direct opvraagbaar door ProRail	Indirect opvraagbaar via productie documentaties-systeem	Opmerking
Lasinspectie rapportage (ja/nee)	<p><i>Visuele beoordeling:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • trim-, druk-, klem- en afwerk-onvolkomenheden. • Scheuren, kerven, geometrische onvolkomenheden, thermische schade op contactvlakken <p><i>Buigbreek resultaat productie-controle voor en na de betreffende productielas</i></p>	Betreft afbrandstuiklassen volgens EN 14587-1, -2 en -3
	<p><i>Rapportage:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • dagelijkse productieregistratie op een gespecificeerde lijst en afgetekend door de thermielasbediener • NDO rapportage indien aangegeven door ProRail 	Betreft thermietlassen volgens EN 14730-2.
	<p><i>Gespecificeerde lijst met:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • afwijkingen gedurende productie • dagelijkse productie lijst 	Betreft reparatie-oplassen volgens EN 15594 (C-staal) en EN 16725 (Mn-staal) Laswerkzaamheden uitgevoerd onder ACP (ja/nee)?
NDO (oppervlakte en/of volume onderzoek) rapportage uitgevoerd (ja/nee)	<ul style="list-style-type: none"> • Reden onderzoek 	Kan zowel vóór, tijdens en/of na lasreparatie zijn US productiecontrole bij gemechaniseerd oplassen
Data acquisitie van gemechaniseerde/geautomatiseerde (las)processen (ja/nee)	<p>Voor processen zoals:</p> <ul style="list-style-type: none"> • gemechaniseerd oplassen; • afbrandstuiklassen en/of • warmtebehandeling. 	Zoals: Stroomsterkte, afgelegde weg en druk als functie van de tijd bij het afbrandstuiklassen of tijd en temperatuur (traject) bij warmtebehandelingen.

Figuur 5.5: Lasregistratie items

5.3 Voeglassen

5.3.1 Overwegen en kunstwerken

In de buurt van overwegen en kunstwerken zijn er specifieke regels vastgelegd waar een las gemaakt mag worden.

Conform OVS00056-5.1 mogen er geen metallurgische lassen worden aangebracht:

- in een overweg;
- binnen 5 meter bij overwegen in geval van vernieuwingen en nieuwbouw;
- binnen 3 meter bij overwegen in geval van onderhoud;
- binnen 6 meter van een overgang kunstwerk – aarde baan, aan de zijde van de aarde baan;
- binnen 2 meter aan de zijde van het kunstwerk en
- bij klein onderhoud binnen 4 meter vanaf de overgang tussen het kunstwerk en de aarde baan, aan de zijde van de aarde baan.

Dit betreft de lengte vanaf de overgang exclusief de eventueel aanwezige stootplaten.

Meer weten? Zie paragraaf 3.1.3 en 3.2.1 in RLN00451-4.

5.3.2 Minimale afstand tussen lassen onderling en bij spoorstaaf boorgaten

Tussen lassen onderling en tussen gaten in de ziel en lassen zijn regels vastgelegd waar een las gemaakt mag worden. De onderlinge afstand tussen metallurgische voeglassen, ES-lassen, temperatuurlassen of compensatiesystemen (einde van de compensatielas) moet minimaal 3 m zijn. De afstand tussen een voeglas en een gat in de ziel (bijvoorbeeld de gaten van een lasplaatverbinding) van de (bestaande/nieuwe) spoorstaaf moet minimaal 0,12 meter zijn.

Meer weten? Zie paragraaf 3.2.2 in RLN00451-4.

5.3.3 Gebruik van trekapparatuur of verwarmingsapparatuur

Bij het maken van sluitlassen in de baan in voegloos spoor moet er bij temperaturen lager dan de neutraaltemperatuur (de temperatuur waarop spoor wordt gebouwd om spoorspatting te voorkomen) trekapparatuur of verwarmingsapparatuur worden gebruikt bij de sluitlas.

Meer weten? Zie paragraaf 3.2.3 in RLN00451-4.

5.3.4 Hoogteverschil

Slijtage

Met de standaard SoW-5 las mag 0 tot 3 mm hoogteverschil gelast worden. Voor grotere hoogteverschillen in het onderhoud zijn steps van 6 mm vrijgegeven waar de voet en ziel evenredig zijn verschoven. Hiermee kunnen we hoogteverschillen van 6 +/- 3mm overbruggen. Let op! Voor bepaalde kwaliteiten spoorstaven dient een ACP te worden ingediend.

Gefreesde passtukken

Een nieuwe spoorstaaf of nieuw passtuk UIC54 is 159 mm hoog en mag tot maximaal 13 mm slijten. De onderhoudswaarde / interventiewaarde (OW) IW = 15 mm. Het verschil is groter dan 9 mm en kan dus niet met een step worden gelast. De enig juiste oplossing is dan om een gefreesd passtuk te gebruiken.

Meer weten? Zie paragraaf 3.2.4 en 3.2.5 in RLN00451-4.

5.3.5 Maximum slijptemperatuur

Na het lassen zal een voeglas moeten afkoelen en zal een las fijngeslepen worden om aan de geometrie eisen te voldoen. Bij een egaal verdeelde warmte over het te slijpen gebied krimpen de las en spoorstaaf overal gelijk. Let op! Bij het fijnslijpen willen we de temperatuur lager of gelijk aan 50°C hebben om lokale krimp te beperken!

Meer weten? Zie paragraaf 3.1.8 in RLN00451-4.

5.3.6 Lasgeometrie voeglassen

Na het fijnslijpen van voeglassen moeten de voeglassen aan de voorgeschreven geometrie voldoen. De meetwaarde van de steilste helling in de geometrie wordt uitgedrukt in een quality index (QI) en is snelheidsafhankelijk. De QI (Quality Index) geeft een waarde die gerelateerd is aan de hellingshoek van het uitgevoerde slijpwerk.

De pijlwaarde moet verticaal ≤ 1 zijn en wordt gemeten met de elektronische meetrei. De horizontale pijlwaarde (Ph) wordt eveneens met de elektronische meetrei gemeten, maar kan in bogen ook met een geijkte stalen meetrei met voelmaatjes worden gemeten.

- Boven de 80km/h moet de Ph liggen tussen -0,5 en +0,5 mm.
- Tussen de 40km/h tot en met 80km/h Ph = -0,7 tot +0,7 mm.
- Onder de 40km/h Ph= -1.0 tot 1,0 mm.
- Let op! Hou er rekening mee dat de Ph-waarde in een boog beïnvloed wordt door de boogradius. Omdat de spoorstaaf in een boog krom loopt (horizontaal bol of juist hol), meet je dat ook als je er een rechte meetrei tegenaan houdt.

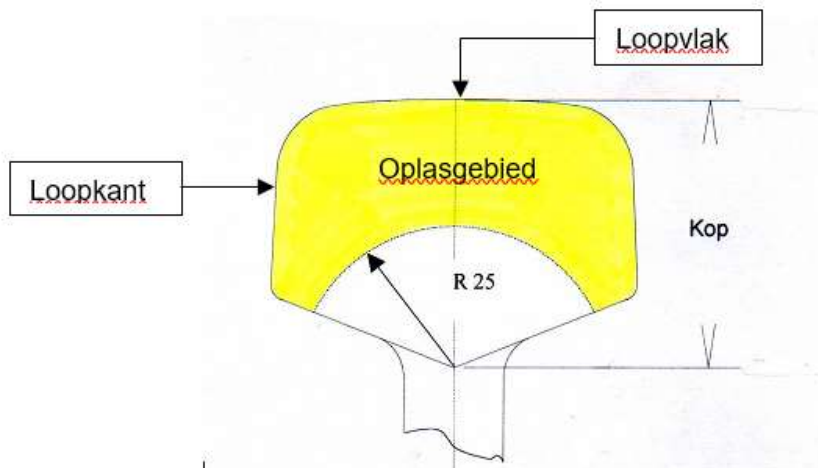
Meer weten? Zie paragraaf 3.1.10 in RLN00451-4.

5.4 Oplassen

5.4.1 Oplassen in spoorstaven en tussenspoorstaven

Er zijn situaties waar onder bepaalde voorwaarden kan worden opgelast of waarvoor een ACP nodig is. Weet welk materiaal je gaat oplassen en of dat toegestaan is.

1. Het is niet toegestaan om spoorstaven op te lassen over een lengte van meer dan 150 mm.
2. Oplassingen mogen alleen uitgevoerd worden in de kop van de spoorstaaf. In de figuur is het gebied aangegeven waarin het oplassen uitgevoerd mag worden.



Figuur 5.4: Oplasgebied spoorstaafkop

Indien de maximale toegestane maat van 20 mm diep niet afdoende is voor het oplaswerk, dan moet dit worden gemeld bij de lascoördinator. Hij moet toestemming vragen middels een ACP00451.

Indien een eerder gerepareerd gedeelte binnen de op te lassen zone valt, moet de oude las als defect worden beschouwd en worden verwijderd.

3. De minimale afstand tussen twee oplassingen, ongeacht de lengte van de oplassing, is 3 m. Er mag wel een oplassing worden gemaakt binnen 3 meter aan beide zijden van een ES-las, GL-las, temperatuurlas, thermietlas, bekistlas, afbrandstuiklas, compensatielas, compensatie-inrichting, brugovergang of (Cembre)gat in het lijf van de spoorstaaf.

Meer weten? Zie paragraaf 3.2.2 in RLN00451-4.

5.4.2 Oplassen van wisseldelen

Er zijn situaties waar onder bepaalde voorwaarden kan worden opgelast of waarvoor een ACP nodig is. Weet welk materiaal je gaat oplassen en of dat toegestaan is.

- a. Voordat er opgelast mag worden, moet de ligging worden hersteld. De geometrische ligging van de op te lassen wisseldelen dient te voldoen aan ISV00451.
 - b. Alle bevestigingsmiddelen en liggende bouten dienen aantoonbaar aanwezig te zijn en vast te zitten.
 - c. Loszittende kabels moeten worden vastgezet en/of hersteld. Bij het oplassen mogen ze worden losgehaald of ze moeten worden afgedekt om verbranding te voorkomen.
1. Voor wissels geldt in het algemeen dat er aan bewerkte delen niet mag worden opgelast, behalve aan delen zoals punt- en kruisstukken die door een strijkgregel zijn afgedekt.
 2. De maximale oplasdiepte is gelijk aan die van spoorstaven: 20 mm.

3. Het oplassen van (delen van) een halve tongbeweging, van een beweegbaar punt- of kruisstuk en van delen die niet worden afgedekt door een strijkregel en/of vleugel is niet toegestaan. Voor noodgevallen of levensduurverlenging voor saneringen dient een ACP te worden ingediend.
4. Een oplassing met een lengte van meer dan 150 mm bij een vast punt- of kruisstuk inclusief aangelaste benen en/of strijkregel, is toegestaan als:
 - a. deze wordt afgedekt door een strijkregel en/of vleugel (van het naastgelegen puntstuk);
 - b. de maximale lengte van de oplassing op een geconstrueerd puntstuk maximaal 1 m bedraagt;
 - c. de maximale lengte van de oplassing op een geconstrueerd kruisstuk 0,5 meter bedraagt per zijde (weerszijden van de knik);
5. Het oplassen van strijkregels van kruisstukken is toegestaan. Er wordt geen limiet gesteld voor de oplaslengte.
6. Aan de lengte van de oplassing in het mangaanstalen blok van mangaanstalen punt- en kruisstukken wordt geen limiet gesteld.
7. Een oude oplassing en onvolkomenheden in wisseldelen dienen te worden verwijderd (beoordelen volgens werkinstructie voor bijvoorbeeld vlamdetectie).

Meer weten? Zie paragraaf 3.3.3 in RLN00451-4.

5.4.3 Oplassen detectierupsen

Detectierupsen (oppervlakte contactverbetering) mogen enkel worden aangebracht op spoorstaven R260Mn.

Meer weten? Zie paragraaf 3.3.5 in RLN00451-4.