

Uitgebreide Theoretische Onderbouwing & Berekeningen: Blok 1 (Week 1-10)

Project: Start beroepstaak Hoekklem (MBO Niveau 2 Metaal / BBL)

Onderwijsinstelling: Gilde Opleidingen

Hoofdstuk 1: Lassen en lasprocessen

Lassen is het permanent verbinden van materialen door middel van warmte en/of druk. Bij de hoekklem passen we **smeltlassen** toe, waarbij het basismateriaal lokaal vloeibaar wordt gemaakt.

- **MIG/MAG (Proces 135):** Dit is het primaire proces voor de hoekklem constructie. Er wordt gewerkt met een afsmeltende draadelektrode die automatisch wordt aangevoerd. Bij constructiestaal (S235JR) spreken we van **MAG-lassen** (Metal Active Gas), omdat we een actief beschermgas gebruiken: **Menggas (85% Argon / 15% CO₂)**. Dit gas beschermt het vloeibare lasbad tegen de buitenlucht (zuurstof en stikstof).
 - **BMBE (Proces 111):** Booglassen met beklede elektrode. Dit handmatige proces gebruikt geen gasfles. De bekleding van de elektrode smelt en vormt een beschermende gaswolk én een slaklaag op de lasrups. De slak beschermt de afkoelende las en moet na afloop met een bikhamer worden verwijderd.
 - **TIG (Proces 141):** Lassen met een niet-afsmeltende wolfraamelektrode onder het inerte beschermgas **Argon (100%)**. Toevoegmateriaal wordt handmatig met de andere hand in het lasbad ingebracht. Dit proces is zeer schoon en spatvrij, perfect voor fijnmechanische passingen.
-

Hoofdstuk 2: Elektrotechniek & Lasstroomberekening

Bij elektrisch booglassen wordt de netspanning (230V of 400V) in de lasstroombron getransformeerd naar een veilige, lagere lasspanning (U in Volt) en een zeer hoge stroomsterkte (I in Ampère).

- **De Elektrische Boog:** Ontstaat door een gecontroleerde kortsluiting. De stroom stroomt door de ionized gassen (plasma) tussen de toorts en het werkstuk, wat temperaturen tot 6000 °C oplevert.
- **Volt (Spanning):** Bepaalt de booglengte en de breedte van je las. Bij MAG-lassen stel je dit in op de machine.
- **Ampère (Stroomsterkte):** Bepaalt de inbrandingsdiepte en de smeltsnelheid van de draad. Hoe dikker het materiaal, hoe hoger het amperage.

Praktijkberekening Lasstroomsterkte (MAG)

Voor de dikkere onderdelen van de hoekklem (basisplaat en geleidingsstrippen van **6 mm** dik) gebruiken we een lasdraad van **Ø 1,0 mm**.

- **Vuistregel MAG-lassen:** Per millimeter plaatdikte is er ongeveer 30 tot 40 Ampère stroom nodig.
- **Berekening:**
$$\text{\$}\text{\$}\text{\text{Minimaal Amperage}} = 6\text{\text{ mm}} \times 30\text{\text{ A}} = 180\text{\text{ A}}\text{\$}\text{\$}$$
$$\text{\$}\text{\$}\text{\text{Maximaal Amperage}} = 6\text{\text{ mm}} \times 40\text{\text{ A}} = 240\text{\text{ A}}\text{\$}\text{\$}$$
- **Praktijkinstelling:** Omdat de hoekklem een relatief klein werkstuk is dat snel warmte ophoopt, starten we op de lasmachine bij Gilde met een veilige, stabiele instelling van **140 tot 160 Ampère** (Short-arc / kortsluitboogbereik) om doorbranden te voorkomen.

Hoofdstuk 3: Metalen en hun gedrag bij het lassen

De hoekklem wordt gefabriceerd uit **S235JR** (ongelegeerd constructiestaal, in de volksmond 'Satijnen staal' of 'Staal 37' genoemd).

- **Codeverklaring S235JR:**
 - **S:** Constructiestaal (Structural Steel).
 - **235:** Minimale vloeigrens van 235 N/mm² (het punt waarop het staal permanent gaat vervormen bij belasting).
 - **JR:** Kerftaaiheid aangetoond bij een slagwerktest van 27 Joule bij +20 °C.
- **Koolstofequivalent (CEV):** Ongelegeerd staal heeft een laag koolstofpercentage (< 0,22%). Hierdoor is het staal uitstekend lasbaar en is er **geen voorverwarming** nodig om hardingsscheuren te voorkomen.
- **De Walshuid:** Tijdens het warmwalsen in de fabriek ontstaat er een blauw-zwarte oxidelaag op het staal. Deze laag geleidt elektriciteit slecht en vervuult het lasbad.
Harde eis voor de hoekklem: Slijp de laszones vooraf 100% blank met een lamellenschijf tot er een zilverkleurig oppervlak ontstaat.

Hoofdstuk 4: Constructie, Ontwerp & Boorberekening

De hoekklem moet mechanische krachten opvangen wanneer je er werkstukken in vastklemt. Een goede lasnaadgeometrie is daarvoor essentieel.

- **Laspositie:** We lassen de geleidingsstrippen op de basisplaat in de **PB-positie** (staand-hoeklas onder de hand).
- **De Keeldoorsnede (a-hoogte):** Dit is de kortste afstand van de laswortel tot de buitenzijde van de hoeklas.
- **Berekening vereiste lasdikte (a-hoogte):**

$$a = 0,7 \times \text{dikte dunste plaat}$$

$$a = 0,7 \times 6 \text{ mm} = 4,2 \text{ mm}$$

De lasrups moet dus een minimale dikte/hoogte van 4,2 mm hebben om de constructieve sterkte te garanderen.

Praktijkberekeningen Verspanen (Boren & Toerental)

Voor het spindelblok van de hoekklem moet er een gat geboord worden waar we naderhand **M10 schroefdraad** in gaan tappen. Daarnaast moeten er gaten van **Ø 12 mm** in de basisplaat geboord worden voor de montage.

1. Voorboordiameter berekenen voor de M10 Tap

- **Formule:**

$$\text{Boordiameter} = \text{Nominale diameter draad} - \text{Spoed (spoed M10 standaard = 1,5 mm)}$$

$$\text{Boordiameter} = 10 \text{ mm} - 1,5 \text{ mm} = 8,5 \text{ mm}$$

*Voor het spindelblok gebruiken we dus exact een **Ø 8,5 mm** boor.*

2. Toerental berekenen voor de Ø 12 mm boor (HSS boor in S235 staal)

- **Gegevens:**
 - Diameter boor (d) = 12 mm
 - Snij snelheid (v_c) voor HSS boor in constructiestaal = 22 meter/minuut (volgens tabellenboek)
 - $\pi \approx 3,14$
 - **Formule Toerental (n in omwentelingen per minuut):**

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times d}$$
 - **Berekening:**

$$n = \frac{22 \times 1000}{3,14 \times 12} = \frac{22000}{37,68} \approx 584 \text{ omw/min}$$
 - **Praktijkinstelling:** Stel de kolomboormachine op de Gilde-werkplaats in op het toerental dat hier het dichtst bij ligt (bijvoorbeeld **550 of 600 omw/min**). Gebruik altijd boorolie/koelvloeistof.
-

Hoofdstuk 5: Krimp en vervormen

Bij het lassen breng je lokaal extreme hitte in het metaal. Bij afkoeling krimpt het metaal, wat leidt tot vervorming.

- **Dwarshrimp:** Bij de hoekklem zorgt de hoeklas ervoor dat de geleidingsstrippen naar binnen worden getrokken. De hoek wordt kleiner dan 90 graden.
 - **Langshrimp:** De lasnaad krimpt in de lengterichting, wat de basisplaat kan laten kromtrekken (banaan-effect).
 - **Beheersing bij de Hoekklem (Cruciaal voor Niveau 2):**
 1. **Hechten (Tack welding):** Plaats aan de voor-, midden- en achterzijde van de strip korte hechtlassen van ca. 8 mm. Dit fixeert de onderdelen.
 2. **Tegenvervormen:** Klem de strip vooraf vast in een hoek van **91 of 92 graden** met behulp van een hulpstuk. Tijdens het aflassen trekt de krimp de strip exact naar de vereiste **90 graden**.
 3. **Lasvolgorde:** Las niet in één keer door van links naar rechts. Las van het midden naar buiten, of wissel de zijden constant af om de warmte-inbreng symmetrisch te verdelen.
-

Hoofdstuk 6: Lasonderzoek (Kwaliteitscontrole)

Om te controleren of de hoekklem aan de gestelde kwaliteitseisen voldoet, passen we twee methoden toe:

- **Visueel Onderzoek (VT - Visual Testing):** Dit is de belangrijkste methode op Niveau 2. Met behulp van een lasnaadmeter (beoordelingsmal) controleren we:
 - De a-hoogte (is deze overal minimaal 4,2 mm?).
 - De symmetrie en regelmaat van de lasrups.
 - De afwezigheid van zichtbare oppervlaktefouten.
 - **Niet-Destructief Onderzoek (NDO):** Onderzoek waarbij de hoekklem bruikbaar blijft. Op school leer je de basis van:
 - **Penetrant onderzoek (PT):** Er wordt een rode vloeistof op de las gespoten die in onzichtbare oppervlakteschouwen dringt. Na het reinigen trekt een witte ontwikkelaar de rode vloeistof uit de scheur, waardoor deze direct zichtbaar wordt.
-

Hoofdstuk 7: Kwaliteit (Foutenherkenning)

Een las is pas kwalitatief goed als deze vrij is van onvolkomenheden die de sterkte van de hoekklem nadelig beïnvloeden. We onderscheiden drie hoofdfouten:

1. **Randinkerving (Undercut):** Een smalle groef in het basismateriaal direct langs de rand van de las. **Oorzaak:** Een te hoge stroomsterkte (te veel hitte) of een verkeerde hoek van de lastoorts. **Gevolg:** Verzwakking van de constructie en kans op scheuren onder belasting.
2. **Porositeit (Gasbellen/Slakken):** Kleine holtes (gaatjes) in de lasrups. **Oorzaak:** Te weinig beschermgas (door tocht in de werkplaats), een te grote afstand tussen de toorts en het werkstuk, of lassen over roest/walshuid.
3. **Bindingsfouten (Plakfouten):** Het lasmetaal ligt wel op het basismateriaal, maar is er niet mee samengesmolten. **Oorzaak:** Een te lage stroomsterkte, een te hoge lassnelheid, of het niet goed blank slijpen van de walshuid.

Hoofdstuk 8: Veiligheid en gezondheid (ARBO)

Werken in de metaalwerkplaats brengt risico's met zich mee. Veilig werken is een harde beoordelingseis bij Gilde Opleidingen.

- **Optische Straling:** De elektrische boog produceert schadelijke UV- (ultraviolet) en IR- (infrarood) straling. UV-straling veroorzaakt binnen enkele seconden 'lasogen' (verbrande hoornvlies) en verbranding van de huid. **Bescherming:** Draag altijd een laskap met automatische cassette ingesteld op **kleur/DIN-factor 10 of 11** voor het berekende amperage. Draag lederen lasmouwen of een vlamvertragende overall.
- **Lasrook:** Bij het MAG-lassen komen schadelijke metaaldampen vrij. **Bescherming:** Positioneer de **bronafzuiging** (de flexibele afzuigarm) op maximaal 30 cm schuin boven de laszone. Zorg dat de rook van je gezicht áf wordt gezogen.
- **Mechanische risico's (Slijpen en Boren):** Bij het ontbramen van de hoekklem met de haakse slijper vliegen gloeiende metaaldeeltjes in het rond. **Bescherming:** Draag een **goedgekeurde veiligheidsbril** (of gelaatsscherm). *Belangrijk:* Draag **geen** handschoenen bij het werken aan de kolomboormachine, omdat de draaiende boor de handschoen kan grijpen en je hand mee kan trekken.