



**L'atelier
paysan**

COOPÉRATIVE
D'AUTOCONSTRUCTION

Handleiding voor de werkplaats

Lassen – Boren
Zagen – Algemene tips
Lijst van termen – Uitrusting van de werkplaats
Aspecten van metallurgie en sterkteleer

Laatste update: 04/10/2018

Vertaling: 27/02/2019

Inhoudstafel

I.	Inleiding	3
II.	Booglassen	3
a.	Principe	3
	Ontsteking en behoud van de boog.....	4
b.	Keuze van de diameter van de elektrode	4
c.	Regeling van de stroomsterkte	4
d.	Plus en min- pool	5
e.	Vorbereiding werkstuk	5
f.	Puntlassen	5
g.	Houding van de elektrode	6
h.	Een gat dichtmaken/vergroten.....	8
i.	Controle van de las	9
j.	Veiligheid	10
k.	De lasnaad reinigen	10
III.	Boren	10
a.	De verschillende boormachines	10
b.	Soorten boren.....	11
c.	De boor	11
d.	Montage van de boor	12
e.	Toerental	13
f.	Vorbereiding op het boren	14
g.	Smering.....	14
h.	Tappen.....	14
i.	Magnetische boormachines	15
j.	Veiligheid	15
IV.	Algemene tips in de werkplaats	16
a.	Aftekenen	16
b.	Zagen	16
c.	Boren	18
VI.	Extra	19
a.	Prijs van machines: grootte-orde (in € zonder BTW)	19
b.	Staalmetallurgie:.....	19
c.	Lijst van termen	20
	20	
d.	Sterkteleer:	21

I. Inleiding

Deze handleiding, die werd opgesteld door het team van Atelier Paysan, is bedoeld als een theoretisch hulpmiddel voor zelfbouwers van machines.

Ze is niet volledig, maar vormt een essentiële basis om door te nemen, om vaardigheden te verwerven in metaalbewerking. Deze handleiding werpt een eerste blik op de technieken en wetmatigheden die komen kijken bij lassen, boren, zagen enz.

Bij metaalbewerking is een theoretische basiskennis van essentieel belang. Niets is echter beter dan observatie en praktijk om u de technieken eigen te maken. Probeer terwijl u werkt, de juiste vragen te stellen wanneer niet alles werkt zoals zou moeten volgens de theorie. Op een werf spelen vele parameters een rol: het weer, de staat van de machines, de toestand van de stukken die we willen bewerken...

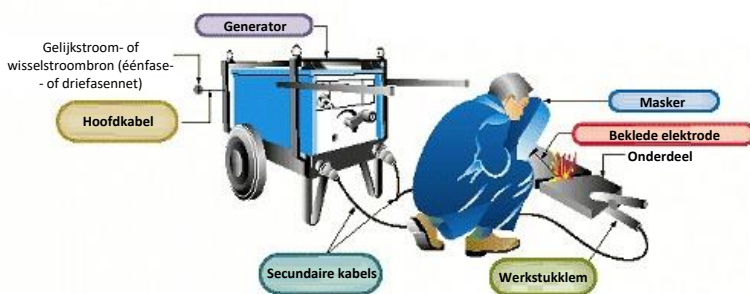
U beschikt al over een basiskennis en op onze stages wordt u de praktijk bijgebracht. U heeft dus alle troeven in handen om van start te gaan met de zelfbouw van machines!

II. Booglassen

a. *Principe*

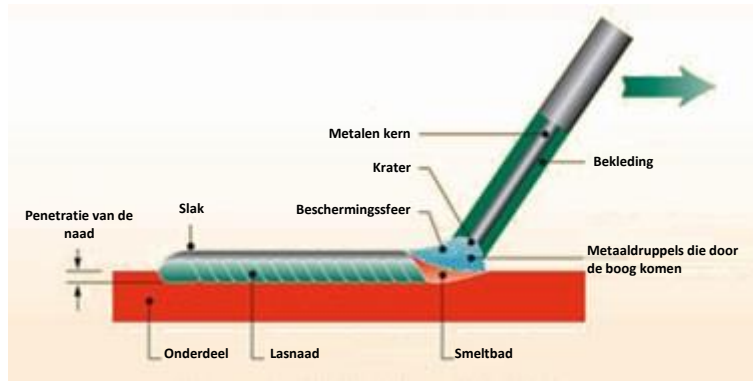
Het lasprincipe bestaat erin het metaal van elk te verbinden werkstuk te verwarmen tot boven de smelttemperatuur. Bij de afkoeling van het smeltbad, dat zich aan de rand van de twee stukken bevindt, wordt door de las een continuïteit van de materie gecreëerd. De twee onderdelen worden dus samengesmolten.

Bij het lassen maken we gebruik van een **kortsluiting tussen de + en - polen** van het lasapparaat. Eén pool is via de massaklem verbonden met het te lassen werkstuk, de andere pool is verbonden met de beklede elektrode. De kortsluiting veroorzaakt een **vlamboog** die een intense warmte (3600 °C) en een fel licht produceert.



De **beklede elektrode** bestaat uit een kern en de bekleding. De **kern** is het toevoegmateriaal van de las. De gebruikte kern bestaat gewoonlijk uit hetzelfde metaal als de werkstukken die we willen verbinden. Uitzonderlijk kan een beroep gedaan worden op enkele andere mogelijkheden (bijvoorbeeld gietijzer lassen met een elektrode in roestvrij staal). De **bekleding** werkt het ontstaan van de boog in de hand, beschermt het smeltbad en stabiliseert de boog door een gasvorm aan te nemen.

Er bestaan meerdere soorten elektrodebekledingen, met verschillende kenmerken en toepassingen. De meeste elektroden hebben een **rutielbekleding (R)**, maar er zijn ook elektroden met een oxiderende bekleding (O, mooi van uitzicht maar met zwakke mechanische eigenschappen), een zure bekleding (A, idem als oxiderend, voor het lassen van dunne staalplaten), een basische bekleding (goed mechanisch vermogen, maar de elektroden moeten gedroogd worden voor gebruik).



Ontsteking en behoud van de boog

Voor de ontsteking van de boog volstaat het om **met de elektrode over het werkstuk te strijken**, en er zo snel mogelijk overheen te gaan, om te vermijden dat ze blijft vastkleven. Het vastkleven wordt in de hand gewerkt als de elektroden vochtig zijn of de stroom te zwak is.

De stabiliteit van de boog is afhankelijk van de **lengte van de boog** en van de eigenschappen van de omgeving en van de elektriciteit.

b. Keuze van de diameter van de elektrode

Dikte onderdeel (mm)	<1,5	Van 2 tot 3	Van 3 tot 5	Van 5 tot 8	>8
∅ elektrode	1,6	2	2,5	3,2	4

Om een kleine spleet tussen twee werkstukken op te vullen, kan een dikkere elektrode gebruikt worden, om meer materie toe te voegen.

c. Regeling van de stroomsterkte

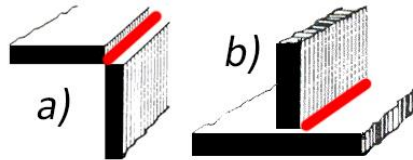
De regeling van de stroomsterkte is afhankelijk van **de dikte van de te lassen werkstuk, de diameter van de elektrode, de laspositie, het type constructie, de warmte van het werkstuk...**

Er bestaan tabellen om de juiste stroomsterkte te kiezen in functie van sommige van deze parameters. Gewoonlijk kunnen we bij lassen uitgaan van het volgende:

$$I = 50 * (\text{Diameter}_{\text{elektrode}} - 1)$$

We hebben dan 110 A voor een diameter van 3,2 mm en 75 A voor 2,5.

Voor buitenhoeklassen (a) wordt dit met 20% verminderd. Voor binnenhoeklassen (b) wordt dit met 20% vermeerderd.



Bij een **te zwakke stroomsterkte** is de ontsteking moeilijk, is er **onvoldoende inbranding** en is er **slakinsluiting**.

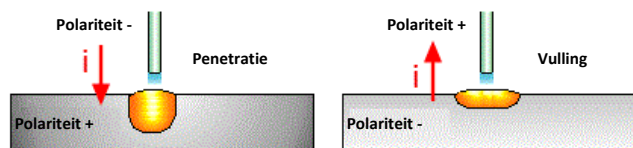
Een **te hoge stroomsterkte** vergemakkelijkt de ontsteking, maar leidt tot een snellere afsmelting van de elektrode, **overvloedig spatten**, las 'zakt uit' (breed en te ondiep), randinkarteling en **degradatie van de bekleding**.

De regeling van de stroomsterkte moet vooral zonder aarzelen regelmatig gewijzigd worden volgens de parameters vermeld aan het begin van de pagina.

d. Plus en min- pool

Met welke pool van het (inverter) lastoestel verbind je de elektrode?

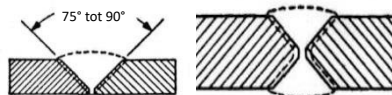
- Directe polariteit: **verbind de elektrode met de min-pool**. Het smeltbad is smal en diep. Deze polariteit, die het meest gebruikt wordt, vergemakkelijkt de inbranding. De massaklem zit dus op de plus.
- Omgekeerde polariteit: **verbind de elektrode met de plus-pool**. Het smeltbad is breed en ondiep, wat handig is voor het lassen van dunne platen. De elektrode is zeer heet. De massaklem zit dus op de min.



Afbeelding: bij gelijkstroom stromen de elektronen (i) continu van de min- naar de plus- pool

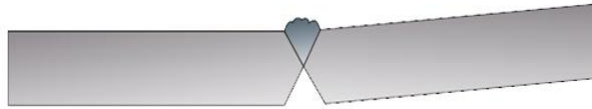
e. Voorbereiding werkstuk

Vóór het laswerk aangevat wordt, is een **ontvetting van het oppervlak** wenselijk. Het werkstuk kan zelfs afgeslepen worden tot het metaal zichtbaar is (bijvoorbeeld in het geval van een gelakt oppervlak). Om dikke platen te lassen **wordt aanbevolen de te verbinden stukken af te schuinen**: tot een V-naad tussen 4 en 15 mm dikte, en X-vormig bij nog grotere dikte.



f. Puntlassen

Wanneer het metaal afkoelt na het lassen, krimpt het, waardoor de gewenste constructie vervormd kan worden.



Er wordt een hoekvormige vervorming veroorzaakt door de las

Om dit probleem te verhelpen wordt **de constructie eerst gepuntlast** voordat de naden volledig gelast worden. Eén mogelijkheid is om op verschillende plaatsen zo snel mogelijk punten te lassen, opdat de vorige punten niet de tijd krijgen om af te koelen en te krimpen.

Zodra het puntlassen voltooid is **wordt de constructie gecontroleerd** (vlak, loodrecht,...). Als de controle bevredigend is, kunnen de naden worden gelast. Als dit niet zo is, worden de laspunten doorgeslepen en wordt opnieuw begonnen.

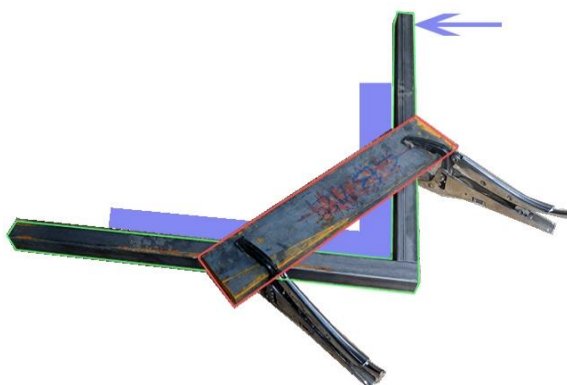
Er kan ook gebruik gemaakt worden van een mal waarop de onderdelen in de gewenste opstelling vastgezet worden. Hierdoor beschik je over de nodige tijd voor het puntlassen, en verzeker je dat de juiste opstelling behouden wordt. Als mal kan dienen een complexe constructie, of gewoon tussenschotten, een winkelhaak, een plat ijzer... De constructie wordt in de juiste positie gehouden met klemgereedschap zoals een schroefklem, een veerklem of een hoekklem.

Mogelijke werkwijze: montage met een stuk plat ijzer:

Twee werkstukken kan je in één vlak monteren met behulp van een plat ijzer en twee klemmen (schroefklemmen, veerklemmen).

Maak gebruik van een plat ijzer (op de tekening rood omlijnd) dat voldoende breed en dik is (in dit geval 80x10), om ervoor te zorgen dat de werkstukken (groen omlijnd) in hetzelfde vlak blijven.

Zodra de stukken vastgezet zijn, moet alleen nog de rechte hoek (in het paars weergegeven) gecontroleerd worden. Corrigeer door ter hoogte van de pijl te tikken.



g. Houding van de elektrode

De houding van de elektrode gekenmerkt door:

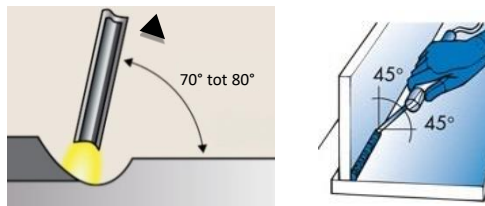
- **(a) De hellingshoek** van de elektrode
- **(b) Voortgang:** de snelheid waarmee de **elektrode beweegt in de richting (weg) van de naad**

- (c) De zwaaiende beweging langs het smeltbad
- (d) **Lengte van de vlamboog:** de snelheid waarmee je de **elektrode richting smeltbad beweegt**, naarmate de kern van de elektrode afsmelt. Bedoeling is een vlamboog van constante lengte te behouden (met ongeveer dezelfde diameter als de elektrode).

Tip voor beginners: Om de juiste lengte van de vlamboog in de vingers te krijgen (beweging (d)), kan je tijdens het lassen contact zoeken tussen elektrode en werkstuk. Behoud dit contact door de elektrode gelijkmatig richting smeltbad te bewegen naarmate ze afsmelt (terwijl je tegelijkertijd de beweging in (b) aanhoudt). Je voelt de bekleding van de elektrode als het ware schuren tegen het te lassen stuk. Zodra het wat vlotter gaat, beweeg je de elektrode met dezelfde snelheid richting smeltbad, maar met een iets langere boog.

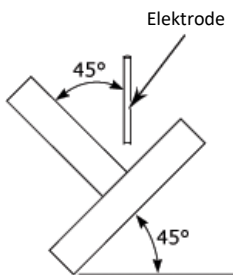
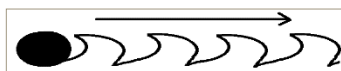
De lasser maakt de lasnaad altijd **door de elektrode naar zich toe te trekken (dus weg van de lasnaad)**. De elektrode moet een **hoek van ongeveer 80°** vormen met het lasvlak (zie afbeelding onder). Met deze hoek wordt de **slakinsluiting** in het smeltbad voorkomen, die zou optreden bij een stompere hoek. Bij een scherpere hoek wordt de boog te weinig naar het metaal gericht en is het smeltbad oppervlakkig: te weinig **inbranding** en te veel spatten op het werkstuk.

Bij lassen van stukken die in een zeer scherpe hoek (<30°) aan elkaar gezet worden, kan de hellingshoek verkleind worden om de slakvorming weg te 'blazen'. Om toch voldoende inbranding te krijgen, verhoog je in dit geval de stroomsterkte.



Bij hoeklassen moet de hoek van de elektrode tot de twee te lassen stukken gelijk zijn (twee keer 45° in geval van een loodrechte verbinding). Als één stuk echter dikker is dan het andere, kan het beter zijn om de **boog naar dit dickere stuk te richten** (dus de hoek tussen het dikke stuk en de elektrode te vergroten).

De elektrode kan je **zwaaien langs het smeltbad** (zie afbeelding onder). Zo wordt het smeltbad (en dus ook de toekomstige lasnaad) verbreed, en verzeker je een goede continuïteit van de materie. Deze zwaaibeweging is optioneel, maar wordt noodzakelijk als er een kleine afstand is tussen de te lassen stukken, om te voorkomen dat de vlamboog het smeltbad doorheen de opening blaast.



Bij hoeklassen is het belangrijk om voldoende de tijd te nemen voor de opstelling van de constructie. Kantel de stukken indien mogelijk. Zo kan je de elektrode verticaal houden, en kan de las gemakkelijker getrokken worden. Bovendien zorgt de zwaartekracht ervoor dat het smeltbad in gelijke mate het afsmeltende metaal van beide werkstukken opneemt.







h. Een gat dichtmaken/vergroten

Om **een gat dicht te maken** wordt de stroomsterkte verminderd, met de elektrode naar de materie gericht. De eenvoudigste werkwijze is het schoksgewijs tot stand brengen van de boog, opdat het smeltbad de tijd krijgt om een beetje af te koelen en te stollen voordat het lassen hervat wordt (niet teveel, anders is er gevaar op slakinsluiting).

Om **een gat te vergroten** wordt de stroomsterkte verhoogd, en wordt de elektrode naar het gat gericht zodat het smeltend metaal daar doorheen geblazen wordt.

Snijbranden: met een elektrode van $\varnothing 2,5\text{mm}$ en 160A (bijvoorbeeld), kan het lasapparaat zelfs gebruikt worden als plasmatoorts, om gaten te maken of stukken volledig door te branden.

i. Controle van de las

Goede lasnaad	Te weinig stroomsterkte	Te veel stroomsterkte	Te snelle voortgang	Te langzame voortgang	Te lange boog
					
<ul style="list-style-type: none"> • Harmonieuze naad • Schoon en regelmatig uitzicht • Optimale inbranding 	<ul style="list-style-type: none"> • Zwakke inbranding • Lasnaad staat bol • Slakinsluiting • Elektrode blijft vastkleven 	<ul style="list-style-type: none"> • Sterke inbranding • Randinkarteling • Overvloedig spatten langs lasnaad • Smeltbad zakt in: als gevolg zit bovenkant lasnaad dieper dan oppervlak werkstuk 	<ul style="list-style-type: none"> • Slechte inbranding • Smalle en onregelmatige lasnaad, in de vorm van lange strepen 	<ul style="list-style-type: none"> • Sterke inbranding • Smeltbad zakt in: als gevolg zit bovenkant lasnaad dieper dan oppervlak werkstuk 	<ul style="list-style-type: none"> • Brede en ondiepe lasnaad • Onregelmatig uitzicht • Overvloedig spatten

j. Veiligheid

Stralingen afgegeven door de vlamboog: bedek alle delen van het lichaam, gebruik een laskap om je ogen te beschermen tegen het felle licht.

Brandwonden: draag stevige, brandwerende handschoenen en kledij. Een gelast werkstuk is heet: neem het vast met een tang. Als je handschoenen toch heet worden door de hitte van het stuk, doe ze snel af.

Gas dat vrijkomt uit de elektrode en het werkstuk (stikstofhoudende dampen, zeer gevaarlijke oxiden): zorg voor een goede ventilatie of verluchting.

Het risico op elektrische schokken is klein want de spanning is laag. Er is meer risico in natte omstandigheden en knielend of liggend op de grond.

Magnetische velden: plaats de massaklem zo dicht mogelijk bij het werkstuk.

k. De lasnaad reinigen

Als de lasnaad voltooid is, moet de aan het oppervlak gevormde **slak verwijderd** worden (waarvan de functie de bescherming van het smeltbad was). Hiervoor bestaat een speciaal soort hamer: de **bikhamer**. Daarna kunnen de laatste resten verwijderd worden met een **staalborstel**.

Als je **meerdere elektroden** nodig heb voor één lasnaad, moet je tussendoor **telkens** de slak afbikken en afborstelen. Met de volgende elektrode, **overlap** je minstens 1 cm van de vorige las.



Bij het afbikken van de slak kunnen (hete) delen wegvliegen. Veiligheidsbril of laskap gebruiken!

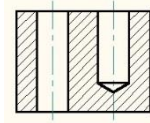
III. Boren

a. De verschillende boormachines

- Draagbare boormachines:
 - Elektrisch: Ø max: 13 mm, montage mogelijk op een houder, om recht te boren
 - Pneumatisch: Ømax: 13 mm
 - Elektromagnetisch: Ømax. 60 mm, bevestiging (met magneet) op het te boren onderdeel
- Kolomboormachine: Ømax. 50 mm
 - Delicate machines
 - Er zijn machines met automatische regeling van het toerental
 - Radiaalboormachines

b. Soorten boren

- Spiraalvormige boren



- Centreerboren



- Afschuiningsfrezen



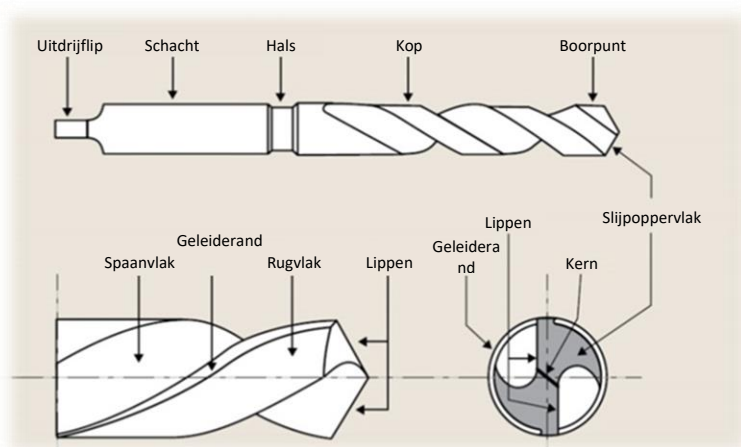
- Verzinkfrezen



c. De boor

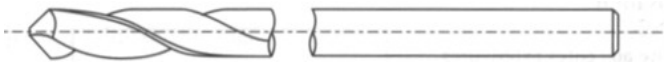
Soorten boren onderscheiden zich door:

- de **vorm**, afhankelijk van het te boren materiaal (staal, beton, hout, glas)
- het **materiaal**: bepalend voor de kwaliteit van de boor
SS (=ARO): Gewoon werkstuigstaal
HSS (=ARS): Hooggelegeerd, *High Speed Steel*
Eventuele bekleding (titaan, wolfram...)
Carbideplaatjes toegevoegd
- de **diameter**
- het type **schacht**



De schacht (wordt in de boorkop van de machine geplaatst)

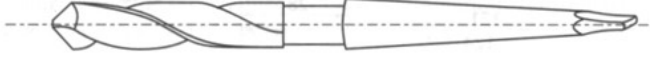
- Cilindervormig: binnendiameter van 13 mm



- Verkleind: diameter tussen 13 en 35 mm

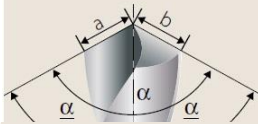


- conisch: diameter groter dan 13 mm



De boorpunt (voert een verspanende bewerking uit)

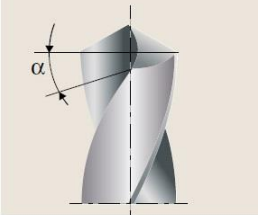
Punthoek



De punthoek varieert, afhankelijk van het te boren materiaal:

- 90°: glasvezel en kunststoffen
- 118°: gelegeerd en niet-gelegeerd staal, gietijzer
- 135°: roestvrij staal, titaan

Vrijloophoek



De vrijloophoek (vrijslijphoek?) moet tussen 3° en 10° liggen (belangrijk voor het wetten):

- < 3°: de boor verspringt
- > 10°: er is een te forse ingrijping, waardoor de boor breekbaar wordt

d. Montage van de boor

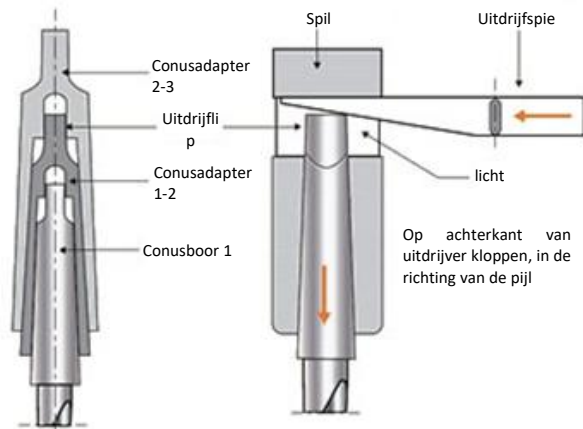


De boor kan in de boormachine gemonteerd worden door het **vastzetten van de boor op de boorkop** met een spansleutel. Dit systeem is beschikbaar tot een zekere diameter.

Er bestaat een handiger en sneller spansysteem: de **morse-conus**. Het vastzetten wordt verkregen door het op elkaar spannen van twee conische oppervlakken, ofwel rechtstreeks tussen de boormachine en de schacht van de boor, ofwel via een conus-adapter die op de schacht gezet wordt:

Øboor	3 tot 15	16 tot 23	24 tot 32	33 tot 50	51 tot 75
Nr. van conus	1	2	3	4	5

De conus spant zichzelf aan tijdens het boren. Er moet dus een spie gebruikt worden om deze los te kloppen.



e. Toerental

Het toerental (in omwentelingen/ minuut) wordt berekend op basis van de snijsnelheid van het materiaal (V_c , in m/min) en de diameter van de boor (D in mm) :

$$N = \frac{V_c \times 1000}{D \times \pi}$$

Voor de bewerking van staal hebben we bijvoorbeeld: met HSS: $V_c = 15$ m/min, met carbidegereedschappen: $V_c = 60$ m/min.

Op kolomboormachines worden vaak tabellen aangebracht. Hierop kan het toerental geraadpleegd worden in functie van het materiaal en de diameter van de boor.

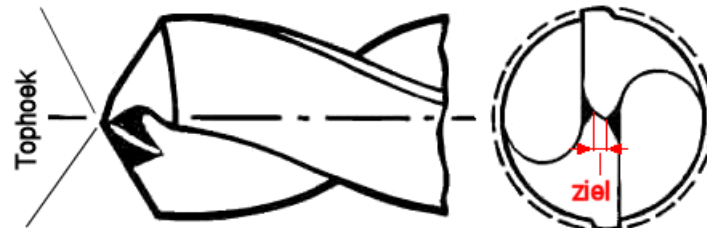
Snelheden voor HSS-boor in S235 staal

\varnothing boor (mm)	toerental (omw/min)	\varnothing boor (mm)	toerental (omw/min)	\varnothing boor (mm)	Toerental (omw/min)
5	955	17	281	29	165
6	796	18	265	30	159
7	682	19	251	31	154
8	597	20	239	32	149
9	531	21	227	33	145
10	477	22	217	34	140
11	434	23	208	35	136
12	398	24	199	36	133
13	367	25	191	37	129
14	341	26	184	38	126
15	318	27	177	39	122
16	298	28	171	40	119

f. Voorbereiding op het boren

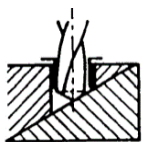
Een putje kloppen (in 2 tijden): met een centerpons (of puntslag) en een hamer. De eerste tik moet zacht zijn, om de juiste plaats te markeren. Na controle met een stevige slag accentueren. Zo kan men nauwkeurig gaten boren zonder dat de boor "wegloopt" van de afgetekende plaats.

Vorboren: voor een gat met een diameter van meer dan 10 mm, wordt eerst een kleiner gat geboord, dat iets groter is dan de "ziel" van de grote boor:

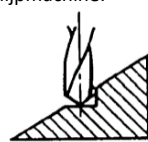


Boren in een hellend of bolvormig vlak:

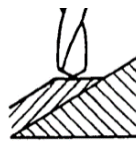
De boor geleiden:



Vlakke inkeping maken met een slijpmachine:



Starten op een voorlopig vlak



g. Smering

Hiervoor kan in water oplosbare olie, snijolie of koolzaadolie gebruikt worden. Aangelengd met water tot "koelmelk". Idealiter moet het contact tussen de boor en het werkstuk **altijd vochtig gehouden worden**.

Als de boorpunt gesmeerd wordt, **wordt de oververhitting ervan verhinderd en wordt vastlopen voorkomen** (dit doet de boorpunt verslijten of de boor breken). Ze bevordert bovendien de spaanvorming.

h. Tappen



Draad tappen is de verspanende bewerking waarmee in een boorgat een **inwendige schroefdraad** gemaakt wordt. Een getapt gat is de complementaire vorm van een van draadstang ('tige') of bout.

De houder voor de tappen wordt **wringijzer** genoemd. **Draadtappen** hebben referenties die overeenstemmen met de **nominale diameter** (in mm) en met de **spoed** (de afstand tussen 2 schroefdraden).

- **Stap 1:** Voor het tappen moet een gat met een iets kleinere diameter geboord worden (zie tabel):
boor \varnothing = nominale \varnothing – spoed voorbeeld: M16 – 2 mm = boordiameter 14 mm
- **Stap 2:** er zijn 3 tappen, de grofste moet eerst aangebracht worden, en de fijnste als laatste. Ze moeten voorzichtig ingebracht worden in de boorgaten.

Tip: verwijder regelmatig de spanen door in de omgekeerde richting te draaien, en **smeer** de tap.

Metrische schroefdraad	M6	M8	M10	M12	M14	M16
boorgat	Ø5	Ø6,8	Ø8,5	Ø10,2	Ø12	Ø14

i. Magnetische boormachines

Magnetische boormachines zijn zeer handig in werkplaatsen, omdat ze op het te boren werkstuk kunnen bevestigd worden. Ze kunnen ook op een stalen voetstuk gemonteerd worden, voor vast gebruik in de werkplaats, als alternatief voor een kolomboormachine. In deze boormachines kunnen zowel boren als frezen gebruikt worden.



Het verschil tussen een frees en een boor is dat een frees geen materiaal verwijderd in het midden van het gat, en **geen voorboring vereist** voor grote diameters. Frezen hebben een speciale boorhouder, en worden niet handmatig geslepen. Indien mogelijk moet een automatische smering gebruikt worden.



Magnetische boormachine op zelfgebouwd voetstuk en bankschroef

j. Veiligheid

- Het te boren onderdeel moet op de plaat van de boormachine vastgeklemd worden (met een bankschroef of met spankikker), Plaats de lange zijde van het werkstuk links tussen jezelf en de boormachine: als het begint mee te draaien botst het tegen de machine ipv tegen jezelf.
- Houd het werkstuk nooit met de hand vast
- Draag gepaste kleding (o.m. niet-loshangend)
- Verwijder de spanen niet met blote handen
- Draag een veiligheidsbril

IV. Algemene tips in de werkplaats

a. Aftekenen

Methode:

- Een **krasnaald** gebruiken om het staal te markeren.
- Een **winkelhaak** gebruiken om de lijnen op 45° en 90° af te tekenen.
- Het **krasblok** gebruiken om een reeks markeringen aan te brengen. Om te controleren of de naald mooi op het midden van het werkstuk is afgesteld: krassen vanaf één kant, vervolgens vanaf de andere kant. De twee krassen moeten één lijn vormen.

b. Zagen

1. Zaagmachine met carbidebladen (of DRY CUT): op de tanden van de bladen zijn carbideplaatjes gesoldeerd.

Voordelen: mooi en snel verzagen

Nadeel: snelle slijtage van de zaagbladen wanneer veel belasting op de machine gezet wordt, en bij een laag toerental

Het is **van uiterst belang** dat u de hier vermelde voorzorgsmaatregelen naleeft, opdat de carbidebladen niet te snel verslijten:

- **Het werkstuk stevig vastzetten in de bankschroef**, vooral het in verstek zagen. Als het werkstuk tijdens het zagen verschuift, bestaat het gevaar dat de tanden van het blad breken
- **De vierkante en rechthoekige buizen 45° kantelen**, om een hoek aan te snijden, en niet een plat vlak. Zo is de belasting lager.
- Het carbideblad **zeer zacht laten ingrijpen** in het materiaal
- **Het blad vervangen zodra de snede iets moeilijker wordt**. Als het blad geforceerd wordt, is er gevaar dat de carbideplaatjes springen (dit maakt het blad onbruikbaar)
- **Niet zagen in getrokken staal**, omdat dit te hard is voor de carbideplaatjes
- **De buffers die in aanraking komen met het blad regelmatig smeren**. Deze buffers zorgen ervoor dat de trillingen van het blad verminderd worden
- **Controleren of het profiel horizontaal ligt**, opdat de snede loodrecht gemaakt wordt



Carbide



Composiet

2. Slijpmachine met composietschijven:

- Opgelet: De schroefdraad van de spanbout is linksdraaiend. Om los te schroeven: in wijzerzin draaien.

- **Niet aarzelen om druk op de handgreep uit te oefenen** terwijl de motor van de snijmachine op volle snelheid draait. De snede moet snel gemaakt worden, om te vermijden dat de schijf en het staal te warm worden.
- Als de motor begint te vertragen, **onmiddellijk de handgreep omhooghouden** om de machine weer op snelheid te laten komen.

3. Lintzagen

Er zijn verschillende soorten lintzagen, van het eenvoudigste tot het meest complexe model:

- Draagbaar, droog zagen
- Gesmeerd
- Met automatisch neerlaten



Voordeel: hoeksnedes, zagen in hard staal, lagere kosten aan slijtdelen, geluidsarm

Nadeel: Minder snelle snede

Voorzorgsmaatregelen: Schokken vermijden tijdens het aansnijden van het profiel, de snede niet forceren

4. Haakse slijper

Zeer gevaarlijke apparaten: handschoenen, veiligheidsbril, veiligheidsschoenen, stevige en brandwerende kleding en eventueel een mondkap moeten **verplicht gedragen worden**.

Te nemen voorzorgsmaatregelen:

- **De juiste positie vinden** (niet aarzelen om dit te vragen aan de opleider). De slijpmachine forceren leidt tot niets: zoek de juiste invalshoek voor een efficiënte snijbewerking.
- **De richting van de vonken controleren:** controleren of er zich niemand in het traject van de vonken bevindt. De vonken niet naar uzelf richten, zelfs een lederen schort is niet lang bestand tegen een sliert vonken van een slijpmachine.
- **Niet snijden** in een profiel tussen twee steunpunten: de twee delen kunnen klem raken en de schijf doen stukspringen.
- **Blaas het stof van de slijpmachines** aan het einde van elke dag in de werkplaats, om te vermijden dat de motor en de elektrische contacten vervuild raken.

Methode:

- Met behulp van een krasnaald de snijlijn tekenen
- Een eerste snede met een diepte van 2-3 mm maken op de snijlijn. De vonken verlichten de kras.
- Een tweede keer erover gaan, om de snede te voltooien
- Het onderdeel afbramen met een kleine slijpmachine uitgerust met een afbraamschijf

5. Algemene voorzorgsmaatregelen

- Zorg ervoor dat de zaagmachine op volle toerental draait, op het moment dat je ingrijpt op het metaal
- Zorg ervoor dat het werkstuk na het zagen veilig kan vallen

- Elke reeks gesneden onderdelen markeren met de gele stift en de voortgangstabel invullen
- De afmetingen, de kwaliteit van de zaagsnede en de hoeveelheid gezaagde stukken controleren

c. Boren

Om een gat te maken in een werkstuk zijn 3 bewerkingen noodzakelijk: aftekenen, centerponsen en boren. Bij elk van deze bewerkingen bestaat er **een gevaar van precisiefouten**.

De grootste moeilijkheid bij het boren is dus het **in acht nemen van de op de plannen aangegeven maten**. De belangrijkste maten zijn gewoonlijk de afstand tot het midden, en **de onderlinge afstand van de gaten bij vierkante buizen die in elkaar schuiven**.

Methode (zie het deel Boren p. 14 voor meer info):

- **Aftekenen** met een krasblok of met de krasnaald
- **Putje slaan** (met centerpons en hamer)
- **Toerental regelen** van de boormachine in functie van de diameter van de boor.
- **Boren**: tijdens het boren controleren of de boor goed gecentreerd is op de markering van de centerpons.
- **Regelmatig smeren**
- **Bramen verwijderen: afbraam-slijpschijf of afschuinfrees**

Voorzorgsmaatregelen:

- Probeer voor vierkante buizen te **vermijden dat de boringen afgetekend worden op de lasnaad** van het profiel.
- Bij de vervanging van de boor deze **niet laten vallen**: het gevaar bestaat dat de boorpunt breekt.
- **Tijdens het boren altijd de schroefklem vasthouden**. Als de boor komt vast te zitten in het materiaal, kan ze de schroefklem en het werkstuk meesleuren, waardoor iemand letsels kan oplopen.
Tip: Zeer lange onderdelen moeten in de uiterste stand geplaatst worden, **links** tegen de kolom van de boormachine.
- **NIET IN DE SCHROEFKLEM BOREN**: controleren of je onder het te boren gat een lege ruimte hebt, en niet het metaal van de schroefklem
- Ervoor zorgen dat het te boren gat **zo dicht mogelijk bij het midden van de schroefklem** ligt. Een boring te ver uit het midden, doet het werkstuk kantelen, zodat het gat niet loodrecht geboord wordt.
- Niet aarzelen **om de boor even uit het gat te liften, wanneer de spaan te lang wordt** (en dus gevaarlijk).

CONTROLEER STEEDS JE EIGEN WERK

zo draag je bij aan een geslaagde werf

- **Winkelhaak en meter** moeten altijd binnen handbereik zijn, om te controleren of de werkstukken overeenstemmen met de plannen.
- **Uitlijning, rechthoekigheid, evenwijdigheid,...** zoveel parameters die systematisch moeten gecontroleerd worden.



VI. Extra

a. Prijs van machines: grootte-orde (in € zonder BTW) :

Boren:

Magnetische boormachine: 1000-1400 €
Kolomboormachine met capaciteit Ø20: 600-800 €
Kolomboor morseconus 2 tweedehands: 200-400€
Frees Ø15: 30€ | Boor Ø30: 90€ | Frees Ø30: 45€
Machinetap (1 tap nodig) M14: 15€
Handmatig tappen (set van 3 tappen) M8: 12€ / M16: 27€

Lassen:

Locatie gasfles voor MIG/TIG: 1500€
Lasapparaat: oud tweedehands apparaat 50-100€ incl. BTW
Inverter (180A Progy's via Atelier Paysan): 280€ (voor elektrode-lassen op gelijkstroom)
Doos elektrodes: 18€

Snijden:

Lintzaag, droog, ProMac: 1000€
Blad voor lintzaag: 25€
DryCut Jepson (opleiding Atelier Paysan): 1000€
DryCut zaagblad: 100-150 €
DryCut wetten van het zaagblad: 15-20€
Haakse slijper Ø125, 1400W Metabo: 100€

Handgereedschappen:

Magnetische winkelhaak: 7-15€
Schroefklem: 40€
Krasblok voor gebruik op een vlakke tafel: 100-150€
Krasblok voor gebruik in de hand: 20€
Winkelhaak type metaalbewerking 150 mm : 15€

b. Staalmetallurgie:

Soorten, productieprocessen, eigenschappen en warmtebehandelingen:

Samenstelling van staal: Staal is een mengsel van ijzer en koolstof (0,2 tot 1,75 %) wanneer het niet gelegeerd is. Het kan gelegeerd worden met andere elementen, bijvoorbeeld voor roestvrij staal: ~10% chroom en soms nikkel of molybdeen.

Benaming: er bestaan enorm veel benamingen voor staal. Het basisstaal dat gebruikt wordt voor metaalconstructies is S235 staal. Het nummer 235 verwijst naar de vloeigrens in MPa.

Productie: stalen staven worden meestal warmgewalst, d.w.z. dat ze op hoge temperatuur tussen walsen gevoerd worden, om het profiel zo een maat te geven.

De meest voorkomende buizen worden verkregen op basis van een plaat die gevormd wordt door de doorgang door een reeks walsen die hen geleidelijk een profiel geven (rond, vierkant, rechthoekig...), en die daarna aan de verbinding gelast wordt (vandaar de lasnaad op de buizen).

De getrokken profielen (buizen of platen) worden in een matrijs gebracht, die hen de buitenmaat geeft. Dit heeft verscheidene gevolgen: de tolerantie op de maat is zeer laag, de oppervlaktegesteldheid is goed, het profiel wordt verstevigd (gehard), er is geen walshuid.

Op een vierkant profiel zijn de randen scherp bij het trekken en afgerond bij het warmwalsen.

Kenmerkende grootheden:

De **vloeigrens**: dit is de drukwaarde (gewoonlijk uitgedrukt in MPa) waarop het materiaal zijn elastisch gebied te buiten begint te gaan. Als de druk met andere woorden verminderd wordt, neemt het materiaal niet terug zijn oorspronkelijke vorm aan, maar blijft het permanent vervormd.

De **ductiliteit** verwijst naar de capaciteit van een materiaal tot een plastische vervorming, zonder te breken. Het betreft de bestendigheid tegen de groei van een scheur. Een niet-ductiel materiaal is zogenaamd breekbaar.

De **kerfslagwaarde** is een waarde die bepaalt of een materiaal meer of minder breekbaar is bij een schok.

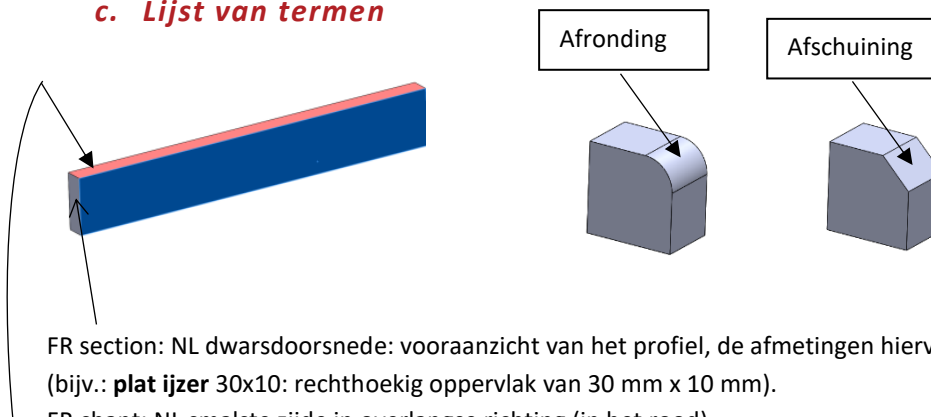
De warmtebehandelingen: deze behandelingen worden toegepast om de moleculaire structuur van een metaal te wijzigen, zodat de mechanische eigenschappen van het metaal veranderen.

De **harding**: na een zekere stijging van de temperatuur in de kern van het onderdeel, wordt het metaal snel afgekoeld (door het onder te dompelen in water, olie,...). Hierdoor worden de duurzaamheid en de vloeigrens maar ook de breekbaarheid verbeterd. Niet alle stalen worden gehard: het koolstofgehalte moet hiervoor hoog genoeg zijn, S235 standaardstaal wordt bijvoorbeeld niet gehard.

De **koeling** of **uitgloeijing** vermindert de duurzaamheid, verbetert de ductiliteit en verwijdert de interne spanningen. Staal dat een warmtebehandeling ondergaan heeft, wordt gekoeld om het "terug op nul te brengen" en zo de bewerking ervan te faciliteren.

De **ontlating** vindt plaats na de harding. De temperatuur wordt terug verhoogd, om ze geleidelijk weer te laten dalen. Hierdoor wordt het materiaal minder breekbaar, maar ook een beetje minder hard.

c. Lijst van termen



FR section: NL dwarsdoorsnede: vooraanzicht van het profiel, de afmetingen hiervan identificeren het profiel (bijv.: **plat ijzer 30x10**: rechthoekig oppervlak van 30 mm x 10 mm).

FR chant: NL smalste zijde in overlangse richting (in het rood)

FR plat: NL platte zijde: het grootste vlak (in het blauw)

FR alésage: NL uitsparing (gat), al dan niet cilindervormig.

FR boulon: NL set bestaande uit een bout (**FR: "vis"**) en een moer (**FR: "écrou"**), soms met een sluitring (FR: rondelle).

FR entretoise: NL Tussenstuk om een afstand te behouden tussen twee stukken

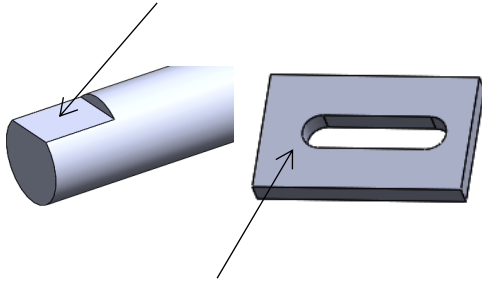
FR tolérance: **NL foutmarge**: bereik volgens hetwelk de afmeting van het stuk mag afwijken van het ontwerp om te voldoen.

Bijv.: de afmeting voor de volgende waarde $10_{+/-0,01}$ moet tussen 9,99 en 10,01 liggen.

FR calamine: NL walshuid, aanslag, koolafzetting: mengsel van ijzeroxide dat zich afzet op het oppervlak van stalen die warmgewalst worden tot een temperatuur van > 575 °C. Ze komt dus voor op warmgewalste stalen.

FR Ecrouissage NI dit is de **harding van een metaal onder invloed van het vervormen/plooien/walsen**. Nadeel is dat het breekbaarder wordt. Ook zandstralen veroorzaakt een harding van het oppervlak, door de verschillende oppervlakkige vervormingen veroorzaakt door het zand. Toepassing: wanneer een stuk staal geplooid wordt, en geprobeerd wordt om het terug te plooiën, zal het spontaan terugplooiën op een andere plaats dan de eerste plooi (want deze is harder geworden).

FR Méplat: NL Stootkant: plat oppervlak op een onderdeel met een ronde vorm.



FR Trou oblong: NL ovaal gat: met een grotere lengte dan breedte, met aan de uiteinden twee halve cilinders.

FR Tube NL Buis: hol profiel. Opgelet met veel voorkomend verkeerd taalgebruik: *een buis is niet per se een rond profiel (en zeker geen rond, vol profiel: hier spreken we van een “as” of “rond ijzer”). In de metaalbewerking gebruiken we dus over **ronde, vierkante of rechthoekige buizen.***

FR étiré: NL getrokken staal: *veel sterker, kleinere foutmarge, herkenbaar aan het gladder oppervlak (kan een ronde, vierkante of rechthoekige dwarsdoorsnede hebben, kan vol of hol zijn)*

d. Sterkteleer:

Met de sterkteleer kan de link gelegd worden tussen de mechanische spanningen van een structuur (de toegepaste belastingen) en de plaatselijke spanningen (spanningen en vervormingen). Zo kan voor het ontwerp een compromis tussen stevigheid, gewicht en prijs gevonden worden, of kan de breuk van een element onder bepaalde omstandigheden voorspeld worden.

De interne staat van een structuur kan samengevat worden door de som van de volgende elementaire spanningen:

- Trekkracht (bijv.: schoorkabel)
- Samendrukking (bijv.: brugpijler)
- Schuifspanning (bijv.: breekbout)
- Torsie (bijv.: torsiestang)
- Buiging (bijv.: boog)

Dit is de som van de spanningen in elk punt van de structuur, waarmee de bedrijfsspanning kan bepaald worden.

Bij het ontwerp van een onderdeel of een assemblage is het dus altijd goed om u af te vragen wat de belangrijkste spanningen zijn in functie van de aanwezige krachten! Vaak is het met wat gezond verstand behoorlijk eenvoudig om een stevigheidsprobleem te voorspellen. De reactie staat in verband met het materiaal (staal, aluminium...), maar ook met de geometrie! Bijvoorbeeld: een platstaal heeft een betere buigweerstand als het op de rand staat dan op de vlakke kant, een buis heeft een betere torsieweerstand dan een platstaal met gelijke massa enz.

In het geval van staal, en in het algemeen voor de berekening van structuren, ligt de grootste spanning in de buiging. De berekeningen zijn niet eenvoudig, maar er bestaan goede berekeningsformulieren die gemakkelijk online beschikbaar zijn!

Veel voorkomende grootheden:

Elasticiteitsmodulus: (Young-modulus), notatie “E” (in GPa). Kenmerkt de elasticiteit van een materiaal, ofwel de verhouding tussen de toegepaste belasting en de vervorming. Hoe hoger deze waarde, hoe “stijver” het materiaal is. Bijvoorbeeld: Staal E=210 GPa, Aluminium E= 70 GPa, Rubber E= 0,1 GPa.

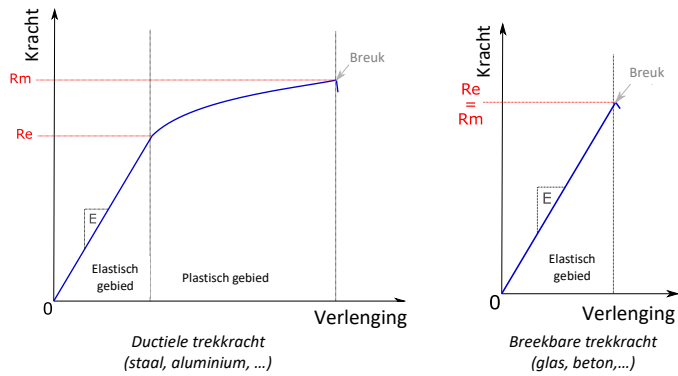
Vloeigrens: Deze waarde wordt vaak genoteerd als Re (in MPa). Ze verwijst naar de door een materiaal toelaatbare spanning, opdat het binnen zijn elastisch vervormingsgebied blijft. Voor standaard constructiestaal S235 is Re=235MPa.

Breukgrens: Deze waarde wordt vaak genoteerd als R_m (in MPa). Ze verwijst naar de door een materiaal toelaatbare spanning vóór een breuk. Voor standaard constructiestaal S235 is $R_m=340\text{MPa}$.

Elastische vervorming: Vervormingsgebied waarin het materiaal terug zijn oorspronkelijke vorm aanneemt als de belasting (bijv. een draagveer) verwijderd wordt.

Plastische vervorming: Vervormingsgebied waarin het materiaal een restvervorming behoudt als de belasting (bijv. een geplooid plaat) verwijderd wordt.

Om deze parameters te bepalen, wordt gewoonlijk een trekproef uitgevoerd. De resultaten zien er als volgt uit:



Voor een ductiel materiaal zijn er verschillende gebieden; in het geval van een breekbaar materiaal zoals glas (dat elastisch is!), is er geen plastische vervorming, want het breekt onmiddellijk als de vloeigrens bereikt wordt!

In het geval van een machine of een structuur zijn er noodzakelijkerwijze krachten en dus ook vervormingen. De doelstelling bestaat er dan in ervoor te zorgen dat deze vervormingen zwak of elastisch blijven!



L'atelier paysan

COOPÉRATIVE
D'AUTOCONSTRUCTION



MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE
L'ALIMENTATION

Ce document bénéficie du soutien du Ministère de l'Agriculture et de l'alimentation au travers du compte d'affectation spéciale «développement agricole et rural» (CASDAR). Sa responsabilité ne saurait toutefois être engagée.

www.latelierpaysan.org
forum.latelierpaysan.org



l'Europe
s'engage
en France
avec le FEADER



Cette action est cofinancée par le Fonds européen agricole pour le développement rural : l'Europe investit dans les zones rurales.



Nederlandse vertaling in het kader van microproject Boer en 'bricoleur': voor meer autonomie en machines op maat!

(februari 2019)

Aanvullingen of correcties: carmen.landuyt@ccbt.be

Interreg

France-Wallonie-Vlaanderen



UNION EUROPÉENNE
EUROPESE UNIE

Micro-projet | Microproject
Boer Bricoleur

Avec le soutien du Fonds européen de développement régional -
Met steun van het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling