

mbo

Vormende technieken

TECHNIEKSTAD

TECHNIEKSTAD

COLOFON

©2019 Kenteq, Hilversum

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

Kenteq
Postbus 81
1200 AB Hilversum

info@techniekstad.nl

Inhoudsopgave

1	Materiaalgedrag bij omvormen	7
1.1	Buigprocessen	8
1.2	Materiaalgedrag bij buigen	12
1.3	Factoren die het buigen beïnvloeden	18
1.4	Voor buigen geschikte materialen	21
1.5	Samenvatting	23
1.6	Antwoorden	24
2	Werkvoorbereiding omvormen	25
2.1	Tekening lezen	26
2.2	Ware lengte berekenen	26
2.3	Uitslag tekenen	30
2.4	Buigvolgorde bepalen	31
2.5	Hulpmiddelen	32
2.6	Proceskeuze	33
2.7	Keuze van de machine	34
2.8	Proefbuigen	34
2.9	Veiligheid	34
2.10	Samenvatting	37
2.11	Antwoorden	38
3	Buigen met de kantpers	39
3.1	Het principe van kanten	40
3.2	Kantpers	40
3.3	Buigprocessen	49
3.4	Samenvatting	55
3.5	Antwoorden	56
4	Buigkrachten op een kantpers	57
4.1	Krachten bij vrijbuigen	58
4.2	Krachten bij matrijsbuigen	62
4.3	Buigkrachten verkleinen	64
4.4	Samenvatting	64
4.5	Antwoorden	65
5	Kantpersgereedschap	67
5.1	Gereedschapsselectie	68
5.2	Vrijbuiggereedschap	73
5.3	Matrijsbuiggereedschap	76
5.4	Spansystemen	77
5.5	Gereedschap stellen	78
5.6	Gereedschapsonderhoud	79
5.7	Gereedschapsrevisie	79
5.8	Samenvatting	80
5.9	Antwoorden	81

6	Zwenkbuigmachine	83
6.1	Principe van zwenkbuigen	84
6.2	Krachten bij zwenkbuigen	84
6.3	Opbouw van zwenkbuigmachines	85
6.4	Uitvoeringen van zwenkbuigmachines	87
6.5	Instellen van de zwenkbuigmachine	89
6.6	Terugvering van materiaal	90
6.7	Bombering	93
6.8	Steltijd	93
6.9	Voor- en nadelen	93
6.10	Onderhoud aan zwenkbuigmachines	94
6.11	Veilig zwenkbuigen	94
6.12	Samenvatting	95
6.13	Antwoorden	96
7	Hydraulische platenwals	97
7.1	Hydraulische platenwals	98
7.2	Verticale platenwals	102
7.3	Conische wals	103
7.4	Speciale walsen	106
7.5	Rolvormproces	106
7.6	Bomberen van de bovenrol	108
7.7	Verplaatsing van de buigrollen	110
7.8	Samenvatting	116
7.9	Antwoorden verwerkingsvragen	117
8	Rolbuigen van plaat (conisch)	119
8.1	Kegel	120
8.2	Rolbuigen van kegelvormen	122
8.3	Kegelvormen rolbuigen op verschillende machines	124
8.4	Samenvatting	126
8.5	Antwoorden	127
9	Specialistische omvormtechnieken	129
9.1	Wikkelbuigen	130
9.2	Dieptrekken	134
9.3	Hydrovormen	139
9.4	Explosief omvormen	141
9.5	Rubberpersen	143
9.6	Forceren	144
9.7	Superplastisch omvormen	146
9.8	Samenvatting	148
9.9	Antwoorden	149
10	Richten en strekken	151
10.1	Richten en strekken	152
10.2	Manieren van richten	152
10.3	Vervorming in meerdere richtingen	159
10.4	Vervorming door lasspanningen	160
10.5	Gassoort en vlaminstelling	162

10.6	Brander grootte en brandertype	162
10.7	Soorten warmtefiguren	164
10.8	Strekken van de plaat	166
10.9	Stappenplan warmrichten	170
10.10	Voorbeelden	170
10.11	Samenvatting	172
11	Vragen	173
11.1	Vragen Materiaalgedrag bij omvormen	173
11.2	Vragen Werkvoorbereiding omvormen	177
11.3	Vragen Buigen met de kantpers	181
11.4	Vragen Krachten op de kantpers	184
11.5	Vragen Kantpersgereedschap	188
11.6	Vragen Zwenkbuigmachine	191
11.7	Vragen Hydraulische platenwals	193
11.8	Vragen Rolbuigen van plaat (conisch)	198
11.9	Vragen Specialistische omvormtechnieken	201
11.10	Vragen Richten en Strecken	203

INZELDE

1 Materiaalgedrag bij omvormen

Inleiding

Het buigen van materiaal is een bewerking waarbij materiaal omgevormd wordt. De oorspronkelijke hoeveelheid materiaal krijgt een andere vorm. Met andere woorden:

- buigen is een bewerking waarbij geen materiaal verloren gaat, er wordt alleen een andere vorm aan het materiaal gegeven
- buigen is een niet-verspanende bewerking.



Gebogen profielen

Leerdoelen

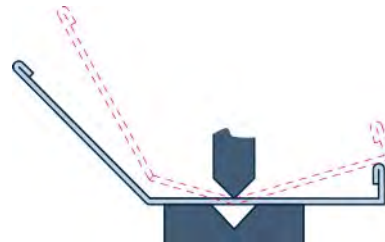
Je kunt:

- het principe van buigen uitleggen
- verschillende buigprocessen noemen
- uitleggen welke factoren invloed hebben op het buigen
- uitleggen welke spanningen er tijdens het buigen optreden
- uitleggen wat de neutrale lijn is
- de minimale buigradius berekenen voor een materiaal
- uitleggen hoe je scheurvorming en gatvorming kunt voorkomen
- bepalen of een materiaal geschikt is om te buigen.

1.1 Buigprocessen

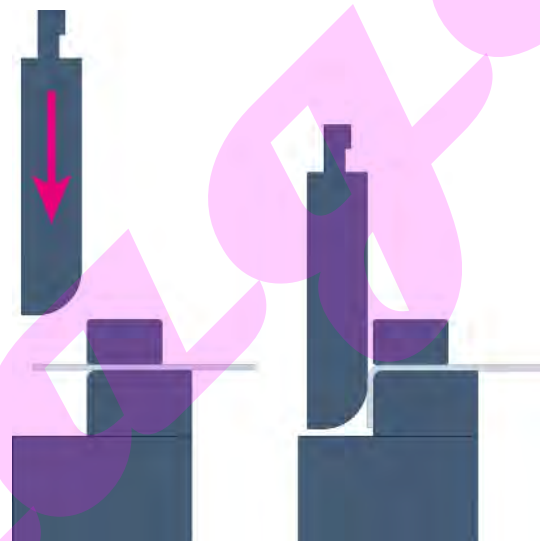
Je kunt de verschillende buigprocessen onderverdelen op basis van de machine of het gereedschap waarmee het buigen plaatsvindt. De buigprocessen zijn:

- Kanten
 - vrijbuigen
 - matrijsbuigen
 - calibreren
 - driepuntsbuigen



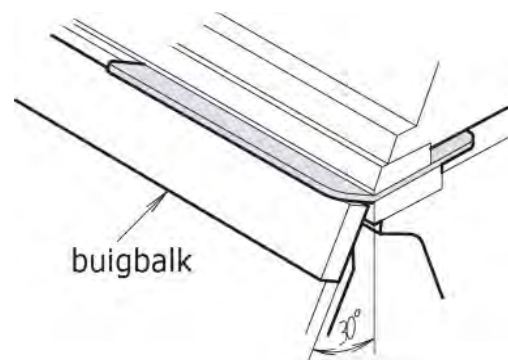
kanten

- Strijkbuigen
 - strijkbuigen
 - U-buigen



strijkbuigen

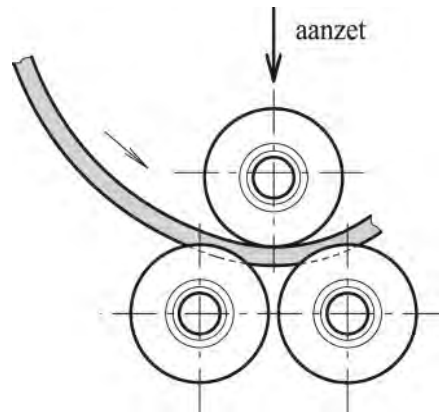
- Zwenkbuigen
 - zetbank
 - bankschroef



zwenkbuigen

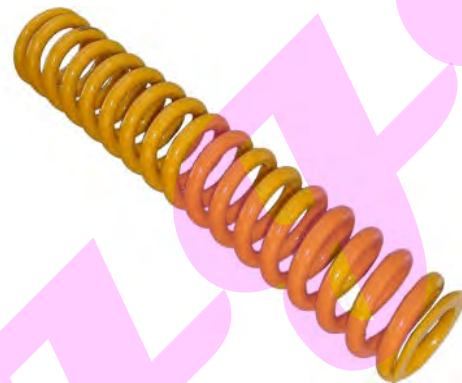
- Rolbuigen – cilindrisch

- conisch



rolbuigen

- Wikkelbuigen – buigen van pijp
- wikkelbuigmachine



Wikkelbuigen

Kanten

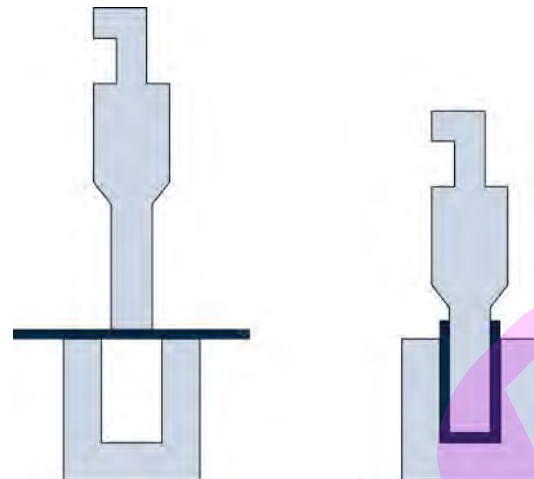
Bij kanten wordt het materiaal door een bovengereedschap (de stempel) in een groef van een ondergereedschap (de matrijs) gedrukt. Een voordeel van kanten is de hoge productiesnelheid en flexibiliteit. Een nadeel kan zijn dat grote platen omhoog zwaaien en doorbuigen. Dit kun je voorkomen door meebewegende constructies te gebruiken.

Strijkbuigen

Bij het strijkbuigen wordt het materiaal over een afstand (W_{klem}) aan één kant ingeklemd met een klemkracht (F_{klem}). Het overstekende materiaal wordt door de neergaande bovenstempel om de matrijsradius (r_m) gebogen.

U-buigen

U-buigen is een andere vorm van strijkbuigen. Hierbij worden beide productbenen tegelijkertijd gebogen.



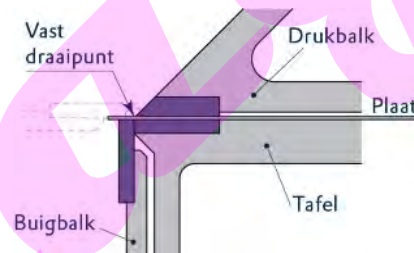
U-buigen

Zwenkbuigen

Het principe van zwenkbuigen berust op het klemmen van een product tussen een vaste balk en een beweegbare balk, waarna de buigbalk het product rond de klembalk buigt.

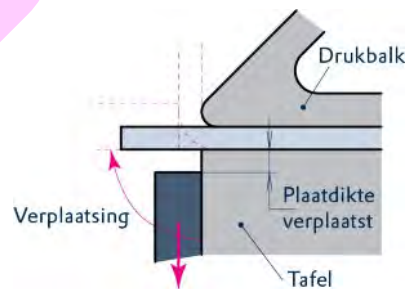
De zwenkbuigmachine (of *zetbank*) is een machine voor het buigen van plaat. De machine bestaat uit drie hoofdonderdelen:

- een tafel
- een drukbalk
- een buigbalk



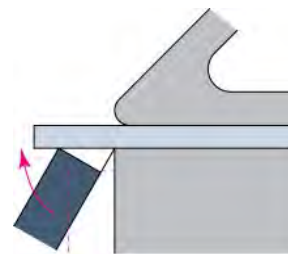
Hoofdonderdelen zwenkbuigmachine

De buigbalk heeft een vast draaipunt aan het frame. Dit draaipunt kan worden verplaatst afhankelijk van de plaatdikte.



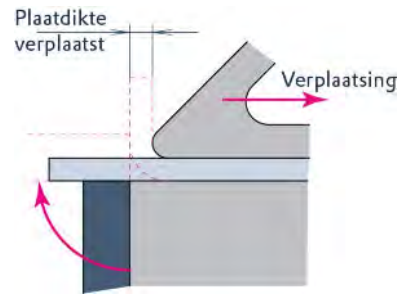
Verplaatsen draaipunt

Hoe dikker de plaat is, hoe slechter het buigen verloopt. De buigbalk glijdt dan langs de plaat, waardoor deze kan beschadigen.



Buigen van dikke plaat

Het is ook mogelijk de drukbalk te verplaatsen. Hierbij volgt de buigbalk de plaat, zodat deze minder kan beschadigen.

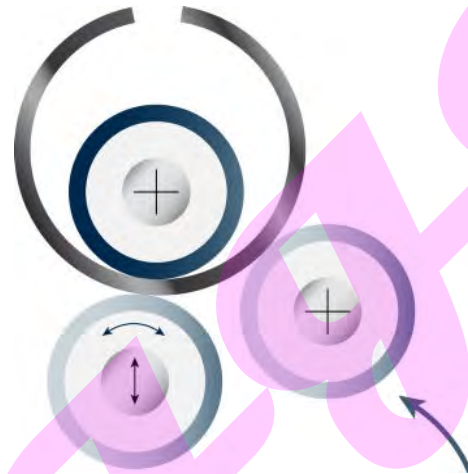


Verplaatsen drukbalk

Rolbuigen

Het rolbuigen van plaat of profiel wordt vaak *walsen* genoemd. Rolbuigen is een betere naam. Bij walsen gaat het meestal om het dunner maken van plaatmateriaal. Dat is bij rolbuigen niet het geval.

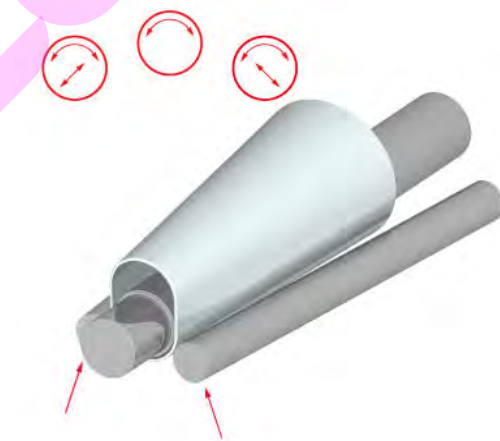
Bij rolbuigmachines loopt de plaat of het profiel meestal over twee rollen en wordt het door een derde rol aangedrukt.



Rolbuigen met drie rollen

Conisch rolbuigen

Het is ook is mogelijk om kegelvormige producten te rolbuigen. De rollen zijn dan schuin ten opzichte van elkaar opgesteld. Dit noem je conisch rolbuigen.



Conisch rolbuigen

Rolvormmachine

Een rolvormmachine is een machine waarmee profielen gemaakt worden. De machine bestaat uit een aantal achter elkaar geplaatste rolvormstations.



Rolvormmachine voor het maken van profielen

Wikkelbuigen

Bij het wikkelbuigen wordt het materiaal over een doorn getrokken of door een geleiding gevoerd. Een veel voorkomende bewerking is het kraalvormen of 'kralen' (bij bijvoorbeeld dakgoten). De bekendste vorm van wikkelbuigen is het buigen van pijp.



Buigen van pijp



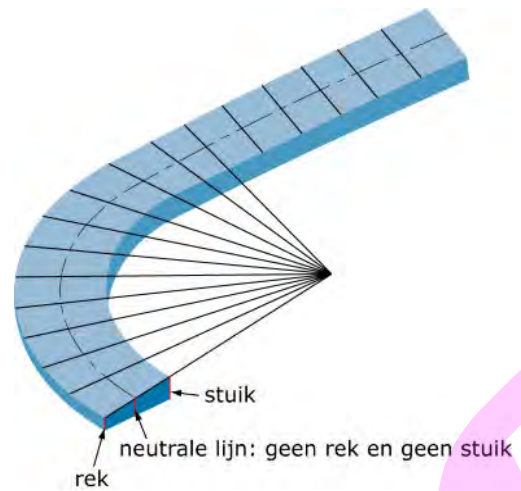
1. Noem minstens drie buigprocessen.

1.2 Materiaalgedrag bij buigen

Geschikte buigmateriaal houden hun vorm na het buigen. Er zijn twee factoren die het gedrag van het materiaal tijdens het buigen bepalen:

- Het soort materiaal. Hierbij gaat het vooral om de mechanische eigenschappen, zoals de rekbaarheid, maar ook om de materiaalstructuur.
- De vorm van het materiaal voor en na het buigen. Buigen van hoekstaal is bijvoorbeeld moeilijker dan het buigen van een stafmateriaal.

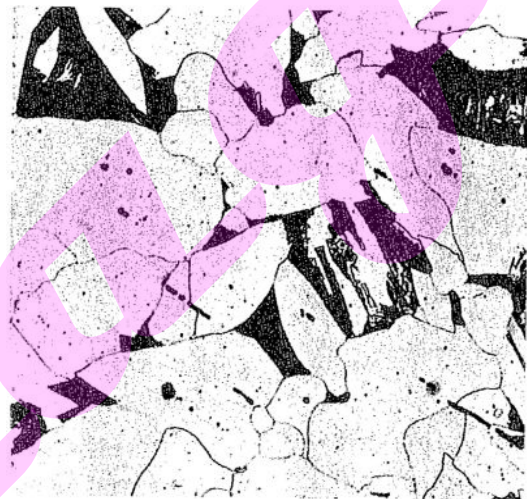
Tijdens het buigen stuikt het materiaal aan één kant en het rekt aan de andere kant. Je mag de grenzen van het rekken en stuiken niet overschrijden, anders kan het materiaal breken. Het is daarom belangrijk te weten waar die grenzen liggen voor de verschillende materialen. Het buigen van gietijzer is bijvoorbeeld een stuk moeilijker dan het buigen van lood. Als je de grenzen kent is het mogelijk het buigproces te beheersen.



Buigen van profiel

Korrelgrootte

De korrelgrootte of kristalgrootte heeft invloed op de mechanische eigenschappen van het materiaal en op het uiterlijk van het materiaal. Een fijnkorrelig materiaal heeft een hogere rekgrens dan een grofkorrelig materiaal. Als een materiaal wordt gebogen, zal het in de buitenradius worden gestrekt. Een gevolg hiervan is een toename van de ruwheid, de zogenaamde sinaasappelhuid. Dit verschijnsel neemt toe bij een grovere korrelgrootte.



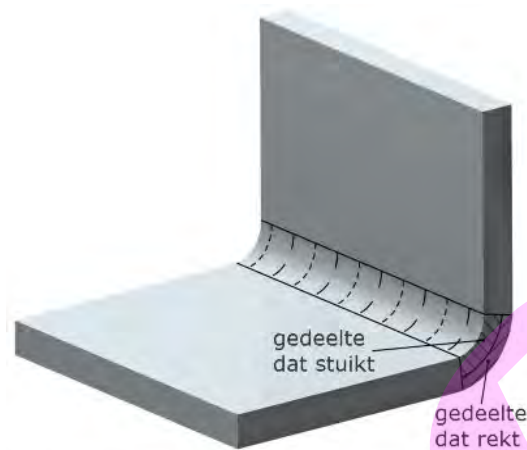
Structuur van 0,25% koolstofstaal

Koudverstevinging

Als een materiaal voor het eerst plastisch is vervormd en vervolgens ontlast, kan het dezelfde spanning weerstaan zonder opnieuw verder plastisch te rekken. Het materiaal is tijdens de eerste buiging sterker geworden. Dit verschijnsel heet koudverstevinging. De mate van verstevinging is niet voor alle materialen even groot. Roestvast staal versteft bijvoorbeeld sterk en aluminium versteft minder.

Spanningen bij het buigen

Bij het buigen treden trek- en drukspanningen op. Het is erg belangrijk om te weten waar deze spanningen optreden. Als je een stuk 'plat' gaat buigen, wil de buitenkant rekken en de binnenkant stuiken. Het profiel (de doorsnede van het 'plat') behoudt daardoor niet helemaal de uitgangsvorm.



Bij het buigen treden trek- en drukspanningen op

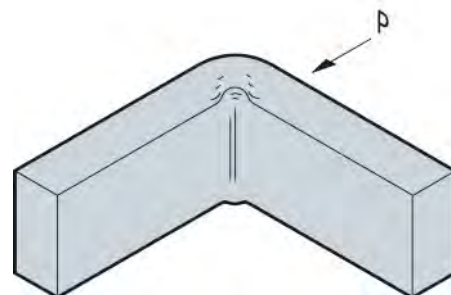
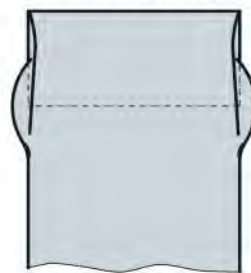
Het materiaal kan zelfs scheuren als de rekgrens van het materiaal wordt overschreden.



Het materiaal kan zelfs scheuren

Wordt de rekgrens niet overschreden, dan wordt de dikte van het materiaal in de bocht dunner. Aan de zijde van de kleinste straal (de openingshoek) stulpt het materiaal naar buiten. Aan de zijde van de grootste straal (de buighoek) wordt het materiaal juist naar binnen getrokken.

aanzicht volgens pijl P



Stulpen van het materiaal aan de kleinste straal

Spanningen in het elastisch gebied

Zolang het materiaal zich elastisch gedraagt (de spanning in de doorsnede is dan lager dan de proportionaliteitsgrens R_p), keert het materiaal na het wegnemen van de spanning terug naar zijn oorspronkelijke vorm.

Komt de spanning in het plastisch gebied (boven de proportionaliteitsgrens R_p), dan ontstaat er blijvende vervorming. Bij een maximale vervorming zal de buitenzijde van het materiaal eerst gaan scheuren. Ook bij dikker materiaal is de kans op scheurvorming groter. De minimale toelaatbare buigradius wordt dus bepaald door de materiaalsoort en materiaaldikte.

Vervormingen bij het buigen

Tijdens het vervormen wordt het materiaal elastisch en plastisch vervormd. De elastische vervorming zorgt voor terugvering van de productbenen. Het materiaalvolume blijft na de vervorming gelijk. Het materiaal aan de binnenkant van de buigradius wordt in de richting van de buighoek gestuikt en in de dwarsrichting verbreed. Het materiaal aan de buitenkant van de buigradius wordt in de richting van de buighoek gerekt en in de dwarsrichting versmald.

?

2. Welke bewering(en) is/zijn waar:
- I. In het elastisch gebied vervormt het materiaal niet als de kracht wordt weggenomen.
 - II. In het plastisch gebied zijn er geen spanningen in het materiaal.

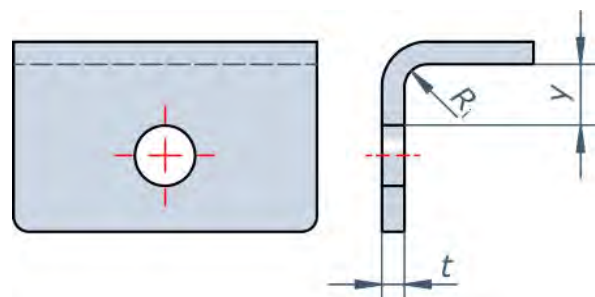
Gatvervorming

Als er in een vlakke plaat gaten aangebracht worden die te dicht bij de buiglijn liggen, kunnen deze gaten vervormen. Er worden minimale afstanden aanbevolen voor gaten ten opzichte van de buiglijn.

Ronde gaten

Minimale afstand bij ronde gaten:

$$y_{\min} = R_i + 2t$$



Minimale afstand bij ronde gaten

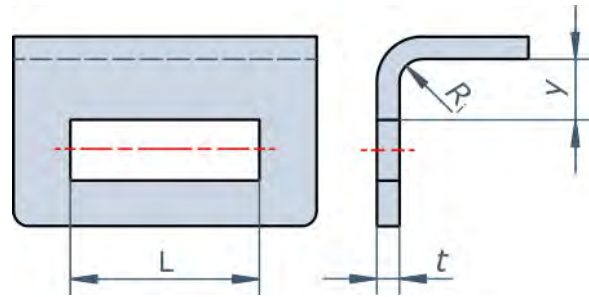
Rechthoekige gaten

Minimale afstand bij rechthoekige gaten:

$L \leq 25: y_{\min} = R_i + 3t$

$L > 25 \text{ en } \leq 50: y_{\min} = R_i + 3,5t$

$L > 50: y_{\min} = R_i + 4t$



Minimale afstand bij rechthoekige gaten

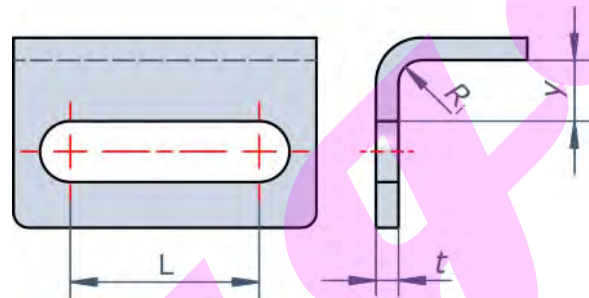
Slobgaten

Minimale afstand bij rechthoekige gaten:

$L \leq 25: y_{\min} = R_i + 3t$

$L > 25 \text{ en } \leq 50: y_{\min} = R_i + 4t$

$L > 50: y_{\min} = R_i + 5t$



Minimale afstand bij slobgaten

Scheurvorming

Scheuren ontstaan meestal aan de buitenzijde van het gebogen product. Ze worden veroorzaakt door plaatselijke overschrijding van de maximale toelaatbare rek. Aan het buigen gaat dikwijls een knip- snij- of ponsbewerking vooraf. Als deze bewerking loodrecht op de buiglijn ligt, wordt de vervormbaarheid kleiner.

Bramen die ontstaan bij een voorbereiding moeten bij voorkeur aan de stuikzijde van de van de buigradius liggen. Liggen de bramen aan de rekzijde, dan kunnen deze gemakkelijk scheuren veroorzaken.

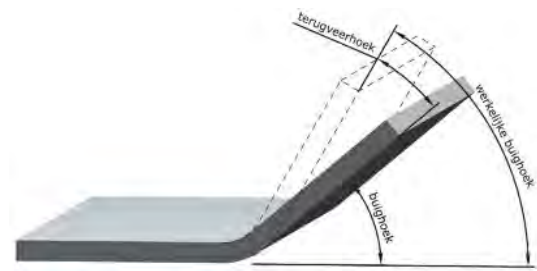


3. Streep het foute antwoord door:

Scheuren ontstaan aan de binnenkant/buitenkant van het product.

Terugvering

De werkelijke buighoek moet groter zijn dan de buighoek van het eindproduct. Dit is nodig om 'terugvering' van het materiaal op te vangen. De terugveerhoek is de hoek waarin het materiaal terugveert nadat je de (buig)kracht weghaalt. De werkelijke buighoek is dus de buighoek plus de terugveerhoek. De terugveerhoek hangt af van de elasticiteit van het gebruikte materiaal. Zo veert staal sterker terug dan lood.



Terugvering



4. Waarvan is de terugveerhoek afhankelijk?

Minimale buigradius

Om de terugvering te beperken moet je met een zo klein mogelijke buigradius werken. Maar met het kleiner worden van de buigradius neemt ook de vervorming aan de buitenzijde toe. Er wordt daarom met een minimale buigradius gewerkt.

Berekenen minimale buigradius

Je berekent de minimale buigradius met de volgende formule:

Formule minimale buigradius
$R_{i \text{ min}} = C \times t$

$R_{i \text{ min}}$ = de kleinst toelaatbare buigstraal

C = de correctiefactor voor het materiaal (zie tabel)

t = de materiaaldikte

Materiaal­soort	Factor C
Staal ≤ S275	0,5
Staal ≤ E334	0,7
Ferritisch roestvast staal	0,8
Austenitisch hittebestendig staal	0,5
Ferritisch hittebestendig staal	1,6
Austenitisch hittebestendig staal	0,8
Koper	0,25
Nikkel	1,0
Messing	3,5
Aluminium zacht	0,5
Aluminium hard	0,9

Tabel correctiefactoren buigradius



5. Het materiaal is staal S275 en de dikte $t = 5$ mm.
Hoe groot is de minimale buigradius $R_{i \text{ min}}$?



6. Het materiaal is koper en de dikte $t = 5$ mm.
Hoe groot is de minimale buigradius $R_{i \text{ min}}$?

1.3 Factoren die het buigen beïnvloeden

De omgevingstemperatuur heeft invloed op het buigproces. Je kunt:

- koudbuigen
- warmbuigen.

Rekgrens verlagen

Bij het warmbuigen beïnvloedt je de rekgrens van het materiaal. De meeste metalen worden weker en zachter door verhitting. Een metaal dat voldoende is verhit kun je dus makkelijker blijvend vervormen. Het materiaal wordt daarbij nauwelijks harder of stugger.

Warmbuigen pas je toe als bij koudbuigen een kans op scheurvorming ontstaat. Bijvoorbeeld doordat de buigstraal te klein is voor de dikte van het materiaal (verschuiving van de neutrale lijn).

Het metaal kan te hard zijn om het goed te kunnen buigen. Bijvoorbeeld doordat het materiaal bij de voorbewerking te snel is afgekoeld. Maar ook door koudverstevinging. Koper en staal bijvoorbeeld, worden door veel koudvervormen hard.



Warmbuigen



Koudverstevinging

Spanningsarm gloeien

Door middel van 'gloeien' zijn deze te harde metalen weer beter buigbaar te maken. Dit heet ook wel 'spanningsarm gloeien'. Door staal tot 600 - 650 °C te verhitten wordt het materiaal 'spanningsarm' gegloeid en vervolgens langzaam afgekoeld.

De spanningen die de hardheid veroorzaken worden hierbij weggenomen. Daarna is het metaal weer voldoende buigbaar.

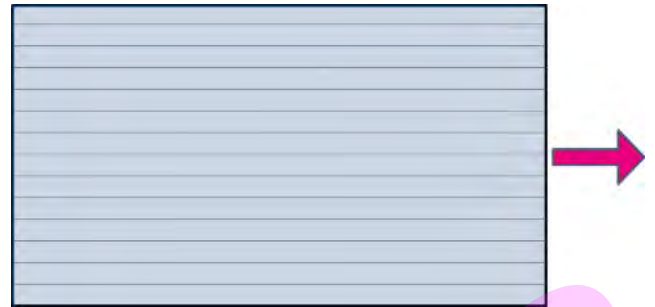
Normaal gloeien

Soms is 'normaal' gloeien noodzakelijk waarbij je het materiaal tot 900 - 920 °C verwarmt. Ook hierbij is het doel het materiaal beter bewerkbaar te maken, dus ook beter buigbaar.

7. Hoe kun je de rekgrens verlagen?

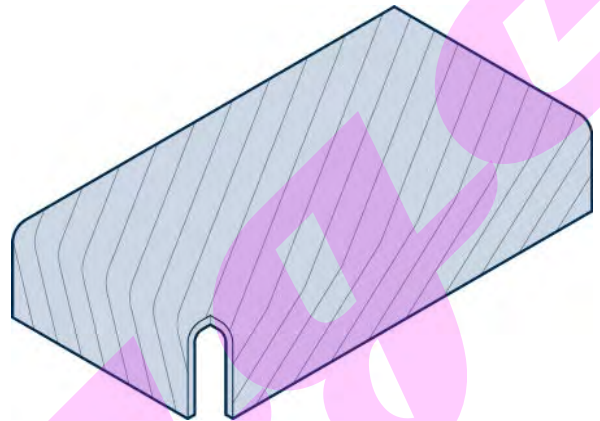
Walsrichting

Bij het produceren van een stuk materiaal (staf, plaat, profiel) zijn verschillende factoren van invloed op het buigen. De walsrichting is daar een voorbeeld van. Dit is de richting waarin het materiaal zich beweegt tijdens het walsen. De walsrichting loopt meestal evenwijdig aan de langste zijde van bijvoorbeeld plaat-, staf- of profielmateriaal.



Walsrichting

Soms is het noodzakelijk dat je een stuk plaat in twee richtingen moet buigen. Het is dan het beste dat de walsrichting diagonaal over het te maken product heen loopt.



Walsrichting diagonaal

Inwendige spanningen

Inwendige spanningen in band- of plaatmateriaal kunnen voor onaangename verrassingen zorgen. Deze spanningen ontstaan door het plastisch vervormen van het materiaal. Als de uitwendige belasting wordt weggenomen, wil het materiaal terugveren (elastische spanningen). Dat wordt verhinderd door de deformatie. Hierdoor ontstaan er inwendige spanningen in het materiaal.

Toleranties op de materiaaldikte

De materiaaldikte heeft invloed op de buigstraal en op de terugvering. Voor plaat- en bandmateriaal zijn de toegestane diktetoleranties vastgelegd in normen. In sommige gevallen is er een kleinere tolerantie vereist. Dit betekent dan dat je bij de leverancier een meerprijs moet betalen.

8. Hoe ontstaan inwendige spanningen?

Walshuid

In tegenstelling tot koudgewalste materialen hebben warmgewalste materialen een oxidehuid, de zogenaamde walshuid. Vooral bij staal kan deze laag dik zijn en gemakkelijk van de ondergrond loslaten. Bij het gebruik van een dergelijk materiaal zullen machines, gereedschappen en de omgeving vervuild raken. Een ander nadeel is een grote slijtage aan de gereedschappen.



Walshuid op staalplaat

Oxiden zijn hard. Het verwijderen van de walshuid kan zowel mechanisch (stralen) als chemisch (beitsen). Het stralen kan ook een nadelige invloed hebben op de buigbaarheid. In het oppervlak ontstaan kerfjes, waardoor op de buiglijn vroegtijdig scheurtjes ontstaan. Zowel koudgewalst staal als warmgewalst staal dat ontdaan is van de walshuid moet licht ingeolied worden.

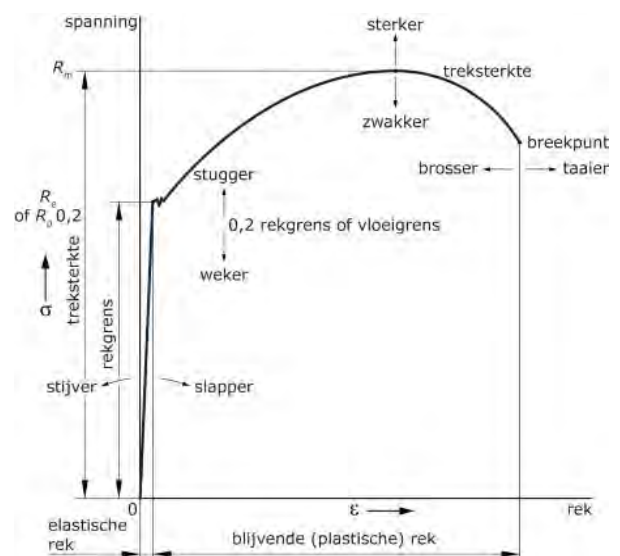
1.4 Voor buigen geschikte materialen

Materialen die geschikt zijn om te buigen houden hun nieuwe vorm na het buigen. Je kunt een materiaal als rubber goed buigen, maar dit materiaal veert terug in zijn oorspronkelijke vorm. Dus: bij buigen gaat het om een blijvende vormverandering. De eigenschappen van een materiaal bepalen of het materiaal geschikt is om te kunnen buigen. De relatie tussen vervorming en belasting speelt hierbij een belangrijke rol. Dit wordt de elasticiteitsmodulus (E) of de stijfheid genoemd. De elasticiteitsmodulus van het materiaal zorgt ervoor dat het een bepaalde mate van vervorming kan opnemen zonder dat het breekt. Een lage elasticiteitsmodulus betekent dat het materiaal elastisch (flexibel) is en een grote elasticiteitsmodulus betekent dat het materiaal stijf is. Hoe stijler de hoek hoe meer kracht er nodig is om het materiaal te rekken.

Spannings-rekdiagram

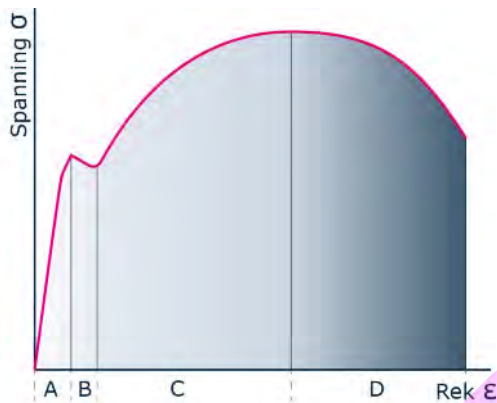
Met het spannings-rekdiagram kun je bepalen of een materiaal geschikt is om te buigen. Het spannings-rekdiagram geeft de mechanische eigenschappen van materialen zoals staal, aluminium en RVS. Uit het diagram is uit te lezen hoeveel het materiaal uitrekt (horizontale as) bij een bepaalde spanning (verticale as).

In sommige fasen is er sprake van elastische vervorming, terwijl in andere fasen sprake is van blijvende (plastische) vervorming.



Spannings-rekdiagram

In het plastisch vervormingsgebied zijn drie fasen te onderscheiden (fase B, C en D). De fasen geven het gedrag van het materiaal weer. In fase A is er sprake van elastisch gedrag. In fase B begint het materiaal te vloeien, vanaf hier is het materiaal blijvend vervormd. Om het materiaal te kunnen bewerken is het nodig om een spanning aan te brengen die in fase C zichtbaar is. Deze fase wordt versterking genoemd. Wordt er teveel spanning aangebracht, dan zal het materiaal bezwijken. Dit wordt zichtbaar in fase D, die insnoering wordt genoemd. Het materiaal wordt zover uit elkaar getrokken dat het plaatselijk verdunt totdat het uiteindelijk breekt.



Fasen in een spanning-rekdiagram



9. Hoe kun je met een spannings-rekdiagram bepalen of een metaal geschikt is om te buigen?
