

Plaat- en profielbewerking 1

Inhoudsopgave

PPB01	Knippen
PPB02	Ponsen en contourbewerkingen
PPB03	Autogeen- en plasma snijden
PPB04	Afbramen en afwerken, slijpen handgereedschap
PPB05	Zwenkbuigen
PPB06	Kanten
PPB07	Plaat- en profielwalsen
PPB08	Pijp-, strip- en profielbuigen
PPB09	Berekenen neutrale lengte bij buigen
PPB10	Klinken en felsen

Zwenkbuigen

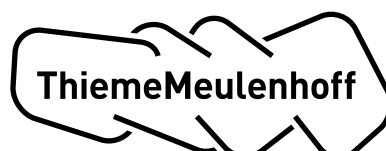


TOUCHTECH

Auteur
H. Hebels

Eindredactie
G. Siemens

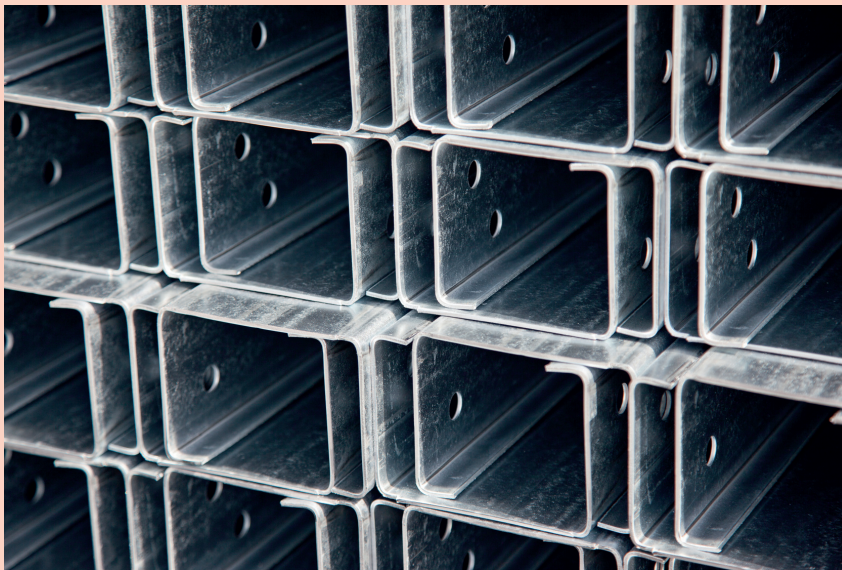
PPB05



Introductie

Zwenkbuigproducten

Je ziet op de foto een aantal gestapelde kabelgoten die vers uit de plaatwerkerij komen. De lengte van de goten is 2000 mm. De goten zijn gemaakt van 3 mm dik gegalvaniseerd plaatstaal. Nadat de platen op maat zijn geknipt, worden ze op een zetbank volgens de zwenkbuigmethode in het gewenste model gebogen. Om het volume voor transport zo klein mogelijk te houden, zijn ze op een ingenieuze manier gestapeld.



Figuur 1

Oriënterende vragen

- Hoeveel buigingen heeft een kabelgoot?
- Zal het buigen op een handzetbank of een machinale zetbank zijn uitgevoerd?

Theorie

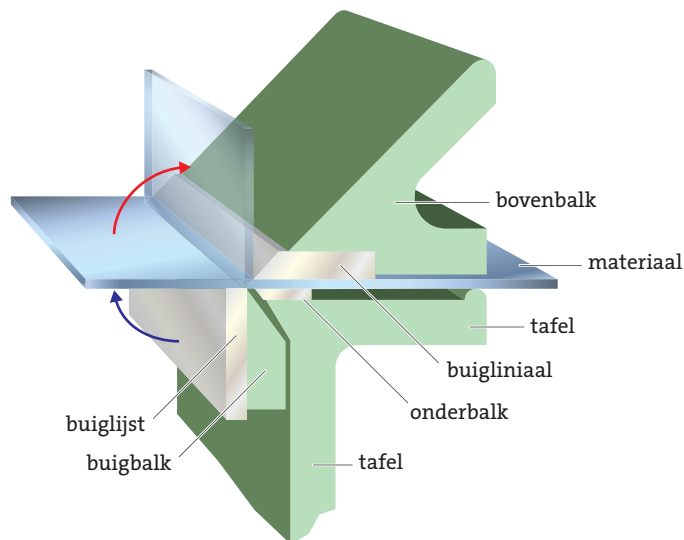
Kernvragen

- Hoe komt de buiging bij zwenkbuigen tot stand?
- Wat gebeurt er met het materiaal tijdens het zwenkbuigen?
- Welke machines en gereedschappen kies je om een zwenkbuiging te maken?
- Hoe teken je het uitgangsmateriaal af bij een zwenkbuiging?
- Hoe ga je op een veilige manier om met buigmachines en gereedschappen?

Plastische en elastische vervorming

Met zwenkbuigen kun je plaatmateriaal een andere vorm geven. Door het materiaal te buigen wordt het blijvend (plastisch) vervormd. Zo maak je van een vlakke plaat bijvoorbeeld kokers, bakken, containers en verloopstukken. Door de buigingen wordt het eindproduct stijf en stevig.

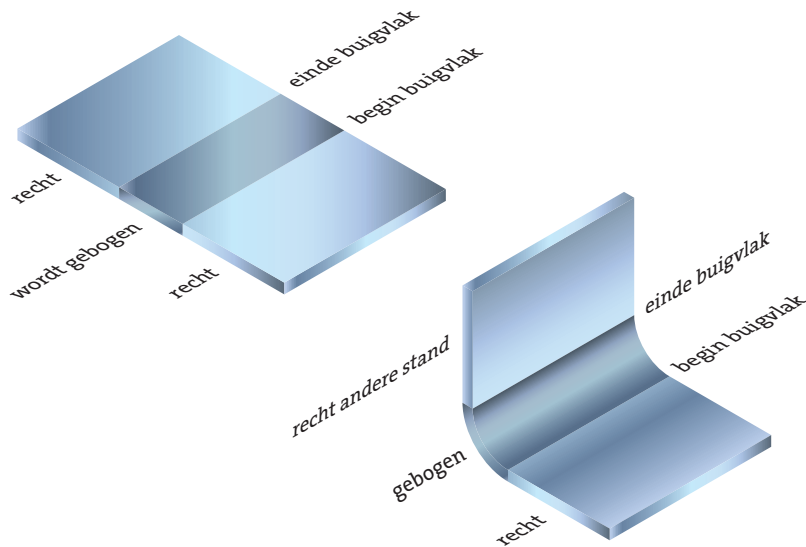
Bij zwenkbuigen klem je één zijde van het materiaal onder een gereedschapsdeel (de bovenbalk). Het materiaal wordt vervolgens door een scharnierend deel (de buigbalk) omgebogen, zoals in figuur 2 is getekend.



Figuur 2 Principe zwenkbuigen

Elastische vervorming zie je als je na een buigslag de buigbalk terug laat komen. De gebogen plaat veert hierdoor terug. Daarom moet de **buighoek** altijd groter zijn dan de **producthoek**. Dit noem je overbuigen. De producthoek ontstaat dus door de **plastische vervorming** van het materiaal.

Bij zwenkbuigen vervorm je slechts een klein gedeelte van het materiaal. Het grootste deel van het plaatmateriaal verandert niet van vorm, maar neemt alleen een andere stand in.



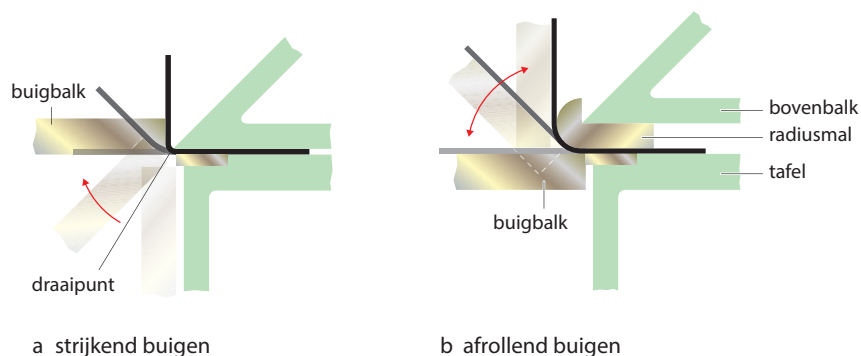
Figuur 3 Veranderingen in het materiaal bij buigen

Aan de buitenkant van de gebogen bocht is het materiaal langer geworden. Het is opgerekt. Aan de binnenkant van de bocht is het materiaal korter geworden. Het is **gestuikt**. Ergens in de materiaaldoorsnede ligt een vezel die niet wordt gestuikt of gerekt. Deze vezel noem je de **neutrale lijn**. De plaats waar deze lijn in de doorsnede zit, is afhankelijk van de **buigradius** en de plaatdikte.

Zwenkbuigmachine

Op een zwenkbuigmachine maak je de buiging door het scharnierend gereedschapsdeel (de buigbalk) omhoog te halen. Je klemmt het materiaal tussen de liniaal van de bovenbalk en de onderbalk van het frame. Afhankelijk van de machine kun je de buigbalk op verschillende manieren langs het te buigen plaatdeel bewegen. Als je de smalle kant van de buigbalk langs het werkstuk beweegt, spreek je van **strijkend buigen**. Deze manier van buigen voer je uit met een zetbank.

Als je bij het buigen de lange kant van de buigbalk langs het werkstuk moet bewegen, spreek je van **afrollend buigen**. Deze buigmethode voer je uit met een speciale buigmachine.



Figuur 4 Strijkend en afrollend buigen

Zetbank

Zetbanken gebruik je voor het buigen van relatief dun plaatmateriaal (tot circa 6 mm) over een grote lengte (tot wel 6000 mm). De kracht die nodig is om een plaat te buigen, wordt groter bij grotere plaatdikte en buiglengte. Handzetbanken gebruik je bij plaatdikten tot 3 mm en een buiglengte tot 1500 mm.



Figuur 5 Handzetbank

Als je dikkere platen over een grotere lengte moet buigen, kies je voor een machinale zetbank.



Figuur 6 Machinale zetbank

Constructie van de zetbank

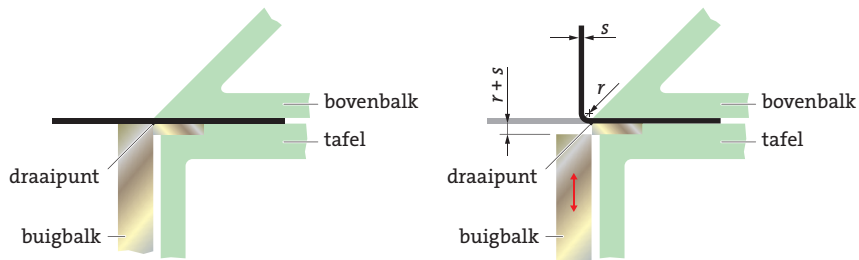
Een zetbank is opgebouwd uit verschillende hoofdonderdelen:

- Tafel: hierop zijn de onderbalk, de geleidingen, het draaipunt en de aanslagen gemonteerd.
- Onderbalk: hierop leg je de plaat.
- Bovenbalk: op deze balk zitten een buigliniaal of zetvingers. Hiermee klem je de plaat op de tafel.
- Buigbalk met buiglijst: de buigbalk scharniert om een vast of instelbaar punt op het frame en buigt de plaat.

Instellen van de zetbank

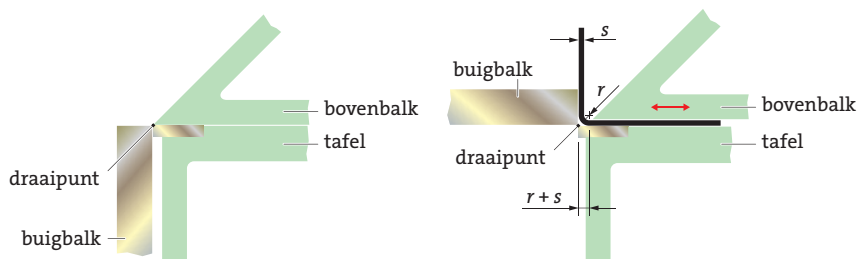
Als je materiaal buigt, vervormt het tussen de buigliniaal en de buigbalk. Aan de binnenkant van de buiging ontstaat een afronding. Hiervoor moet je ruimte maken tussen de buigbalk en de buigliniaal. Het hangt af van de constructie van de zetbank hoe je dit doet.

Bij de meeste uitvoeringen laat je de buigbalk zakken over een afstand gelijk aan de plaatdikte s plus de inwendige buigstraal r . Het draaipunt van de buigbalk ligt gelijk met de rand van de tafel of de onderbalk.



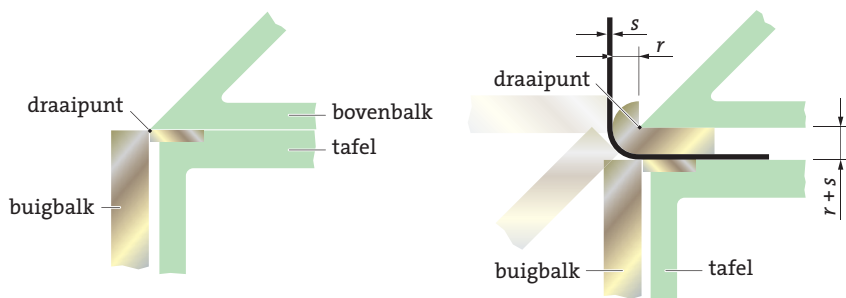
Figuur 7 Instellen van de buigbalk

Bij sommige andere uitvoeringen moet je de bovenbalk horizontaal naar rechts verplaatsen. De verplaatsing is gelijk aan de plaatdikte plus de inwendige buigstraal. Het draaipunt van de buigbalk ligt gelijk met de rand van de tafel.



Figuur 8 Instellen van de bovenbalk

Bij weer andere uitvoeringen moet je de tafel in hoogte verstellen. Het draaipunt van de buigbalk blijft op dezelfde plaats. Je laat de tafel en de buigbalk zakken over een afstand die gelijk is aan de plaatdikte plus de radius.

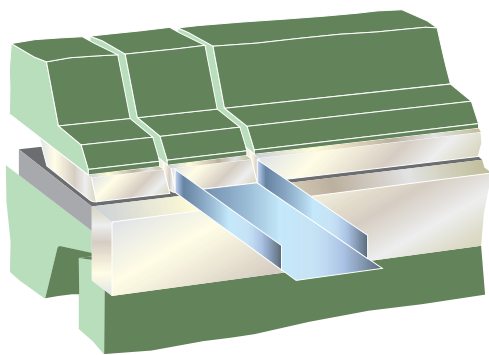


Figuur 9 Instellen van de tafel

De vierde en laatste uitvoering gebruik je als je in een product een grote, nauwkeurige afronding moet buigen. Je monteert hiervoor een zetliniaal met een radius van de grootte van de afronding op de bovenbalk. Op deze manier kun je gecontroleerd buigen. Als je bij grote afrondingen buigt met een zetbank volgens eerste drie instelmogelijkheden, heb je geen controle over de buiging. Je zult dan de plaat onnodig beschadigen en in het ergste geval de zetbank.

Vingerzetbank

Bij een vingerzetbank is de buigliniaal opgedeeld in stukken van verschillende afmetingen (vingers). Elke vinger kun je afzonderlijk in de bovenbalk monteren. Door een combinatie te maken van vingers met verschillende afmetingen, kun je **doosvormige producten** van bepaalde afmetingen buigen.



Figuur 10 Buigen van doosvormige producten

Elektromagnetische zetbank

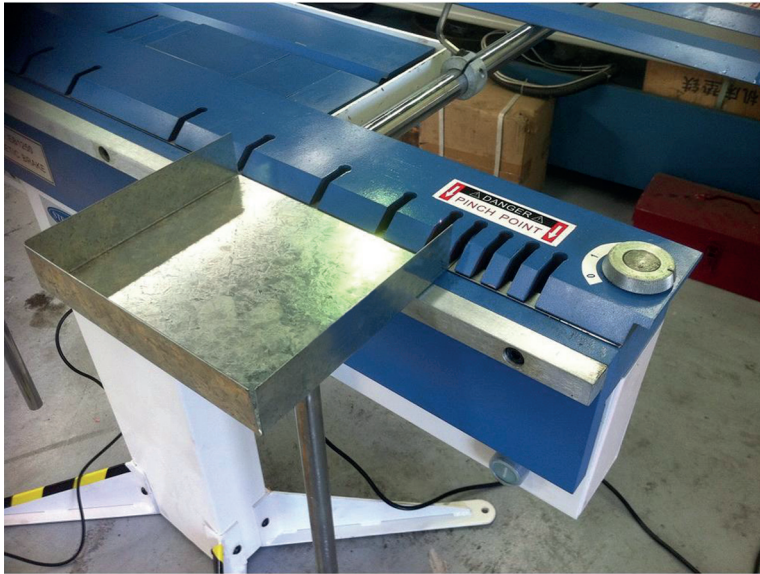
De elektromagnetische zetbank gebruik je voor het buigen van dunne platen. De plaat wordt door elektromagnetische klemming van de buigliniaal of buiglijst op de tafel gepositioneerd.



Figuur 11 Zetbank met magnetische klemming

Deze zetbank heeft geen bovenbalk, maar alleen een buigliniaal. Hierdoor kun je gemakkelijk **kokervormige producten** buigen. Als de buigbalk in de uitgangspositie staat, voer je het plaatmateriaal in. Door een druk op de knop oefen je een lichte magnetische kracht uit op de buigliniaal en de plaat. Je kunt het materiaal nog wel verschuiven en positioneren. Als je de buigbalk omhaalt om te buigen, schakelt de volle klemkracht in.

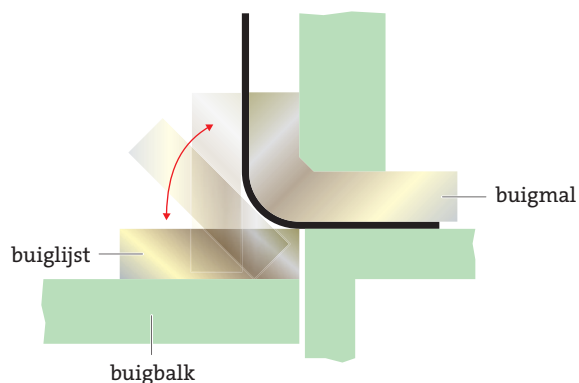
Als je een gedeelde buigliniaal of een liniaal met sleuven monteert, kun je doosvormige producten zetten.



Figuur 12 Doosvorming met magnetische klemming

Tangentiële zetbank

Op de meeste zetbanken schuift bij het buigen de buigbalk langs en over de plaat. De plaat zal hierdoor beschadigen. Vooral bij gepolijste en met kunststof beklede platen is dit onacceptabel. Om dit te voorkomen kun je een tangentiële zetbank gebruiken. Hierbij rolt de buigbalk langs het materiaal af.



Figuur 13 Afrollend buigen

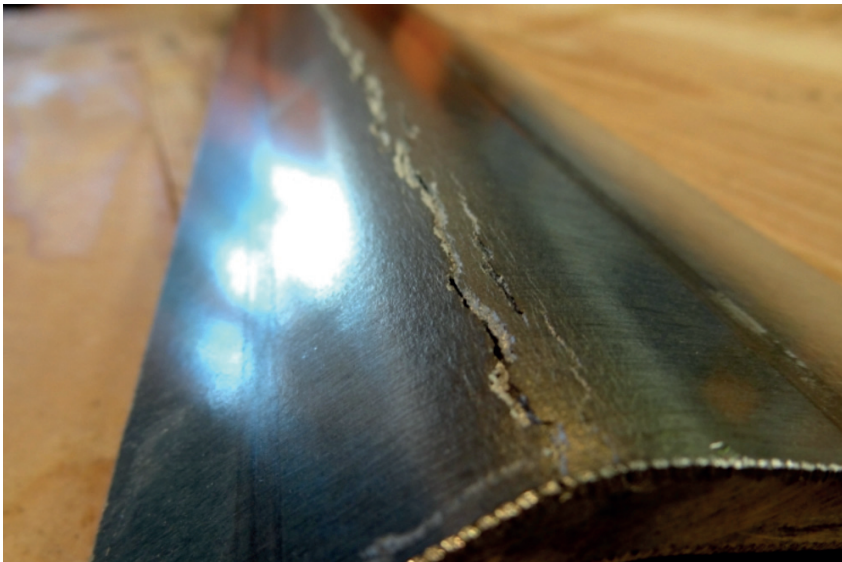
Op een tangentiële zetbank kun je ook geprofileerde platen buigen. Buiglijst en buigmal zijn dan aangepast aan de vorm en afmeting van het profiel van het product. De profielhoogte mag dan niet hoger zijn dan een derde deel van de buigradius.

Uitgangspunten bij zwenkbuigen

Als je metaal buigt, zal dit alleen over de neutrale lijn zijn oorspronkelijke lengte houden. Ook zal het materiaal na de buigslag terugveren. Je mag de buigradius of buigstraal dus niet te klein kiezen, omdat het materiaal hierdoor scheurt.

Buigradius

Als je met een kleine buigstraal wilt buigen, zal het materiaal veel moeten oprekken. Wanneer je hierbij het rekpercentage van het materiaal overschrijdt, zal het gaan scheuren.



Figuur 14 Scheurvorming op de zetlijn

De kleinste buigradius hangt af van de materiaalsoort en de materiaaldikte. In formulevorm:

$$R = c \cdot s$$

Met:

R = buigradius in mm

c = buigfactor

s = plaatdikte in mm

Voor enkele bekende metaalsoorten zie je buigfactor c in tabel 1.

Tabel 1 c -waarde bij buigen

Materiaal	c -waarde	Materiaal	c -waarde	Materiaal	c -waarde
S235	0,5	zacht aluminium	0,3	AlMgSi	1,8
S325	0,65	hard aluminium	1,6	AlMg7	2,7
S355	0,8	zacht koper	0,3	MgMn	ca. 5
rvs	0,5	zacht messing	0,35	zink	0,4
dieptrekstaal	0,5	hard messing	0,6		

Praktijkvoorbeeld: Berekenen van de buigradius

Je buigt een plaat S235 van 6 mm dik.

Gegeven

c -waarde = 0,5

Gevraagd

Wat is de kleinste buigradius?

Oplossing

$$R = c \cdot s$$

$$R = 0,5 \times 6 = 3 \text{ mm}$$

Materiaalafmeting

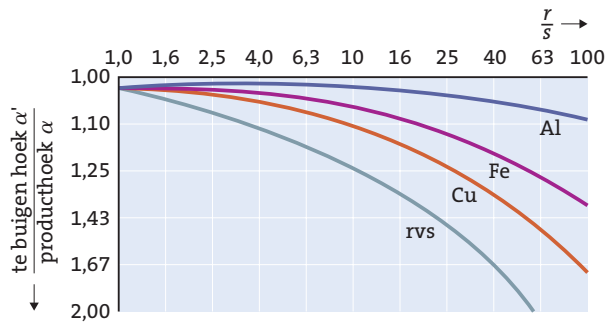
Het is belangrijk dat je de plaatafmetingen van een te buigen product van tevoren nauwkeurig bepaalt. De lengte van de vlakke plaat waarvan je een product buigt, heet de **uitgeslagen of gestrekte lengte**.

Bij zwenkbuigen veranderen bepaalde delen van het product niet van vorm en dus ook niet van lengte. De delen die worden gebogen, veranderen wel van vorm, maar over de neutrale lijn niet van lengte. De ligging van de neutrale lijn in het gebogen deel is afhankelijk van de buigradius.

De uitgeslagen of gestrekte lengte kun je op verschillende manieren bepalen. Je kunt de lengte in zijn geheel berekenen. Volgens een andere methode ga je uit van de uitwendige of inwendige afmetingen van het product en leest in een grafiek of een tabel correctiewaarden af die je moet verwerken in de uitgeslagen lengte.

Terugvering

Om de terugvering bij buigen te compenseren, moet je de buigbalk verder buigen dan de uiteindelijke producthoek. Dit noem je overbuigen, zoals eerder al is vermeld. Hoeveel je moet overbuigen, is afhankelijk van het materiaal en de verhouding $\frac{r}{s}$. In de grafiek van figuur 15 kun je aflezen hoe ver je voor verschillende metalen moet overbuigen.



Figuur 15 Percentage overbuigen voor verschillende metalen

Praktijkvoorbeeld: Overbuigen van een koperplaat

Gegeven

In een koperplaat van 2 mm buig je een hoek van 90° met een buigradius van 20 mm.

Gevraagd

Hoeveel moet je overbuigen om een producthoek van 90° te krijgen?

Oplossing

$$\frac{r}{s} = \frac{20}{2} = 10$$

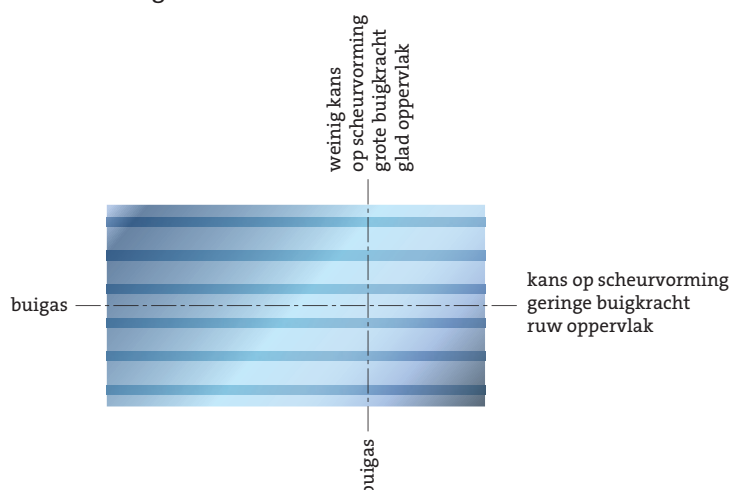
De lijn voor koper (Cu) snijdt $\frac{r}{s} = 10$ op de waarde 1,10

De buighoek is dus $1,10 \times 90 = 99^\circ$

Je moet dus $99 - 90 = 9^\circ$ overbuigen.

Invloed van de walsrichting

De walsrichting van het uitgangsmateriaal is van invloed op de buiging. Als je een buiging haaks op de walsrichting maakt, is daar meer kracht voor nodig dan wanneer je evenwijdig aan de walsrichting buigt. De kans op scheurvorming is bij buigen haaks op de walsrichting kleiner dan bij het buigen evenwijdig aan de walsrichting. Het oppervlak van de buitenbocht is ruwer als je een buiging evenwijdig aan de walsrichting maakt.



Figuur 16 Invloed van de walsrichting bij buigen

Invloed van de plaatdikte

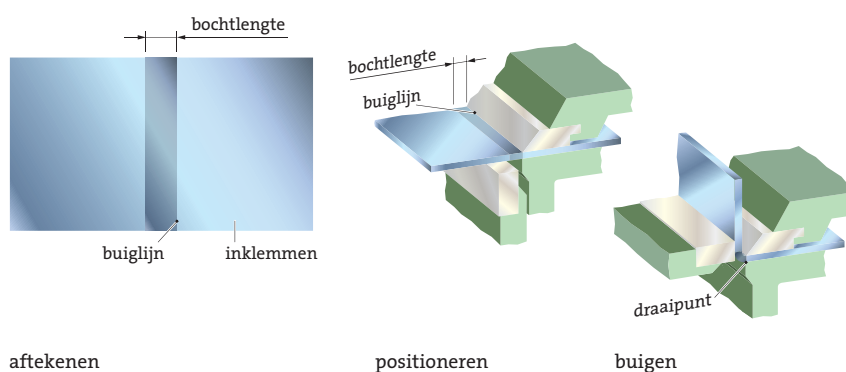
Bij zwenkbuigen kan een plaatselijke positieve afwijking in de plaatdikte beschadiging in de buighoek veroorzaken. Het klemmen van de plaat gaat slechter door plaatselijke dikteverschillen in de plaat. De bovenbalk drukt het product dan niet overal voldoende aan. Hierdoor kan de plaat tijdens het buigen verschuiven, waardoor beschadiging van de binnenhoek kan optreden.

Praktijk van zwenkbuigen

Als de plaatafmeting van het te buigen product bekend is, kun je op de plaat de buiglijnen aftekenen en de buigvolgorde bepalen.

Aftekenen

In een zwenkbuigwerk zitten delen die wel en delen die niet van vorm veranderen.



Figuur 17 Aftekenen bij zwenkbuigen

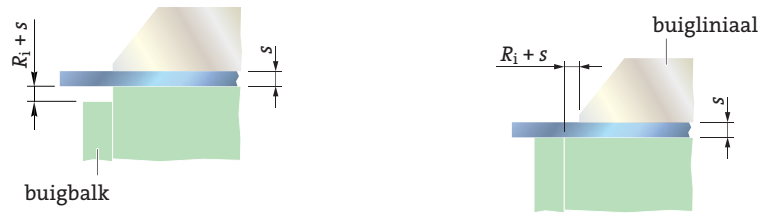
Uit de werktekening kun je de delen bepalen die niet worden gebogen. Deze delen klem je onder de bovenbalk met de liniaal. Je positioneert de **buiglijn** van het begin van de bocht onder de buigliniaal. Het uitstekende gedeelte buig je. Als je meer producten van dezelfde afmetingen moet buigen, gebruik je de achteraanslag. Na het instellen maak je een proefbuiging en controleer je of de ingestelde waarden leiden tot het product volgens de tekening. Je past zo nodig de instelling aan.

Instellen van de vorm

De vorm van het product bepaalt welke zetliniaal of zetvingers je moet gebruiken. Voor doosvormige producten moet je een gedeelde liniaal monteren. De benodigde vingerbreedte haal je uit de werktekening van het product.

De buighoek en de terugvering stel je in met de blokkering op de buigas. Ook dit controleer je met de proefbuiging.

Afhankelijk van de uitvoering van de machine stel je deze in op plaatdikte en buigradius. Dit kan door horizontale verplaatsing van de bovenbalk of verticale verplaatsing van de buigbalk.



Figuur 18 Instelling op plaatdikte en buigradius

Ongeacht de machine-uitvoering bereken je de instelling volgens de formule:

$$x = R_i + s$$

Met:

x = verschuiving in mm

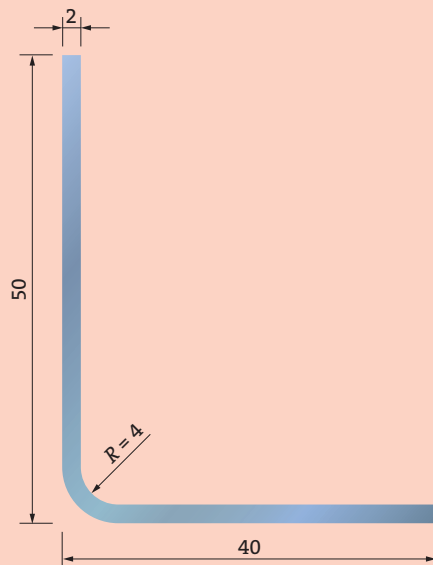
R_i = inwendige buigstraal in mm

s = plaatdikte in mm

Praktijkvoorbeeld: Instellen van de plaatdikte en buigradius

Gegeven

In een product maak je een buiging zoals in figuur 19.



Figuur 19 Hoeklijst

Gevraagd

Hoe ver moet je de bovenbalk verschuiven om deze hoeklijst te kunnen buigen?

Oplossing

De verschuiving is: $x = R_i + s = 4 + 2 = 6$ mm.

Proefbuigen

Met een proefbuiging stel je de definitieve instelling van de machine vast. De *producthoek* controleer je met een gradenboog. Je houdt hierbij rekening met de terugvering. Na correctie moet je opnieuw een proefbuiging uitvoeren. Na het vastleggen van de *buighoek* controleer je de maatvoering en de buigradius. Correctie op de maatvoering doe je met een achter-, voor- of zijaanslag. Als je alle buigingen in het product kunt uitvoeren, heb je een juiste buigvolgorde gekozen. Soms moet je een product wenden of keren.

Stappen in het buigproces

Het buigproces kent een aantal stappen:

1. materiaal invoeren
2. positioneren en klemmen
3. buigen
4. volgende buiging of product uitnemen
5. controleren

Stap 1: Materiaal invoeren

De plaat wordt tegen de achter aanslag gelegd. De waarde van de instelling haal je uit de proefbuiging. Als je de achter aanslag niet kunt gebruiken, gebruik je de vooraanslag. Soms doe je dat in combinatie met een zijaanslag. In het uiterste geval maak je gebruik van buiglijnen die je op de plaat aftekent.

Stap 2: Positioneren en klemmen

Je beweegt de bovenbalk naar beneden en laat de liniaal of buigvingers op de plaat rusten. Door de kleine aandrukkracht kun je de plaat nauwkeurig positioneren. Lange uitstekende plaatbenen (plaatdelen) moet je extra ondersteunen, vooral bij dunne platen. Na het positioneren geef je met de bovenbalk de maximale klemkracht.

Stap 3: Buigen

Buigen doe je door de buigbalk over de ingestelde hoek te verdraaien tot het aanslagpunt. De buiglijst heb je ingesteld op plaatdikte en buigradius. Na een korte wachttijd beweeg je de buigbalk terug naar de beginpositie. De plaat veert hierbij enigszins terug.

Als je in het product meerdere buigingen moet maken, herhaal je stappen 1, 2 en 3.

Stap 4: Volgende buiging of product uitnemen

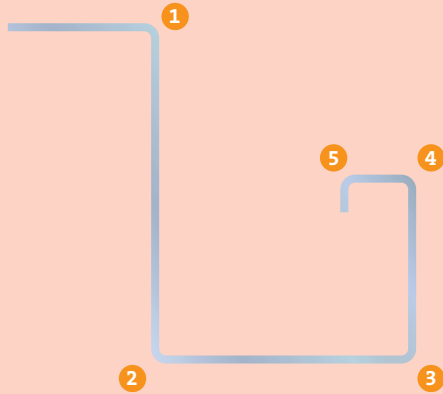
Nadat de buigbalk in zijn beginpositie is teruggekeerd, beweeg je de bovenbalk omhoog. De plaat kun je uitnemen en opnieuw positioneren voor een eventuele volgende buiging. Als alle buigingen klaar zijn, neem je het product uit de machine.

Stap 5: Controleren

Je controleert de afmeting van het product. Als de maatvoering niet klopt, moet je de instelling aanpassen. Tijdens de productie controleer je steekproefsgewijs of het product nog aan de gestelde maatvoering voldoet.

Praktijkvoorbeeld: De buigvolgorde in stappen**Gegeven**

Je buigt een product volgens de tekening in figuur 20.



Figuur 20 Zwenkbuigproduct

Gevraagd

Bepaal de buigvolgorde en geef de buigstappen aan.

Oplossing

De buiging gaat in vijf stappen, te beginnen met bocht 5 en eindigend met bocht 2, zoals in figuur 21 is weergegeven.

stap 1 5 _____

stap 2 4 _____
schuiven

stap 3 3 _____
schuiven

stap 4 1 _____
wenden

stap 5 2 _____
90° keren

Figuur 21 Buigvolgorde bij zwenkbuigen

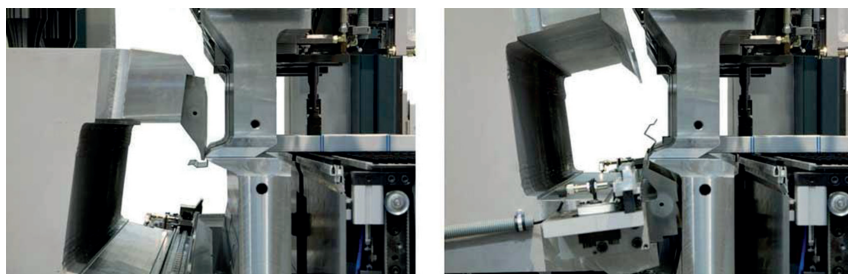
CNC-zwenkbuigen

Bij CNC-zwenkbuigen wordt de plaat minder beschadigd dan bij conventioneel buigen. De constructie van de buigmachine en besturing maken het mogelijk om de zwenkbaan te veranderen en over te gaan op afrollend buigen. Hierdoor kun je complexe producten buigen en zelfs geverfde en gecoate plaat verwerken tot eindproducten.



Figuur 22 Product gemaakt op een CNC-strijkbuigmachine

De buigbalk van CNC-strijkbuigmachines heeft een C-vorm met aan beide uiteinden een buigshoof.



Figuur 23 CNC-strijkbuigmachine

Door de vorm van de buigbalk is het mogelijk om van buigrichting te wisselen. Hierbij kun je al gebogen delen ontwijken. Dat kan doordat de CNC-besturing de bewegingsbaan berekent en aanstuurt. Tijdens het buigen wordt het materiaal geklemd met een aantal klemvingers.

Veiligheid en onderhoud

Als je de zwenkbuigmachine goed onderhoudt, verleng je de levensduur. De leverancier geeft in zijn documentatie richtlijnen aan.

In het algemeen moet je de smeerpunten van de geleidingen periodiek smeren. De buiglijsten moet je regelmatig schoonmaken en voorzien van een laagje olie. Controleer de buiglijsten regelmatig op beschadigingen. Beschadigingen kun je repareren door ze weg te vijlen. Diepe indrukkingen kun je oplassen en daarna bijwerken.

Als je op een mechanische zwenkbuigmachine buigt, moet je rekening houden met de buigsnelheid. De buigbalk gaat namelijk met dezelfde snelheid omhoog als dat het product wordt gebogen. Ga tijdens de bediening aan de zijkant staan. Hierdoor blijf je buiten het bereik van de buigbalk.

Als je met iemand samenwerkt, moet je met elkaar afspreken wie wat doet. De bedieningsman geeft van tevoren afgesproken tekens aan zijn maat voor elke handeling die plaatsvindt.

Klem zo mogelijk de langste kant van het te buigen product en ga in elk geval aan de zijkant van de plaat staan tijdens de buigslag. Bij het werken met de zwenkbuigmachine moet je werkhandschoenen dragen om verwonding door scherpe plaatranden te voorkomen.

Samenvatting

Bij zwenkbuigen klem je het materiaal aan één zijde onder de bovenbalk en wordt het door een de buigbalk (scharnierend deel) omgebogen.

Bij elastische vervorming moet de buighoek altijd groter zijn dan de producthoek. Dit noem je overbuigen. Hoeveel je moet overbuigen, is afhankelijk van het materiaal en de verhouding $\frac{r}{s}$. Je leest dit voor verschillende materialen af in tabellen.

Een zetbank is opgebouwd uit:

- een tafel;
- een onderbalk;
- een bovenbalk met buigliniaal of vingers;
- een buigbalk met buiglijst.

Handzetbanken gebruik je bij een plaatdikte tot 3 mm en een zetlengte tot 1500 mm.

Machinale zetbanken gebruik je voor het buigen van plaatmateriaal tot circa 6 mm dik en een lengte van ongeveer 6000 mm.

Bij een vingerzetbank is de buigliniaal opgedeeld in stukken van verschillende afmetingen.

Een elektromagnetische zetbank gebruik je voor het buigen van een dunne staalplaat. De plaat wordt door elektromagnetische klemming van de buiglijst op de tafel gepositioneerd.

Bij een tangentiële zetbank rolt de buigbalk langs het werkstuk af. Daardoor beschadigt het te buigen product niet. Je kunt met deze zetbank gepolijste plaat en met kunststof beklede plaat buigen.

Als je een materiaal buigt, rekken de materiaalvezels aan de buitenbocht en stuiken de vezels in de binnenbocht. Alleen over de neutrale lijn houdt het materiaal zijn oorspronkelijke lengte. Deze lijn is dus belangrijk voor het bepalen van de afmeting van het uitgangsmateriaal.

De kleinste radius die je kunt buigen zonder dat het materiaal scheurt, hangt af van de materiaalsoort en de materiaaldikte. In formulevorm:

$$R = c \cdot s$$

De *c*-waarde lees je af in een tabel.

Een buigproces voer je uit in vijf stappen:

1. materiaal invoeren
2. positioneren en klemmen
3. buigen
4. volgende buiging of product uitnemen
5. controleren

Bij CNC-zwenkbuigen wordt de plaat minder beschadigd dan bij handmatig buigen. Tijdens het buigen wordt het materiaal geklemd met een aantal klemvingers.

Door de constructie van CNC-machines en de besturing ervan kun je de buigbaan veranderen en overgaan op afrollend buigen. Hierdoor kun je complexe producten buigen, ook van geverfde en gecoate plaat.

Door de vorm van de buigbalk kun je van buigrichting wisselen, omdat de CNC-besturing de bewegingsbaan berekent en aanstuurt. Hierbij kun je al gebogen delen ontwijken.

Tijdens de bediening van zetbanken moet je aan de zijkant staan. Hierdoor blijf je buiten het bereik van de buigbalk. Klem zo mogelijk de langste kant van het te buigen product in.

Bij samenwerking geeft de bedieningsman van tevoren afgesproken tekens aan zijn maat voor elke handeling die plaatsvindt.

Bij het werken met zwenkbuigmachines moet je werkhandschoenen dragen om verwonding door scherpe plaatranden te voorkomen.

Video

Bekijk de video over buigen met een magnetische buigmachine:

<http://qr.linktm.nl/qr1001580>

Bekijk de video over buigen op een moderne zetbank:

<http://qr.linktm.nl/qr1001581>

Bekijk de video over CNC-strijkbuigen:

<http://qr.linktm.nl/qr1001582>

Begrippen

Afrollend buigen	Buigmethode waarbij de buigbalk langs het materiaal rolt.
Buighoek	In te stellen hoek op een buigmachine (producthoek plus terugvering).
Buiglijn	Aangegeven lijn waarlangs de buiging plaatsvindt.
Buigradius	Afronding die bij buigen aan de binnenkant van de bocht ontstaat.
Doosvormig product	Buigproduct met vier opstaande zijden.
Elastische vervorming	Vervorming die verdwijnt na het wegnemen van de belasting.
Kokervormig product	Buigproduct waarbij de plaatdelen na de laatste buiging aan elkaar sluiten.
Neutrale lijn	Materiaalvezel die tijdens het buigen niet van lengte verandert.
Plastische vervorming	Blijvende vervorming van het materiaal.
Producthoek	Aangegeven hoek van een product.
Strijkend buigen	Buigmethode waarbij de buigbalk langs het materiaal schuift.
Stuiken	Plaatselijke blijvende vervorming door een drukkracht.
Uitgeslagen of gestrekte lengte	Optelsom van de benodigde plaatlengte om alle buigingen van een product te kunnen realiseren.

Theorieopdrachten

- 1 Bij het zwenkbuigen klem je het materiaal tussen
 - a de bovenbalk en de buigbalk.
 - b de buigbalk en het frame.
 - c de buigliniaal en de onderbalk.
 - d de onderbalk en de bovenbalk.

- 2 Kies de juiste woorden.

Bij een buiging op een zetbank wordt het materiaal aan de buitenbocht **korter/langer**. Je noemt dit **rekken/stuiken**. In de binnenbocht wordt het materiaal **korter/langer**. Dit noem je **rekken/stuiken**.

Als de elastische rek van een materiaal groot is, zal het na het buigen **veel/weinig** terugveren. De buighoek is dan veel **groter/kleiner** dan de uiteindelijke producthoek.

- 3 Wanneer spreek je van gecontroleerd (radius)buigen?
 - a Als je met een kleine radius buigt en daarvoor de buigbalk laat zakken.
 - b Als je voor het buigen met een grote radius de bovenbalk horizontaal verplaatst.
 - c Als je voor het buigen met een grote radius de tafel laat zakken en een buigmal gebruikt.
 - d Als je voor het buigen met een kleine radius de tafel laat zakken.

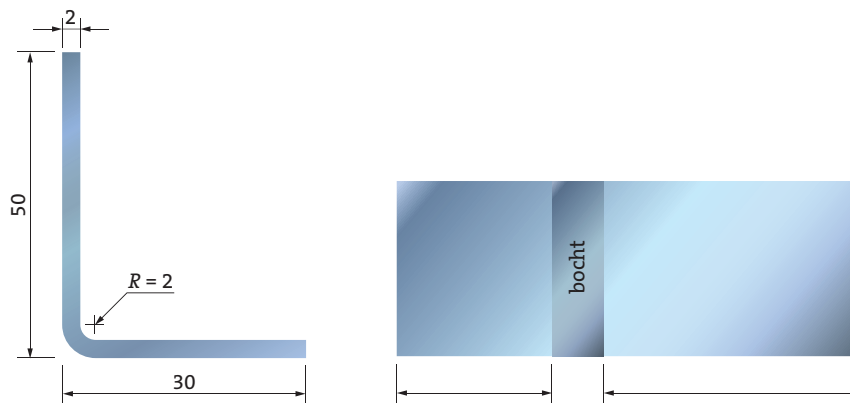
- 4 Met een tangentiële buigmachine kun je een gecoate plaat buigen zonder dat deze beschadigt.

Geef hiervoor een verklaring.

- 5 Waarom moet je bij machinaal buigen op een zetbank tijdens het buigen aan een van de zijkanten van de machine gaan staan?
 - a Je kunt dan het bedieningspaneel beter bereiken.
 - b Je kunt dan het buigproces beter volgen.
 - c Je wordt dan niet geraakt door de buigbalk.
 - d Je wordt dan niet geraakt door omhoogkomende plaatbenen.

Opdrachten uit de praktijk

- 1 Tijdens je controle blijkt het gebogen product aan de binnenbocht sterk ingesneden.
Wat kun je doen om dit bij het buigen van een volgend product te voorkomen?
Kies twee mogelijkheden.
- a** de bovenbalk horizontaal verschuiven
 - b** de buigbalk laten zakken
 - c** een afronding aanbrengen aan de buigliniaal
 - d** een buigmal toepassen
 - e** een kleinere drukkracht toepassen
 - f** het draaimoment vergroten
- 2 Je gaat het product in figuur 24 buigen. Vooraf teken je de voorgeknipte plaat af. Je besluit het langste been in te klemmen.
Vul de ontbrekende maten in op de tekening en arceer het gedeelte dat je inklemt.

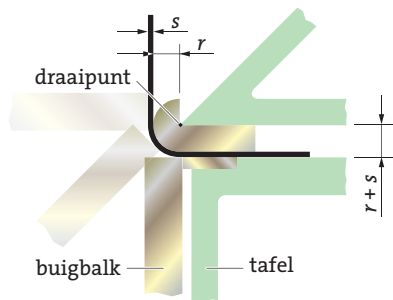


Figuur 24 Aftekenen hoeklijn

- 3 Je gaat een beugel buigen van platstaal 25×6 . Het materiaal is constructiestaal S235.
Wat is de kleinste buigradius in dit materiaal?

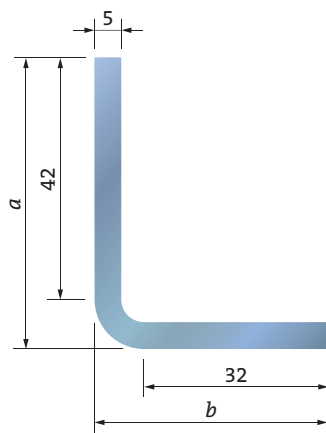
- 4 Om een rvs-bak te maken, buig je de opstaande kanten van een vlakke plaat onder een hoek van 90° met een buigradius van 15 mm. De plaat is 1,5 mm dik. Hoeveel moet je overbuigen om een producthoek van 90° te krijgen?

- 5 Je moet een product buigen onder een hoek van 75° . Buigradius $r = 10 \text{ mm}$ en de plaatdikte is 2 mm . Je voert dit uit op een zetbank waarbij de instelling gaat volgens het principe in figuur 25. Hoe stel je de zetbank in?



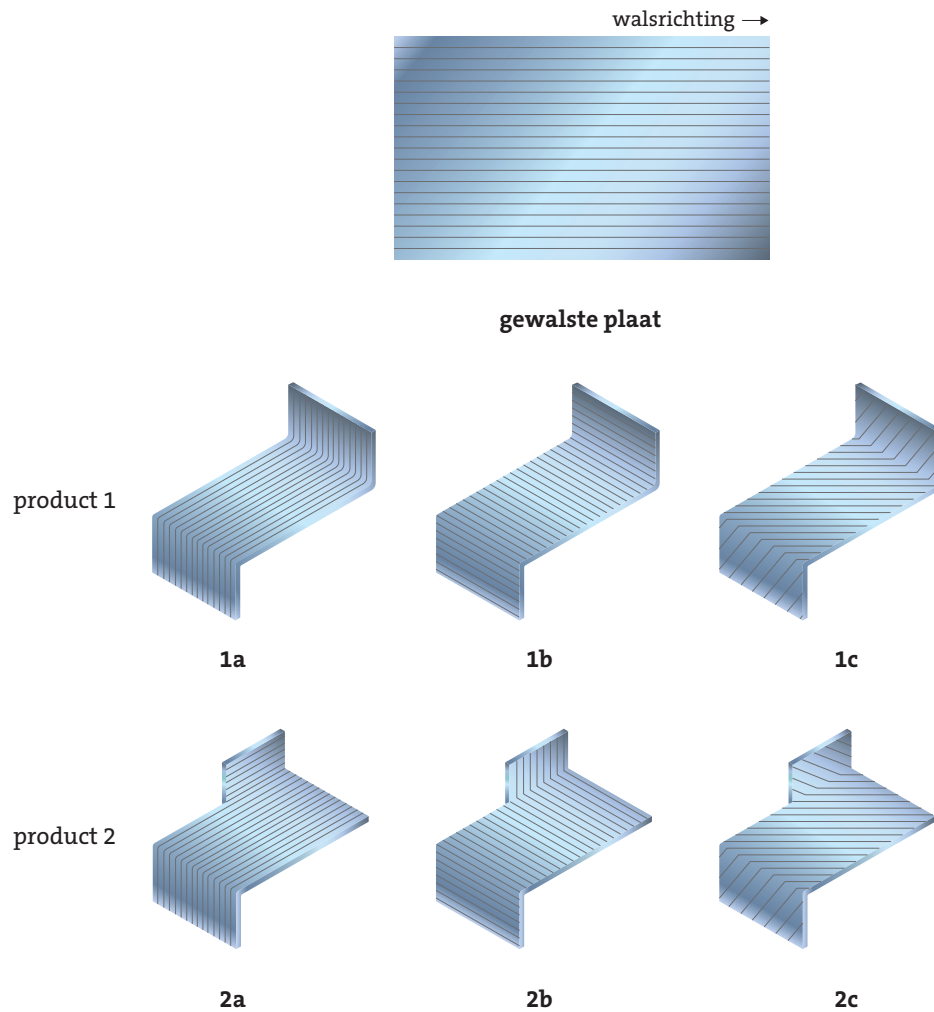
Figuur 25 Radius buigen

- 6 Je neemt een buigklusje over van een collega. Hij heeft een stripje voor de proefbuiging al op maat gezaagd en afgetekend. Het materiaal is constructiestaal S235 met een dikte van 5 mm . De buigradius moet zo klein mogelijk zijn. De tekening van het product is helaas verdwenen. In de overdracht staat alleen dat de buiglijn op 42 mm moet liggen. Bekijk figuur 26. Hoelang worden zijde a en zijde b?



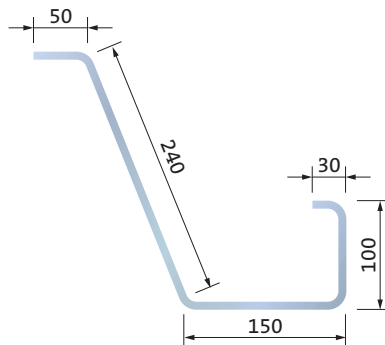
Figuur 26 Van uitslag naar product

- 7 Je moet product 1 en 2 uit aluminiumplaat buigen (zie figuur 27). De walsrichting is aangegeven. Welke van de zes methoden gebruik je voor product 1 en welke voor product 2?



Figuur 27 Walsrichting bij buigen

- 8 Je moet het product in figuur 28 buigen op een zetbank.
Welke stappen moet je nemen voor het buigen van dit product?



Figuur 28 Goot

- 9 Bij controle blijkt dat je buigproduct uit een 6 mm dik stripje in de breedte niet aan de vereiste maat voldoet. Uit een controlemeting blijkt dat de breedtemaat ter plekke van de buiging bijna 2 mm groter te zijn dan de oorspronkelijke stripbreedte.
Hoe kan dit?

- 10 Waarom moet je bij het buigen op een machinale zetbank werkhandschoenen dragen?

Evaluatie en reflectie

Checklist

Hierna zie je een checklist met de onderwerpen die aan de orde zijn geweest. Geef aan welke onderwerpen je goed beheerst en welke je nog beter moet bestuderen.

Je kunt:

- ☐ aangeven hoe een zwenkbuiging tot stand komt.
- ☐ de invloed van de materiaaleigenschappen op de buiging uitleggen.
- ☐ de juiste machine en gereedschappen kiezen om een zwenkbuiging te maken.
- ☐ het uitgangsmateriaal op een juiste manier aftekenen.
- ☐ de instelling voor een buiging op de zetbank bepalen.
- ☐ de juiste buigvolgorde voor het buigen van een product bepalen.
- ☐ op een veilige manier omgaan met buigmachines en gereedschappen.

Zelftoets

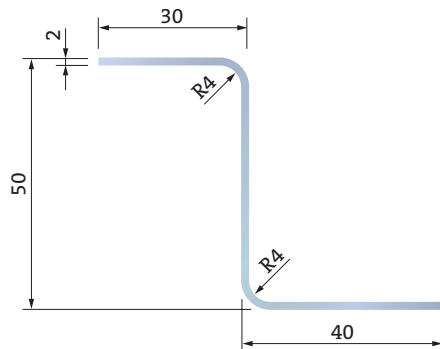
Test jezelf, maak de zelftoets.

- 1 Waaronder buig je kokervormige producten van dunne plaat?
 - a zetbank met magnetische klemming
 - b zetbank met uitzwenkbare bovenbalk
 - c zetbank met vingers
 - d zetbank met zetlijst

- 2 Wat moet je doen als je een grote radius wilt buigen op een zwenkbuigmachine?
 - a Je gebruikt een radiusliniaal.
 - b Je verplaatst de tafel en gebruikt een buigmal.
 - c Je verplaatst de tafel verticaal.
 - d Je verplaatst het klempunt en gebruikt een buigmal.

- 3 Bij tangentieel buigen
 - a laat je de buigbalk langs het werkstuk afrollen.
 - b worden kokervormige producten gebogen.
 - c wordt de bovenbalk schuin geplaatst.
 - d wordt de buigbalk schuin geplaatst.

- 4 Hoeveel millimeter verplaats je de bovenbalk om de radius in het product van figuur 1 te kunnen buigen?
- a 2 mm
 - b 4 mm
 - c 6 mm
 - d 8 mm



Figuur 1 Z-profiel

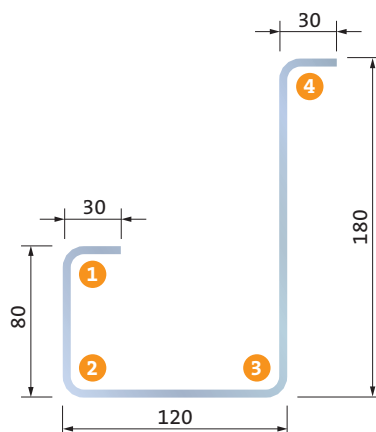
- 5 Waar teken je de buiglijn op af om het been van 40 mm van het product in figuur 1 te zetten?
- a 30 mm
 - b 34 mm
 - c 38 mm
 - d 40 mm
- 6 Machinale zetbanken worden elektrisch of hydraulisch aangedreven. Welk onderdeel wordt aangedreven?
- a de bovenbalk
 - b de buigbalk
 - c de buigliniaal
 - d de zetvingers
- 7 Waar sta je tijdens het bedienen van een machinale zwenkbuigmachine?
- a aan de kant van het kortste been
 - b achter de machine
 - c naast de machine
 - d voor de machine
- 8 Waardoor is de kans op beschadiging bij het buigen op een tangentiële buigmachine klein?
- a De inklemkracht is klein.
 - b Er is geen glijcontact tussen bovenbalk en plaat.
 - c Er is geen glijcontact tussen plaat en buigbalk.
 - d Het inklemmen gebeurt elektromagnetisch.

- 9 Hoeveel bedraagt de minimale buigstraal die je in een strip van constructiestaal S235 met een dikte van 4 mm kunt buigen op een zetbank? Gebruik de tabel.
- a 0,5 mm
 - b 1,0 mm
 - c 1,5 mm
 - d 2,0 mm

c-waarde bij buigen

Materiaal	c-waarde	Materiaal	c-waarde	Materiaal	c-waarde
S235	0,5	zacht aluminium	0,3	AlMgSi	1,8
S325	0,65	hard aluminium	1,6	AlMg7	2,7
S355	0,8	zacht koper	0,3	MgMn	ca. 5
rvs	0,5	zacht messing	0,35	zink	0,4
dieptrekstaal	0,5	hard messing	0,6		

- 10 Je buigt op een vingerzetbank die is uitgerust met rechte vingers van 40 mm dik en 200 mm hoog. Welke buigvolorde kies je voor het buigen van het product in figuur 30?
- a stap 1 – stap 2 – stap 3 – stap 4
 - b stap 1 – stap 2 – stap 4 – stap 3
 - c stap 4 – stap 1 – stap 2 – stap 3
 - d stap 4 – stap 3 – stap 2 – stap 1



Figuur 2 Kabelgoot

Pijp-, strip- en profielbuigen

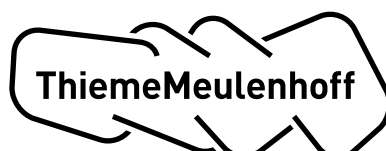


TOUCHTECH

Auteur
H. Hebels

Eindredactie
G. Siemens

PPB08



Introductie

Achtbaan

Als je loopings maakt in een attractie, zul je er niet bij stilstaan dat alle metalen pijpen en strippen die in de stelling verwerkt zijn, ooit recht waren. Ze zijn op de een of andere manier in een vorm gebogen en samengebouwd tot een spectaculaire maar veilige constructie. In zowel de achtbaan als het reuzenrad zijn tientallen gebogen constructieonderdelen verwerkt.



Figuur 1

Oriënterende vragen

- Kun je pijp van elke wanddikte buigen?
- Kun je naast strip- ook hoeklijnen buigen?

Theorie

Kernvragen

- Hoe komt bij de verschillende methoden van pijp-, strip- en profielbuigen de buiging tot stand?
- Welke machines en gereedschappen worden gebruikt bij pijp-, strip- en profielbuigen?
- Hoe teken je af bij pijpbuigen volgens de verschillende methoden?
- Hoe bepaal je de gestrekte lengte van het uitgangsmateriaal bij pijpbuigen?
- Welke maatregelen neem je om veilig te buigen?

Pijpbuigen

De manier van pijpbuigen die je kiest, hangt af van de soort pijp die je wilt buigen. Bij dunwandige pijp is er namelijk een grote kans dat de pijp aan de binnenbocht gaat plooien. Je kunt dit voorkomen door de pijp tijdens het buigen inwendig te ondersteunen met een **doorn** en uitwendig op te sluiten in een buigmal. Dit proces noem je **wikkelbuigen**.

Als je dikwandige pijp buigt, kan in de binnenbocht een platte kant ontstaan. Je moet dikwandige pijp tijdens het buigen altijd uitwendig ondersteunen in de buigmal. Je spreekt in dit geval van **persbuigen**.

Wikkelbuigen

Bij wikkelbuigen trek je de pijp om een **buigschijf**. De meest eenvoudige manier om pijpen te buigen is met een handbuigijzer of een elektrische handbuiger. De buigradius van de handbuigers varieert per leverancier.

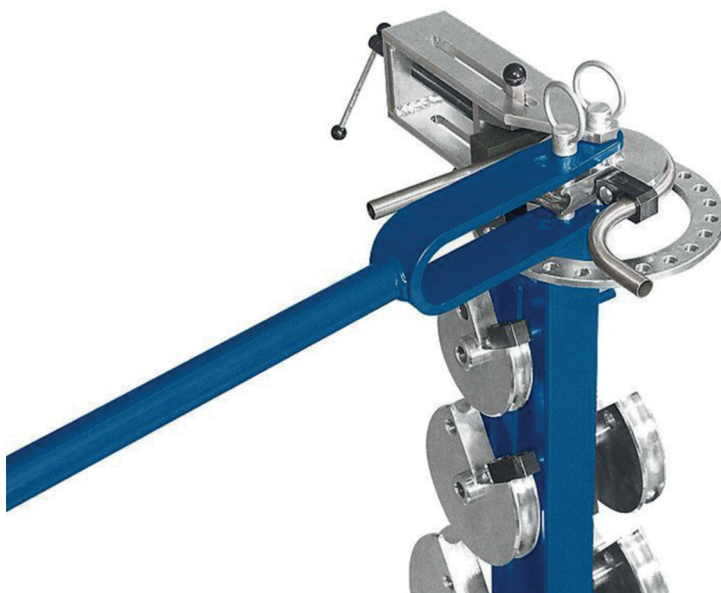


Figuur 2 a Handbuiger



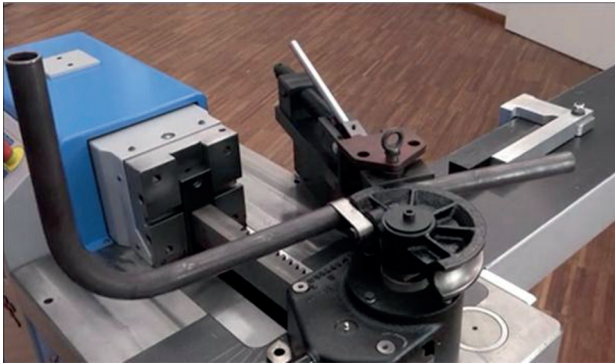
Figuur 2 b Elektrische handbuiger

Voor dikkere pijp gebruik je een verankerd buigapparaat. De buigschijf met hefboom draait op een frame. Op het frame is een vast geleidingsblok gemonteerd. Je wikkelt de pijp om de buigschijf. De pijp is op de buigplaats bijna volledig opgesloten. Hierdoor vervormt de pijp minimaal.



Figuur 3 Handwikkeld buigapparaat

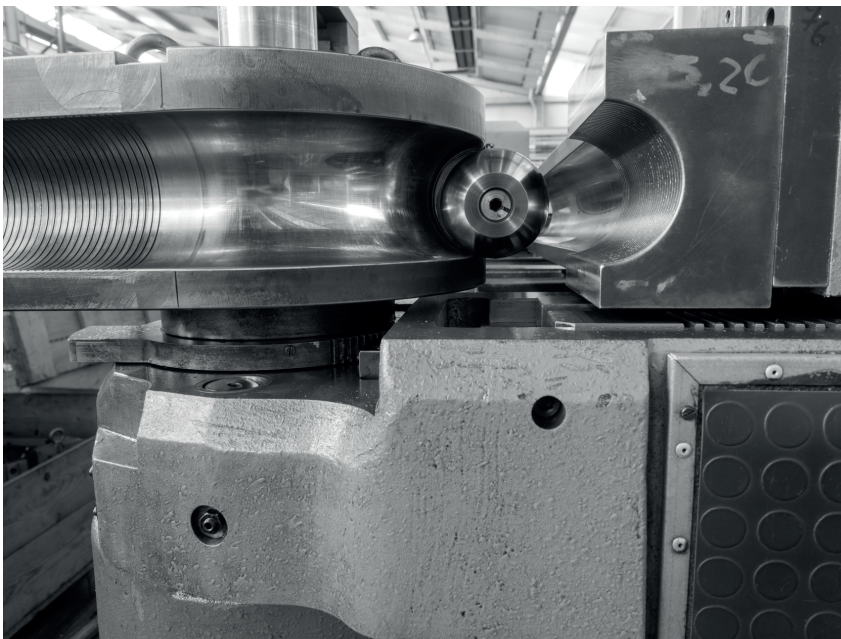
Bij machinaal buigen draait de buigschijf **hydraulisch** via een **tandwiel-heugeloverbrenging**.



Figuur 4 Machinaal wikkelbuigen

Pijpbuigen zonder doorn kun je alleen toepassen bij pijpen met een relatief grote wanddikte ($\frac{s}{d} > 0,06$). De buigradius moet groter zijn dan drie keer de pijpdiameter ($\frac{r}{d} > 3$).

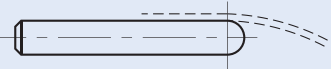
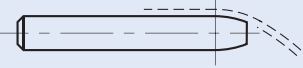
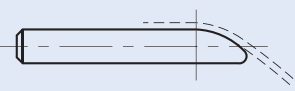
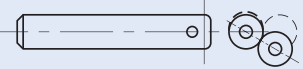
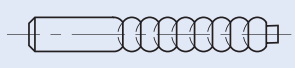
Dunnere pijp buig je met een doorn. Hierbij wordt de pijp inwendig ondersteund door een doorn.



Figuur 5 Pijpbuigen met doorn

Je **positioneert** de doorn zodanig dat de pijp op de buigplaats optimaal wordt ondersteund. Hiermee voorkom je een platte kant of plooi. In de praktijk kom je verschillende doorns tegen, met elk hun eigen specifieke toepassing (zie tabel 1).

Tabel 1 Diverse buigdoorns

Naam	Afbeelding	Toepassing
kogeldoorn		eerste toepassing
puntdoorn		verbeterde doorn
lepeldoorn		betere ondersteuning dan bij kogel- en puntdoorn
kogelketting		dunwandige pijp
gelede doorn met kabel		zeer dunwandige pijp
gelamelleerde doorn		buigen van vierkante en rechthoekige buis

Via een opening in de doorn kun je smeren waardoor de buiging gemakkelijker gaat. Ook beschadigt de pijp inwendig dan minder.

Kleine pijpen buig je met handbuigers. Grote pijpen buig je op een pijpbuigmachine. Op de huidige machines kun je verschillende buigingen uitvoeren, met of zonder verdraaiing van de pijp. Deze buigmachines zijn dan meestal **CNC-gestuurd**.



Figuur 6 CNC-pijpbuigmachine met doorn

De buiggereedschappen van pijpbuigmachines zijn verwisselbaar om verschillende pijpdiameters te kunnen buigen.



Figuur 7 Verschillende buiggereedschappen

Persbuigen

Persbuigen doe je bij het buigen van dikwandige pijp. Om te voorkomen dat de pijp in de binnenbocht een platte kant krijgt, wordt deze op de buigplaats ondersteund door een buigmal.



Figuur 8 Machinaal persbuigen

Voor elke pijpmaat heb je een andere buigmal nodig. Je kunt persbuigen met een machinale pers of met een handbediende pers (karweibuiger). Bij de **karweibuiger** verplaats je de **plunjer** met een hydraulische handpomp.



Figuur 9 Karweibuiger

De *buigmal* of buigshoan monteer je op de kop van de plunjer. De hydraulische unit is gemonteerd in een frame. In de frameplaat zijn gaten uitgespaard waar je de steunpunten of geleidingsrollen in plaatst. Voor elke pijpdiameter moet je de rollen in het frame verplaatsen. Ook moet je de buigshoan bij verschillende diameters verwisselen. De buigradius die ontstaat is ongeveer drie keer de pijpdiameter.

Met een karweibuiger kun je pijpen buigen met een middellijn van 1/8" tot 3". Afhankelijk van de gebruikte buigshoan kun je bochten buigen tot 90° of 180°. Karweibuigers kunnen ook worden uitgerust met een elektro-hydraulisch systeem.



Figuur 10 Elektrische pijpbuiger met opklapbaar frame

Bij deze uitvoering kan een slagbegrenzer worden ingebouwd. Hierdoor kun je een serie bochten met dezelfde hoek buigen. Voor het buigen op een handbediende pers mag de verhouding tussen diameter en wanddikte $\frac{d}{s}$ maximaal 20 zijn.

Zwenkbuigen

Zwenkbuigen wordt vooral toegepast als je meerdere pijpstukken tegelijk wilt buigen.

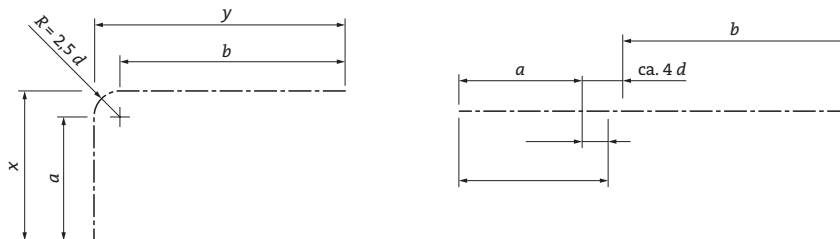


Figuur 11 Zwenkbuigen

Om vervorming bij dunne pijp te voorkomen, moet de pijp in de buigbalk en drukbalk volledig opgesloten liggen.

Aftekenen en positioneren bij pijpbuigen

De maatvoering van pijpleidingen wordt in werktekeningen volgens **systeemlijnen** aangegeven. Een systeemlijn is eigenlijk de hartlijn van de pijp. In figuur 12 zijn de maten x en y de systeemmaten. De maten a en b zijn de aftekenlijnen voor het buigen. Deze moet je zelf bepalen.



Figuur 12 Aftekenen van pijp

De straal die je op de karweibuiger buigt, is meestal $2,5 \times d$. Met straal R en diameter d kun je de plaats en lengte van de te buigen bocht l_0 bepalen met:

$$l_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{4}$$

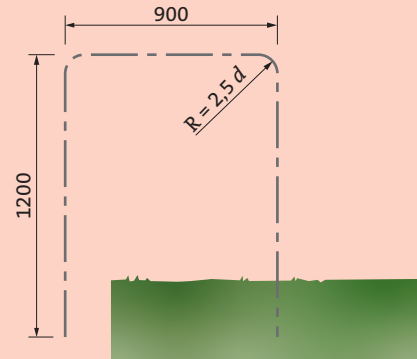
Met:

- R = buigstraal in millimeter (mm);
- l_0 = lengte bocht in millimeter (mm);
- d = pijpdiameter in millimeter (mm).

Hierin is $R = 2,5 d$, dus l_0 is circa $4 d$.

In de praktijk werk je met de volgende waarden:

- Het beginpunt van de bocht ligt op $a = x - R = x - 2,5 d$.
- Het eindpunt van de bocht ligt op $b = x + 1,5 d$.

Praktijkvoorbeeld: De lengte en positie van een fietsbeugel bepalen

Figuur 13 Fietsbeugel

Gegeven

Een fietsbeugel van 50 mm pijp volgens figuur 13b. De breedte is 900 mm en de poten zijn 1200 mm waarvan 500 mm in de grond.

Gevraagd

Op welke lengte moet de pijp worden afgezaagd en waar liggen de buiglijnen?

Oplossing

De buigradius van een karweibuiger: $R = 2,5 d$

De lengte van de bocht:

$$l_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{4}$$

$$l_0 = \frac{2 \times \pi \times 2,5 \times 50}{4} = 196 \text{ mm}$$

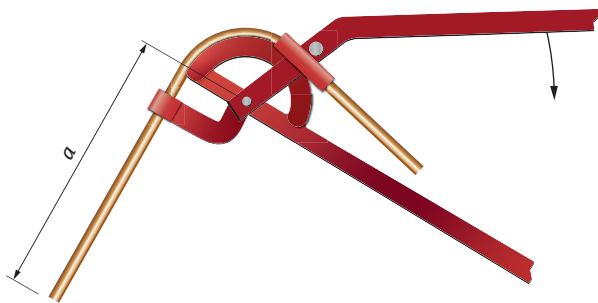
Poot recht deel: $1200 - 2,5 \times 50 = 1200 - 125 = 1075 \text{ mm}$

Breedte recht deel: $900 - 2 \times 125 = 650 \text{ mm}$

Totaal: $2 \times \text{bocht} + 2 \times \text{poot} + \text{breedte} = 2 \times 1075 + 2 \times 196 + 650 = 3192 \text{ mm}$

De buiglijnen liggen op de helft van l_0 dus op $1075 + \frac{196}{2} = 1173 \text{ mm}$ van beide uiteinden.

Bij het buigen op de wikkelbuigmachine leg je het begin van de bocht gelijk met de rand van de pijpklem. Bij een handbuigijzer ligt het begin van de bocht in het verlengde van het draaipunt op de buigschijf.



Figuur 14 Positioneren op een handbuigijzer

Onderhoud en veiligheid

Blijf bij pijpbuigmachines uit de buurt van draaiende delen tijdens het buigen. Bij CNC-machines die de pijp zelf positioneren en draaien, moet je ook op uitstekende pijpdelen letten.



Figuur 15 Uitstekend pijpdeel bij CNC-pijpbuigmachine

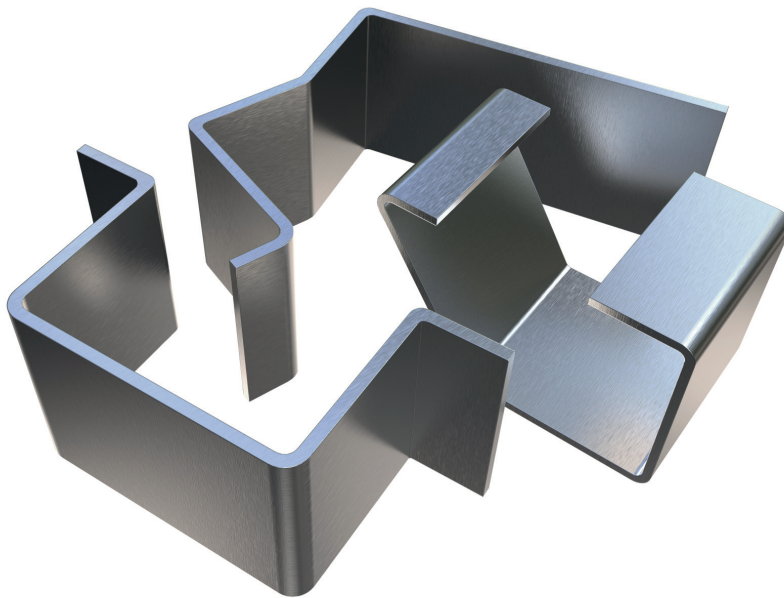
Zorg er altijd voor dat de werkomgeving opgeruimd is. Bij hydraulische buigmachines moet je eventuele olievlekken altijd opruimen om glij- en valpartijen te voorkomen.

Bij het buigen komt **hamerslag** vrij. Deze hoopt zich op bij de buigplaats en kan voor maatafwijkingen zorgen. Ook kunnen draaiende onderdelen door te veel hamerslag extra worden belast en zelfs beschadigen. Maak de buigmachines daarom regelmatig schoon met een doek of kwast en voorkom dat er vuil en hamerslag in de bewegende of geleidende onderdelen van de machine komen. Schoonblazen met perslucht moet je niet doen, omdat je dan het vuil en de hamerslag verspreidt en het daardoor in de geleiding kan komen. Je collega's zullen ook niet blij zijn met al dat weggeblazen vuil en hamerslag.

Bij het onderhoud van mechanische pijpbuigers moet je de richtlijnen van de leverancier opvolgen. Houd je aan de smeercyclus zoals aangegeven in de documentatie van de machine. Olie elke week de buiggereedschappen.

Buigen van strip- en platmateriaal

Bij het buigen van strip- en platmateriaal ontstaan vaak beugels in verschillende vormen.



Figuur 16 Verschillende beugels

Buigen van plat- en stripmateriaal kan volgens de zwenkbuigmethode of de wikkelbuigmethode. Bij zwenkbuigen klem je het materiaal aan één kant in een gereedschapsdeel en buigt het met een scharnierend deel. De meest eenvoudige manier is om het werkstuk in een bankschroef te klemmen en daarna om te slaan met een hamer.

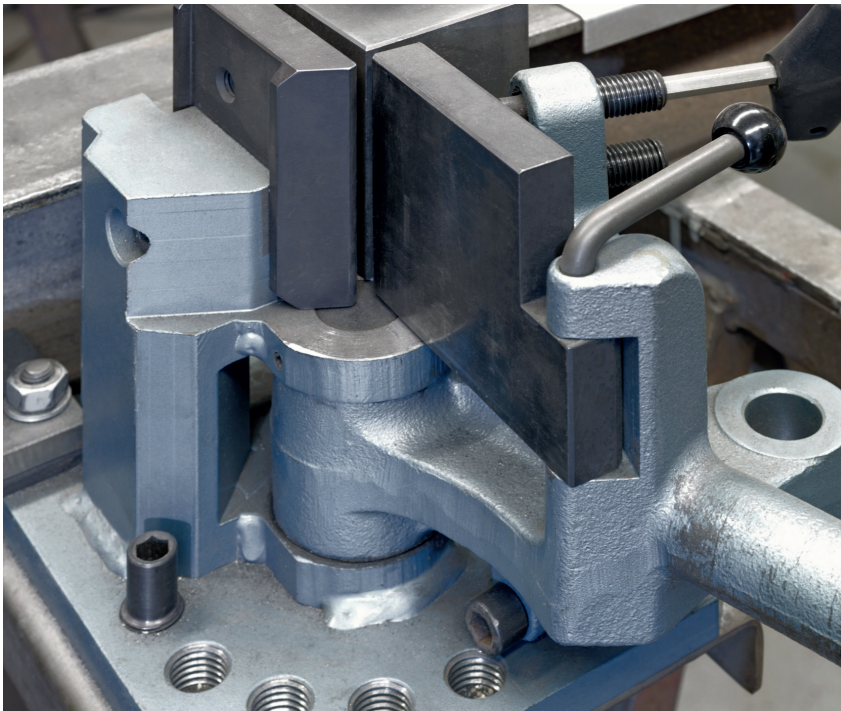
Dun materiaal buig je koud. Dik materiaal moet je eerst verwarmen tot smeedtemperatuur en daarna buigen.



Figuur 17 Warm buigen

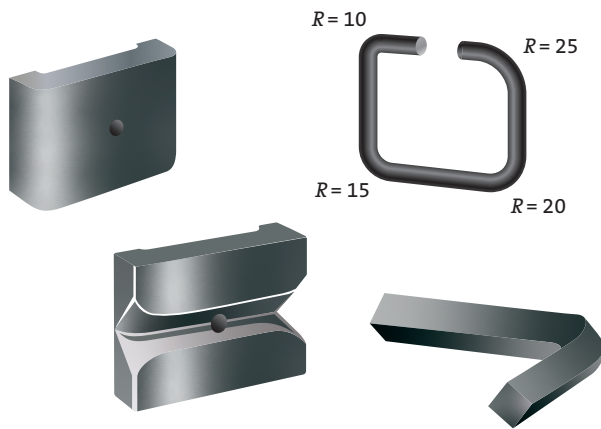
Platstaal buigen met de hoekenbuigmachine

Een hoekenbuigmachine gebruik je voor het buigen van **platstaal**. Het apparaat werkt volgens het zwenkbuigprincipe. De buiger bestaat uit een vaste tafel waarop je het materiaal klemt en een draaitafel met hefboom waarmee je buigt. Het geheel monteert je op een werkbank of een frame.



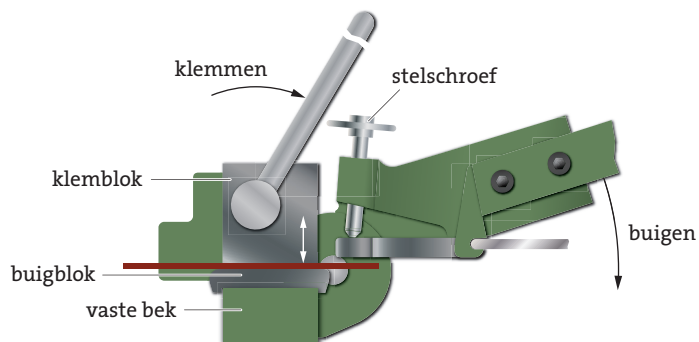
Figuur 18 Hoekenbuigapparaat

Op de vaste tafel zitten de vaste bek en het klemblok. Op de vaste bek is het buigblok bevestigd. Dit buigblok is demontabel en dus uitwisselbaar om de gewenste buigstraal of stafmateriaal te kunnen buigen.



Figuur 19 Speciale buigblokken

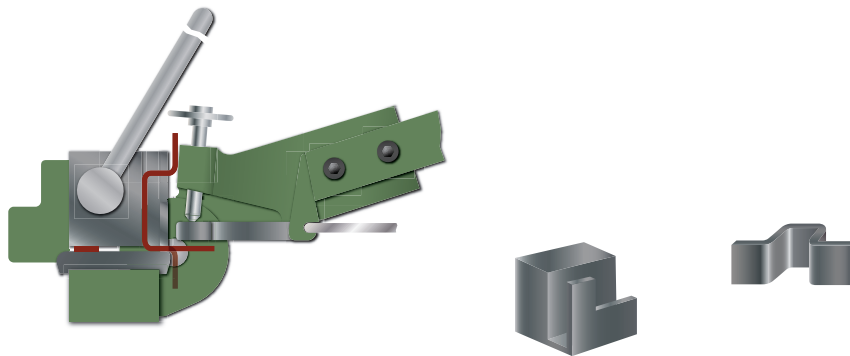
Met een **excentriek** in het klemblok klem je het te buigen materiaal vast tegen het buigblok. De klemkracht is afhankelijk van de materiaaldikte en neemt toe naarmate de hoek van de klemhefboom kleiner is.



Figuur 20 Klemmen bij de hoekenbuigmachine

Bij het klemmen kan het werkstuk verschuiven. Dit kun je tegengaan door het klemblok zo te verdraaien dat het het werkstuk tegen de aanslag duwt. Doordat je het klemblok in verschillende standen kunt verdraaien, kun je de klemkracht voor verschillende materiaaldikten instellen.

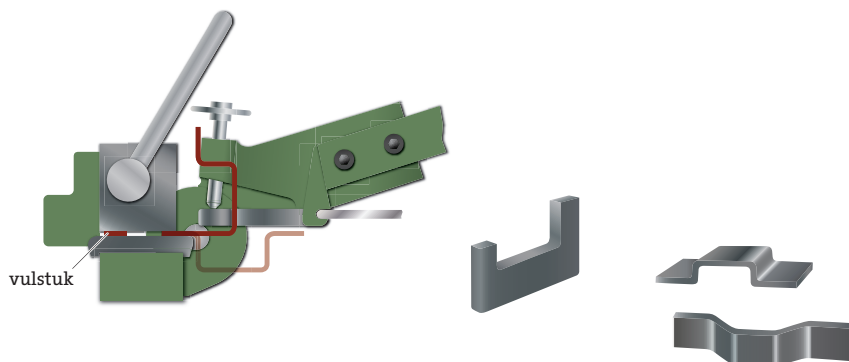
Als je beugelvormige producten moet buigen, monteer je een speciaal klemblok.



Figuur 21 Buigen met aangepast klemblok

Het buiggedeelte van de hoekenbuiger is voorzien van een scharnierende bek. Deze bek draai je na het klemmen van het materiaal met een stelschroef tegen de te buigen zijde van het werkstuk. De te buigen hoek kun je instellen op een aanslag. De juiste afstelling vind je na een proefbuiging.

Om beugels te maken vervang je de scharnierende buigbek door een buigbek met speciale vorm.

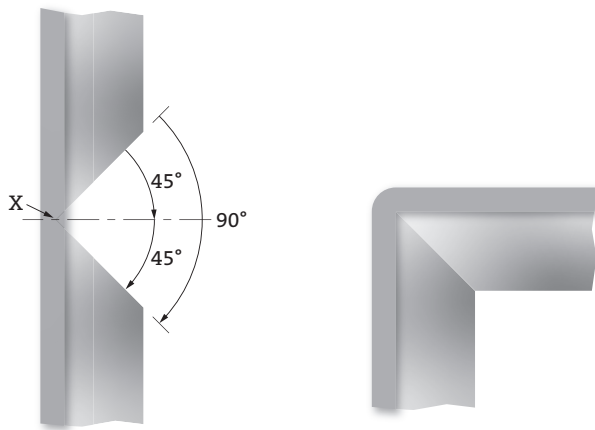


Figuur 22 Buigen met aangepaste buigbek

Hoekstaal buigen met de hoekenbuigmachine

Op de hoekenbuigmachine kun je ook hoekstaal buigen. Het ene been klem je in, terwijl het andere over het buigblok valt. Zo kun je een hoekprofiel naar binnen toe ombuigen. Naar buiten toe kan ook, maar dan zit het excentriek in het klemblok in de weg. Dat beperkt de afmeting van het profiel dat je kunt buigen.

Voor het scherp ombuigen van hoekstaal moet je een uitsparing in een van de benen maken. De uitsparing begint op punt X op de neutrale lijn van het staande been.



Figuur 23 Voorbewerking bij buigen van hoeklijnen

Waar het punt X ligt, hangt eveneens als bij het buigen van plaat, plat en strip af van de verhouding $\frac{r}{s}$.

Je tekent de hoek af vanuit de lijn door punt X. Onder en boven deze lijn zet je de helft van de hoek (meestal 45°) uit met een **zwaaihaak**. Je kunt de uitsparing uitzagen of slijpen. Na het buigen las je de naad meestal dicht.

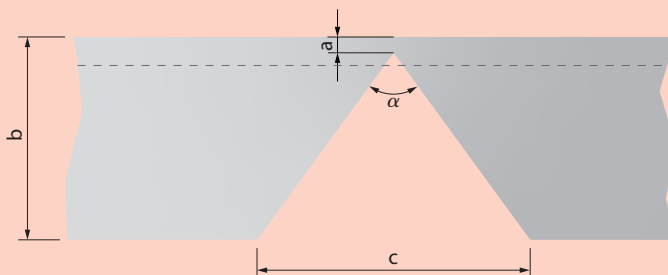
Praktijkvoorbeeld: Berekenen van uitsparing hoeklijn

Gegeven

Een hoekstaal 50-50-5 wordt haaks omgebogen op een hoekenbuigapparaat.

Gevraagd

Wat zijn de afmetingen van de uitsparing om dit te realiseren?



Figuur 24 Voorbewerking bij buigen van hoeklijnen

Oplossing

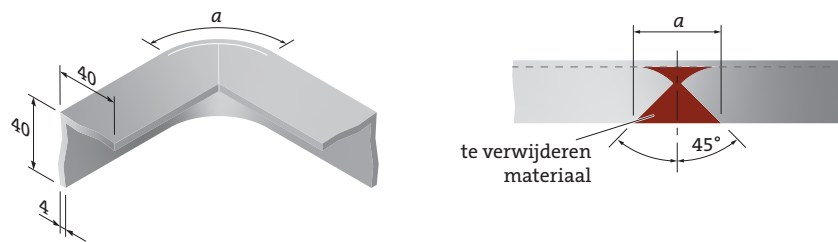
Het aangrijpingspunt van de uitsparing ligt in het midden van de beendikte:

$$\alpha = 90^\circ$$

$$a = 2,5 \text{ mm}$$

$$c = 2 \times (50 - 2,5) = 95 \text{ mm}$$

Om grote afrondingen in gebogen hoeklijnen te maken, moet je een speciale uitsparing aanbrengen.



Figuur 25 Uitsparing voor grote afronding

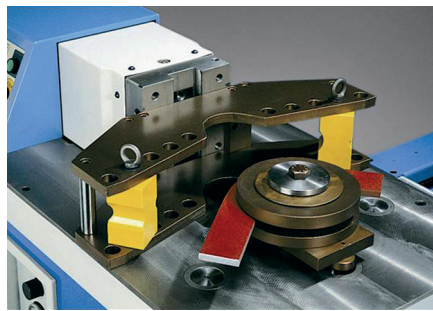
Hydraulische hoekenbuigmachine

Hydraulische hoekenbuigmachines zijn meestal horizontaal uitgevoerd. Het hydraulisch aangedreven **stempel** buigt het materiaal in een vast opgestelde **matrijs**. De verplaatsing van het stempel bepaalt de grootte van de buighoek.



Figuur 26 Hydraulische hoekenbuigmachine

Omdat het stempel en de matrijs uitwisselbaar zijn, kun je speciale gereedschappen monteren. Hiermee kun je profielmateriaal buigen en profielen richten.

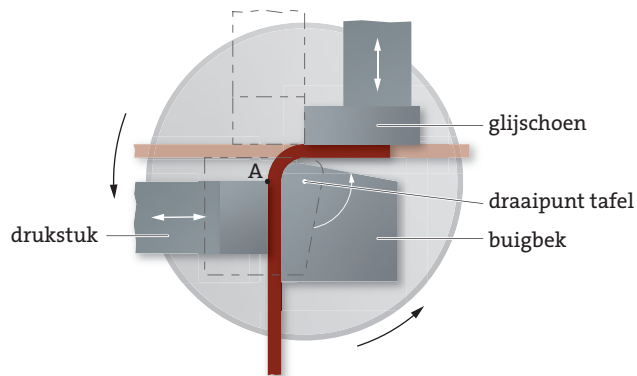


Figuur 27 Bewerkingen op een hydraulische hoekenbuigmachine

Wikkelbuigen van plat- en stafmateriaal

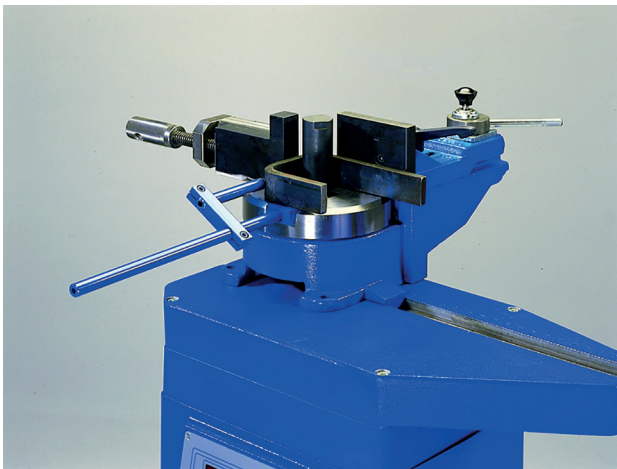
Bij wikkelbuigen van plat- en stafmateriaal trek je het materiaal over een doorn of een buigblok.

Op het frame van de wikkelbuigmachine zit een slede met een **glijschoen**. Een drukstuk klemt het materiaal op de draaitafel tijdens het buigen. De slede met de glijschoen ondersteunt het materiaal tijdens het buigen.



Figuur 28 Principe wikkelbuigen

Slede en glijschoen zitten op het frame van een universele wikkelbuigmachine. Het drukstuk is op de draaitafel gemonteerd.



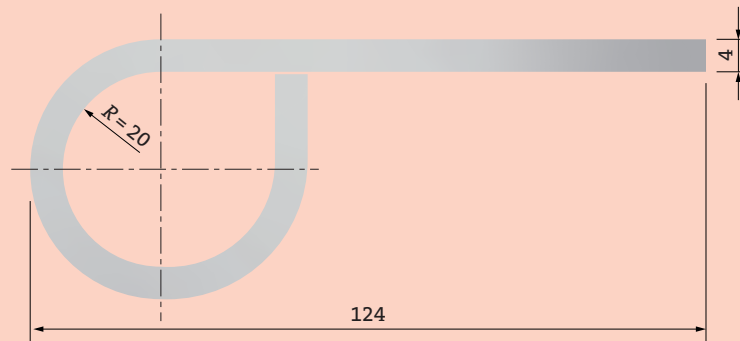
Figuur 29 Universele handwikkelbuigmachine

Bij wikkelbuigen kun je de buighoek aflezen op de draaischijf. Je kunt de buighoek instellen met een aanslagnok. Als je werkt met een buigdoorn, is de buighoek $\alpha \leq 180^\circ$ en de buigstraal $r \geq 5 \text{ mm}$.

Als je een buigblok monteert, dan geldt $\alpha \leq 90^\circ$ en $r \leq 5 \text{ mm}$.

Praktijkvoorbeeld: Bepalen van het ophangoog**Gegeven**

Het product volgens figuur 30 uit rond 4 mm.



Figuur 30 Ophangoog

Gevraagd

Welke lengte moet je afzagen om dit product te kunnen buigen?

Oplossing

De neutrale lijn ligt in het midden van de doorsnede.

Korte rechte deel is 20 mm.

Lange rechte deel is $124 - 20 - 4 = 100$ mm.

Gebogen deel is $\frac{270^\circ}{360^\circ} \cdot 2 \cdot \pi \cdot (R + 2) = \frac{3}{4} \times 2 \times \pi \times 22 = 103,7$ mm

Totaal: $20 + 100 + 103,7 = 223$ mm.

Samenvatting

Bij wikkelbuigen trek je de pijp om een buigschijf. Uitwendig sluit je de pijp op in een buigmal.

Je doet dit met dunwandige pijp. Om plooiën te voorkomen moet je dunne pijp tijdens het buigen inwendig ondersteunen met een doorn. In de praktijk kom je verschillende doorns tegen, met elk hun eigen specifieke toepassing.

Via een smeeropening in de doorn kun je smeren.

Pijpbuigen zonder doorn kun je alleen toepassen bij pijpen met een relatief grote wanddikte ($\frac{s}{d} > 0,06$). De buigradius moet groter zijn dan drie keer de pijpdiameter ($\frac{r}{d} > 3$).

Kleine pijpen buig je met handbuigers. Grote pijpen buig je op een pijpbuigmachine. Op de tegenwoordige machines kun je verschillende buigingen uitvoeren, met of zonder verdraaiing van de pijp. Deze machines zijn dan CNC-gestuurd.

Persbuigen pas je toe bij dikwandige pijp. Tijdens het buigen wordt de pijp ondersteund in de buigmal. Voor elke pijpmaat heb je een andere buigmal nodig.

Karweibuigers zijn uitgerust met een handpomp of een elektro-hydraulisch systeem. De buigmal of buigshoof zit bij de hydraulische karweibuiger op de kop van de plunjer. De straal die je op de karweibuiger buigt, is meestal $2,5 \times d$.

De maatvoering van pijpleidingen wordt in werktekeningen volgens systeemlijnen aangegeven. Een systeemlijn is eigenlijk de hartlijn van de pijp.

Blijf bij pijpbuigmachines uit de buurt van draaiende delen tijdens het buigen. Bij CNC-machines die de pijp zelf positioneren en draaien, moet je ook op uitstekende pijpdelen letten.

Bij hydraulische buigmachines moet je eventuele olievlekken opruimen om glij- en valpartijen te voorkomen.

Je kunt strip- en platstaal buigen volgens:

- de zwenkbuigmethode waarbij je materiaal aan één kant in een gereedschap klemt en het met een scharnierend deel ombuigt;
- de wikkelbuigmethode waarbij het materiaal met een rol of glijshoof om een matrijs trekt.

Op een hoekenbuigmachine buig je meestal platstaal. Op de vaste bek zit een verwisselbaar buigblok om de gewenste buigstraal in stafmateriaal te kunnen buigen. Door het klemblok in verschillende standen te verdraaien, kun je verschillende materiaaldikten klemmen. Voor beugelvormige producten gebruik je een speciaal klemblok.

Het buiggedeelte van de hoekenbuiger heeft een scharnierende bek. Voor beugelvormige producten gebruik je een scharnierende buigbek met een speciale vorm. Bij hydraulische hoekenbuigmachines buigt een stempel het materiaal in een vaste matrijs. De verplaatsing van het stempel bepaalt de grootte van de buighoek.

Met speciale gereedschappen kun je profielmateriaal buigen en profielen richten.

Op een wikkelbuigmachine buig je stafstaal of pijp. Bij het buigen lees je de buighoek af op de draaischijf. De buighoek kun je instellen met een aanslagnok. De slede met de glijshoof ondersteunt het materiaal tijdens het buigen. Dunne pijp ondersteun je inwendig met een doorn.

Video

Bekijk de video over pijpbuigen met doorn:

<http://qr.linktm.nl/qr1001888>

Bekijk de video over wikkelbuigen van pijp:

<http://qr.linktm.nl/qr1001889>

Bekijk de video over persbuigen van strip:

<http://qr.linktm.nl/qr1001890>

Bekijk de video over persbuigen van pijp:

<http://qr.linktm.nl/qr1001891>

Begrippen

Buigschijf	Mal waar het product rondom wordt gebogen.
CNC-gestuurd	Een door een computer aangestuurde beweging of bewerkingsbaan.
Doorn	Lichaam in de vorm van een pijp om deze inwendig te ondersteunen.
Excentriek	Mechanisme dat cirkelvormige verplaatsing omzet in een rechte lijn.
Glij schoen	Geleider waarlangs het materiaal tijdens een bewerking glijdt.
Hamerslag	Harde schilferachtige laag op staal als gevolg van warmwalsen of smeden.
Hydraulisch	Kracht overbrenging door vloeistofdruk.
Karweibuiger	Verplaatsbare pijpbuiger.
Matrijs	Gereedschapsdeel dat in combinatie met een stempel een bewerking uitvoert.
Persbuigen	Buigmethode waarbij het te buigen product tweezijdig wordt ondersteund en in het midden hiervan door een gereedschapsdeel met een rechte lijn beweging wordt gebogen.
Platstaal	Massieve staaf metaal met een rechthoekige doorsnede.
Plunjer	Massieve langwerpige zuiger.
Positioneren	Bewegen naar een van tevoren vastgestelde positie.
Stempel	Gereedschapsdeel dat via een rechte lijn beweging een bewerking uitvoert.
Systeellijnen	Lijnen die plaats en afmeting van pijp aangeven.
Tandwiel-heugel overbrenging	Overbrenging waarbij een cirkelvormige beweging wordt omgezet in een rechte lijn of omgekeerd.
Wikkelbuigen	Buigmethode waarbij het te buigen product om een buigschijf wordt gebogen.

Zwaaihaak

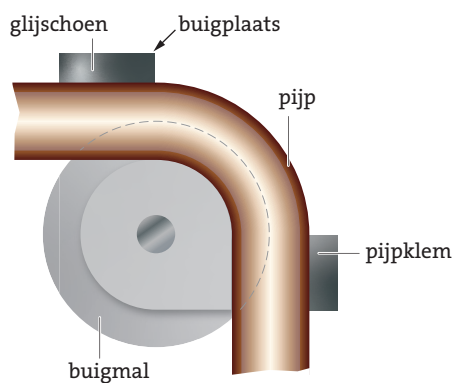
Winkelhaak met een instelbare arm.

Zwenkbuigen

Buigmethode waarbij het product aan één zijde wordt geklemd en de andere zijde door een scharnierend gereedschapsdeel wordt omgebogen.

Theorieopdrachten

- 1 Kies de juiste woorden.
Bij het pijpbuigproces is de wanddikte van de pijp een belangrijke factor. Als je een dunwandige pijp wilt buigen, loop je de kans dat de **buitenbocht** / **binnenbocht** gaat plooiën. Dit kun je voorkomen door de pijp **inwendig** / **uitwendig** te ondersteunen door een **doorn** / **buigmal**. Het buigproces dat je dan toepast, noem je **persbuigen** / **wikkelbuigen**.
- 2 Welk onderdeel moet je verwisselen als je op een hoekenbuigapparaat verschillende buigstralen wilt buigen?
 - a de vaste bek
 - b het buigblok
 - c het excentriek
 - d het klemblok
- 3 Om een hoekstaal op een hoekenbuigapparaat te buigen, moet je
 - a een speciaal buigblok monteren.
 - b een speciaal klemblok monteren.
 - c in de flenzen een uitsparing maken.
 - d in een van de flenzen van de hoeklijn een uitsparing maken.
- 4 Welke buigmethode zie je in figuur 31 en waaraan zie je dat?



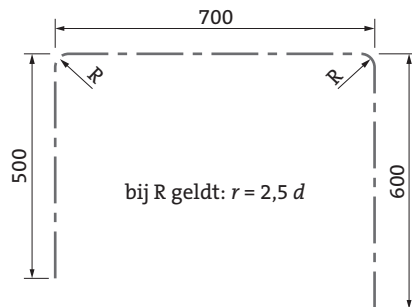
Figuur 31 Buigmethode

- 5 Teken in figuur 31 de juiste plaats van een doorn.
- 6 Waarom moet je bij het schoonmaken van de buiggereedschappen geen perslucht gebruiken?

Opdrachten uit de praktijk

Vraag 1 tot en met 4 gaan over figuur 32.

- 1 Je buigt voor een hydraulische installatie pijp van 15 mm in een U-vorm volgens de figuur. Je doet dit op een handbuiger die een radius heeft van $5 d$.



Figuur 32 Leiding hydraulisch systeem

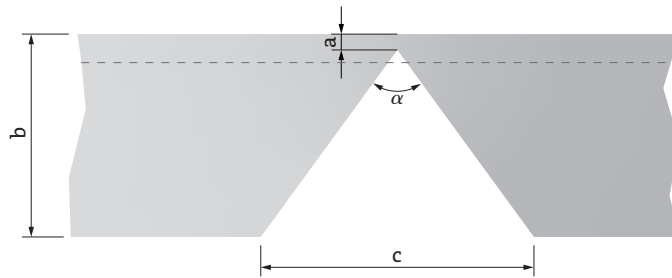
Hoe lang is het rechte materiaaldeel om een bocht te buigen?

- 2 Hoe lang is het rechte pijpdeel van het linkerbeen?

- 3 Waarom is het van belang de maat van het rechte leidingdeel te weten?

- 4 Op welke lengte moet je het uitgangsmateriaal voor dit leidingdeel afzagen?
 Linkerbeen: _____
 Bocht 1: _____
 Tussendeel: _____
 Bocht 2: _____
 Rechterbeen: _____
 Totaal _____

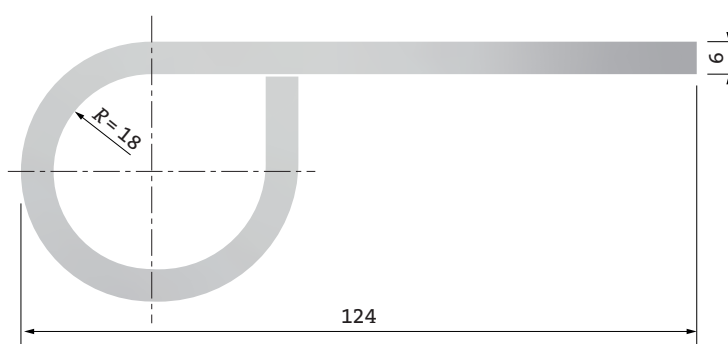
- 5 Een hoekstaal 60-40-6 wordt over het lange been onder een hoek van 90° omgebogen op een hoekenbuigapparaat. Uit materiaalgegevens blijkt dat de neutrale lijn 2 mm vanuit de buigradius ligt. Gebruik figuur 33.



Figuur 33 Voorbewerking van hoeklijn

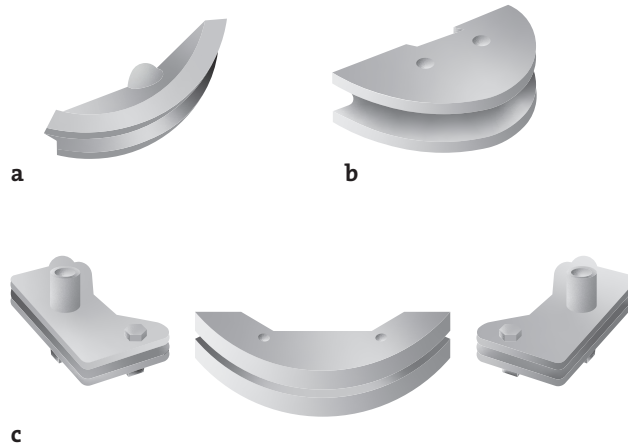
Wat zijn de afmetingen van de uitsparing om dit te realiseren?

- 6 Je krijgt de opdracht een serie ophangogen te buigen op een wikkelbuigapparaat. Eerst ga je de lengte bepalen die je moet afzagen. De neutrale lijn ligt op 2 mm vanuit de binnenbocht.



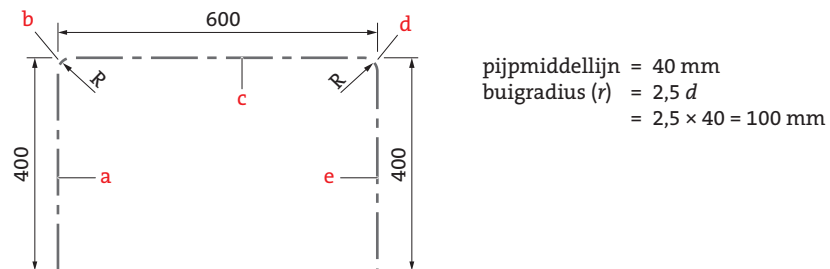
Figuur 34 Ophangoog

- 7 Je krijgt opdracht om buigblokken voor een hydraulisch buigapparaat te zoeken. Je moet op karwei platstaal buigen. Welke buigblokken in figuur 35 neem je mee?



Figuur 35 Verschillende buigblokken

- 8 Je moet de werkvoorbereiding regelen voor het maken van een serie pijpbeugels volgens figuur 36.



Figuur 36 Pijpbeugel

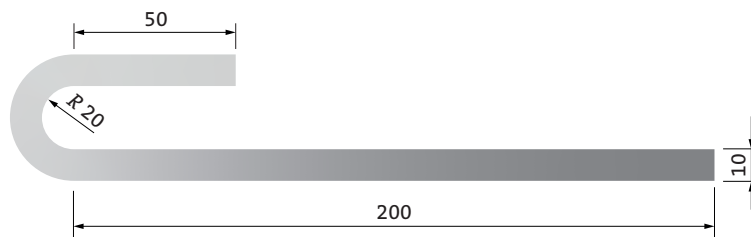
- 9 Het bedrijf waar je stageloopt, verwerkt op verschillende buigmachines en buigapparaten pijp met verschillende wanddikte. Om de doorstroom in het productieproces te verbeteren, moet jij uitzoeken op welke machine of apparaat de buiging het best kan gebeuren. Het bedrijf heeft de beschikking over de volgende apparatuur:

- 1 handbuigpers
- 2 machinale pers
- 3 wikkelbuigmachine met doorn
- 4 wikkelbuigmachine zonder doorn

Welk apparaat is geschikt?

d in mm	s in mm	1	2	3	4
60,3	6				
60,3	4				
60,3	3				
60,3	2				
60,3	1				

- 10 Je krijgt de opdracht om een principetekening voor het warmbuigen van het product volgens figuur 37 te maken. Het materiaal is platstaal 40-10. Maak de tekening.



Figuur 37 Haak

Evaluatie en reflectie

Checklist

Hierna zie je een checklist met de onderwerpen die aan de orde zijn geweest. Geef aan welke onderwerpen je goed beheerst en welke je nog beter moet bestuderen.

Je kunt:

- ☐ vertellen hoe je een pijp buigt.
- ☐ aangeven hoe je een hoeklijn buigt.
- ☐ vertellen hoe je een strip buigt.
- ☐ de machines en gereedschappen noemen en verklaren waarop je pijp-, strip- en profielbuigen kunt buigen.
- ☐ voor de verschillende methoden van pijpbuigen het uitgangsmateriaal aftekenen.
- ☐ de gestrekte lengte bij pijpbuigen berekenen.
- ☐ de juiste maatregelen nemen om veilig te buigen.

Zelftoets

Test jezelf, maak de zelftoets.

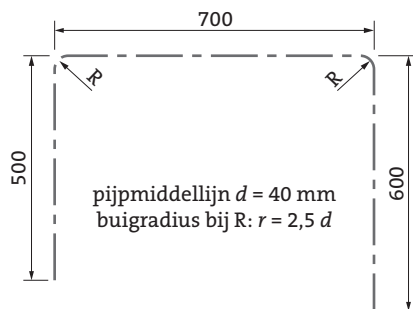
- 1 Op een hoekenbuigmachine buig je volgens
 - a het kantprincipe.
 - b het rolbuigprincipe.
 - c het wikkelbuigprincipe.
 - d het zwenkbuigprincipe.

- 2 Wat gebruik je om beugels te kunnen buigen op een hoekenbuigmachine?
 - a een aangepast buigblok
 - b een aangepast klemblok
 - c een aangepaste buigbek
 - d een aangepast klemblok en een aangepaste buigbek

- 3 Bij het buigen van strip op een wikkelbuigmachine
 - a staan de glijschoen en het drukstuk stil.
 - b staan het drukstuk en de buigbek stil.
 - c verdraaien de glijschoen en de buigbek tijdens het buigen.
 - d verdraaien het drukstuk en de buigbek tijdens het buigen.

- 4 Wat moet de wanddikte minimaal zijn om zonder plooien een pijp van 15 mm met een handbuiger te buigen?
 - a 0,09 mm
 - b 0,25 mm
 - c 0,90 mm
 - d 2,50 mm

- 5 Waarmee ondersteun je de pijp bij persbuigen?
- met een buigschoen
 - met een hydraulische cilinder
 - met een inwendige doorn
 - met een opklapbaar frame
- 6 Waarom gebruik je op een elektrische pijpbuiger een slagbegrenzer?
- Als extra beveiliging tegen overbelasting.
 - Om dikkere pijp te kunnen buigen.
 - Om een serie bochten met dezelfde buighoek te kunnen buigen.
 - Om verschillende buigschoenen te kunnen toepassen.
- 7 Wat moet je doen om een hoekstaal op een hoekenbuigmachine te kunnen buigen?
- een langere buighefboom gebruiken
 - het buigblok verwisselen
 - het klemblok omstellen
 - op het buigvlak een uitsparing maken
- 8 Dunwandige pijp buig je volgens de
- kantpersmethode.
 - persbuigmethode.
 - wikkelbuigmethode.
 - zwenkbuigmethode.
- 9 Wat gebruik je als je een product van rechthoekige buis wilt buigen?
- een gelamelleerde doorn
 - een gelede doorn
 - een kogeldoorn
 - een lepeldoorn
- 10 Bereken de lengte die je moet afzagen om het pijpstuk van figuur 1 te vervaardigen.



Figuur 1 Pijpbuigproduct

- 1457 mm
- 1614 mm
- 1700 mm
- 1771 mm