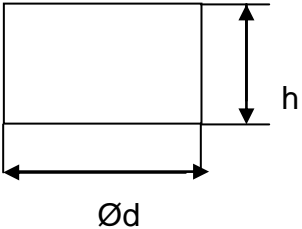
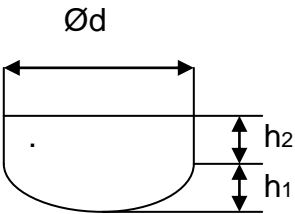
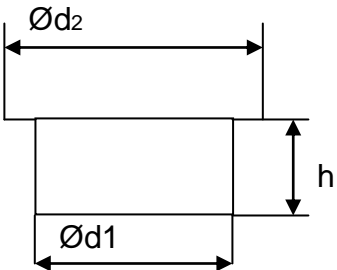


Dieptrekken van metaal.

Het woord zeg het reeds zelf het gaat over het trekken van materiaal naar zijn uiteindelijke vorm met behulp van een stempel en een matrijs.

Indien we een bepaald onderdeel willen maken door dieptrekken dan is het belangrijk van eerst uit te rekenen hoeveel materiaal we hiervoor nodig hebben. Als de eindvorm rond is dan zal ook de schijf (de rondel) waarvan we vertrekken rond zijn. De grootte van de rondel kan men gemakkelijk berekenen aan de hand van enkele voorbeelden van diverse vormen in onderstaande tabel. In ons geval zal het meestal gaan over een dom of een ketelfront. Ook vierkante of rechthoekige voorwerpen kunnen bekomen worden door dieptrekken maar dit is in onze modelbouwwereld minder toepasselijk.

Vorm	Rondel diameter D =
Cylindrische doos 	$\sqrt{d^2 + 4 \times d \times h}$
Cylindrische doos met holle bodem 	$\sqrt{d^2 + 4(h_1^2 + d \times h_2)}$ <p>Indien h_1 gelijk is aan $d/2$ dan wordt de formule:</p> $\sqrt{2 \times (d^2 + 2dh_2)}$
Cylindrische doos met flens 	$\sqrt{d_2^2 + 4d_1 \times h}$

Enmaal dat we de diameter kennen van de rondel kunnen we narekenen of datgene dat wij willen dieptrekken wel haalbaar is. Niet alle vormen kunnen in éénmaal diepgetrokken worden. Er zijn immers grenzen aan de maximale

vervorming die wij in één enkele maal kunnen uitoefenen op het materiaal. Maar ook de manier waarop we dieptrekken kan meer of minder de maximale vervorming gaan bepalen. De meest voor de hand liggende materialen om diep te trekken zijn voor ons koper, messing MS63 en altijd in uitgegloeide toestand of plaatijzer en roestvastmateriaal.

Bij dieptrekken van plaatijzer of roestvastmateriaal wordt in de industrie altijd uitgegaan van een materiaal dat hiervoor speciaal gewalst wordt en al of niet thermisch behandeld. Dit is, bij grote vervorming, voor ons niet haalbaar.

De vervorming is begrensd omdat het materiaal gaat versterken (het wordt harder) door het koudvervormen. In industriële processen gaat het ook nog eens opwarmen daar dit op hoge snelheid gedaan wordt en er heel wat warmte ontstaat door de interne wrijving in het materiaal en dit niet de tijd krijgt van af te koelen. Gezien wij dit altijd gaan doen aan lage snelheid zal het materiaal weinig merkbaar gaan opwarmen.

Als de vervorming te groot wordt, het materiaal dus te hard wordt, dan gaat het materiaal scheuren. Dit kunnen wij, modelbouwers, natuurlijk voor een groot gedeelte gaan vermijden door tussenin te gaan gloeien en dit vooral bij gebruik van koper of messing.

Dieptrekken vereist natuurlijk ook kracht om het uit te voeren. Deze is voor ons praktisch evenredig met de plaatdikte. Plaat die tweemaal zo dik is vraagt tweemaal zoveel kracht. Wij hebben dus alle voordeel van de plaat niet dikker te nemen dan wat er mechanisch vereist is.

Een nadeel voor het dieptrekken is dat we moeten beschikken over een matrijs en een stempel maar deze kunnen soms wel heel eenvoudig blijven. Gezien wij geen grote hoeveelheden moeten hebben is het thermisch behandelen van dit gereedschap niet altijd nodig. Het gereedschap moet echter altijd wel mooi gepolijst zijn en goed gesmeerd.

Zoals reeds gezegd de vervorming die we in één maal aanbrengen (de trekverhouding) is begrensd en daarom dat we moeten kijken naar de verhouding van de schijfdiameter en de diameter van de stempel die we moeten toepassen.

1/ Dieptrekken van cilindrische producten zonder plooihouder. (Fig 3)

Dit is het eenvoudigste gereedschap bij dieptrekken en hierna volgen enkele vereenvoudigde voorwaarden om ze aan te maken.

Voorwaarden zijn (Zie fig 3) : de trekverhouding β , namelijk de verhouding van de rondel diameter gedeeld door de stempeldiameter is kleiner dan 1,8 alsook moet de rondel diameter gedeeld door de dikte van de plaat kleiner zijn dan 60

Dus $\beta = \frac{D}{d}$ moet kleiner zijn dan 1,8 en $\frac{d}{s}$ moet kleiner zijn dan 60

Voor het maken van de matrijs zorgt men ervoor dat

$\frac{d_m}{d_k}$ een waarde heeft van 0,6 à 0,7

Waarin : D = rondeldiameter in mm

d = stempeldiameter in mm

d_m = eind openingsdiameter van de matrijs in mm

d_k = begindiameter van de matrijs in mm

s = plaatdikte in mm

De stempel met zijn diameter d moet te samen met tweemaal de plaatdikte door de opening met diameter d_m kunnen schuiven. Bij plaatdikten tot 2 mm moet hierbij een diametrale speling voorzien worden van 0,2mm.

Dus : $d + 2s + 0,2 = d_m$ alles in mm uitgedrukt.

Deze methode van dieptrekken is vooral interessant wanneer men vele gelijke kleine ketelfronten moet maken. De opstaande rand is meestal niet te hoog en hierdoor wordt de rondel diameter niet veel groter dan de stempeldiameter. Tussen gloeien wordt hier niet gedaan. Het dieptrekken moet dus in éénmaal geschieden. De konus van 60° is wel belangrijk. De rondel moet aan de onderzijde goed ingesmeerd worden met vet of met een droge zeep (bvb sunlight). Zorg ervoor dat er diameter overgangen in de matrijs afgerond zijn.

Indien men slechts twee ketelfronten nodig heeft dan gaat het sneller door ze uit te slaan op een mal.

2/ Dieptrekken van cilindrische producten met plooihouder (Fig 4)

Deze manier van werken heeft het voordeel dat men veel verder kan vervormen en dat, voor ons modelbouwers, het zin heeft van te gaan tussengloeien. Dit wil zeggen we gaan het dieptrekken diverse malen onderbreken voor het tussengloeien van de reeds gedeeltelijke vervormde rondel en dan weer verder dieptrekken met hetzelfde gereedschap. Door dit tussen gloeien wordt de verharding in de rondel weggenomen en gaat men als het ware weer van nul vetrekken. De verhouding rondeldiameter met de stempeldiameter wordt dus minder belangrijk en kan oplopen tot 2,15. Dit is dan afhankelijk van de verhouding stempeldiameter d / plaatdikte s (zie onderstaande tabel)

d/s	20	30	50	100	200	300	400	500
$\beta = D/d$	2,13	2,12	2,07	2	1,91	1,8	1,7	1,6

Het gereedschap bestaat uit een stempel en een matrijs maar daar komt nu nog een plooihouder bij. De plooihouder zal door de erop uitgeoefende kracht onze rondel stevig vasthouden en voorkomen dat deze laatste gaat schrompelen. Dit stevig vasthouden heeft zijn grenzen want als we hierin te ver gaan zal het materiaal scheuren. De plooihouder wordt bij ons altijd middels veren tegen de rondel gedrukt die hierdoor tegen de matrijs gedrukt wordt. De rondel wordt vooraf goed, aan beide zijden, ingesmeerd met vet of met een droge zeep (sunlight zeep). Het is belangrijk dat bij onze toepassingen de plooihouder met veren opgedrukt wordt. Doordat het materiaal eronder voortdurend in beweging is kan men dit niet doen enkel met behulp van bouten en moeren gezien we hier geen zicht hebben hoeveel opspankracht die leveren. 6 à 8 veren gelijkmatig over de omtrek verdeeld zullen die kracht over het gehele proces praktisch konstant aanhouden.

Indien het materiaal toch gaat schrompelen kan dit aan twee zaken liggen. Ofwel is de uitgeoefende kracht op de plaathouder te klein ofwel is de plaathouder te dun ofwel moet men vroeger tussengloeien.

De uit te oefenen kracht K_p op de plooihouder is het product van het oppervlak van de rondel minus het oppervlak van de matrijsboring uitgedrukt in mm^2 (dit stellen we voor als S_1) met een uit te oefenen druk. Deze druk is voor zacht gegloeid koper of messing ongeveer:

$$P_p = \frac{0,004 \times d}{s} \text{ N/mm}^2 \quad \text{en} \quad S_1 = 0,78 (D^2 - D_m^2)$$

Men moet D , D_m , d en s uitdrukken in mm.

Dit product van S_1 met P_p heeft u dus de kracht op de plooihouder uitgeoefend in Newton. Voor diegene niet vertrouwd met deze nieuwe eenheden, als u dit wil weten in kg deelt u door 10.

$$K_p = P_p \times S_1$$

Ook de nodige kracht F om het dieptrekken uit te voeren kunnen we vereenvoudigd berekenen bij zacht gegloeid koper of messing

Kracht $F = 1000 \times d \times s$ Hierin zijn d en s uitgedrukt in mm en de kracht in Newton.

Opnieuw om de kracht in kg te hebben delen door tien.

Het is nuttig deze kracht eens te berekenen.

Vooreerst krijgt men toch reeds een idee hoeveel perskracht men hiervoor nodig heeft en meestal blijkt dit toch behoorlijk te zijn. De plaatdikte verminderen kan soms een oplossing zijn als de sterkte niet in het gedrang komt.

Anderzijds als u op uw pers meer kracht moet gaan zetten dan de berekende dan is er iets verkeerd en moest u waarschijnlijk al vroeger stoppen en gaan tussengloeien. Bij het tussengloeien is het niet nodig van het reeds aan de maat vervormde gedeelte eveneens uit te gloeien. Dit laten we gerust koud.

Mijn ervaring, doet het dieptrekken in stapjes van 6, maximaal 8 mm en dan telkens goed tussengloeien. Eenmaal dat u het schrompelen bemerkt is het te laat en dit is zo goed als onmogelijk nog te verwijderen.

Ook hier moet de nodige speling tussen {stempel + tweemaal de materiaaldikte} en de matrijs gegeven worden. We houden die best aan op 0,2mm diametrale speling.

Neem de hoekradius R van de matrijs niet te groot want dit vermindert de invloedssfeer van de plooihouder en dus het gevaar van schrompelen. Een waarde van $R = 2$ à 3 mm is meer dan voldoende voor plaat tot 1 mm dikte. Deze radius moet wel spiegelglad zijn daar hier heel wat wrijving op ontstaat. U kunt deze radius ook altijd vervangen door een ingeperste ring in brons of grijsgietijzer die dan de juiste radius krijgt.

Dit alles is veel theorie maar voor de duidelijkheid toch eventjes een praktisch voorbeeld.

Nemen we de dom van een BR64 voor spoor 5" en gaan er van uit dat we deze in koperplaat van 0,8mm maken. (Dit is regengoot plaat en verkrijgbaar bij loodgieters)

Binnendiameter van de dom = onze stempeldiameter = d of dus 60mm

Hoogte van de dom + 10mm voor de omslagrand = h of dus 73mm

Rondeldiameter = $\sqrt{d^2 + 4 \times d \times h}$

De rondeldiameter wordt dus $D = 145$ mm

Hieruit berekenen we de trekverhouding $\beta = D/d = 145/60 = 2,41$

De waarde van d/s is dan $60 : 0,8$ of 75

Uit onze tabel zien we al direct dat we daar een maximale waarde voor β van ongeveer 2,02 kunnen halen. Het is dus niet in éénmaal te vervormen.

Deze hoge waarde van β namelijk 2,41 zal ons, modelbouwers, verplichten van te werken met een plooihouder. We zullen zeker een tiental keer moeten tussengloeien.

Maken we deze dom uit zacht koper met een plaatdikte van 0,8mm dan hebben we een pers nodig die volgende kracht kan leveren:

$F = 1000 \times d \times s = 1000 \times 60 \times 0,8 = 48000$ N of zeg maar 4,8 ton

De plooihouder zal een druk moeten uitoefenen van

$$P_p = \frac{0,004 \times d}{s} = 0,004 \times 60/0,8 = 0,3 \text{ N/mm}^2$$

De geklemde plaatoppervlakte wordt $S_1 = \pi \times \{ D^2 - (d+2s)^2 \}$

4

$$\text{of dus } S_1 = 3,14 \times \frac{145^2 - (60 + 2 \times 0,8)^2}{4} = 13532 \text{ mm}^2$$

De plooihouderkracht K_p wordt dus: $P_p \times S_1 = 0,3 \times 13532 = 4059 \text{ N}$ of 405 kg

Deze dom is bovenaan niet vlak en bezit een radius op de hoek van 8 mm. Dit moet in de stempel verwerkt worden en heeft weinig verdere invloed op het gehele proces.



3/ Dieptrekken met verende bodemplaat

Ter vervollediging, men kan ook “dieptrekken” in een matrijs in kunststof die de vorm heeft van een vlakke plaat of blok. Dit noemt men dan met een verende bodemplaat. (Door Etienne De Ridder zijn enkele resultaten hiervan getoond geworden) Ook hier is men begrensd in de maximaal te verwezenlijken opstaande rand. Dit wordt veelal gedaan bij zeer dunne plaat (0,05 à 0,20 mm). Hiervoor bestaan heel speciale harde en toch elastische kunststoffen en het is niet zo voor de hand liggend dat wij die kunnen bekomen. Voor kleine aantallen gaat een blok hard rubber even goed maar

rubber van een autoband is ongeschikt wegens de aanwezige bewapening. De kunststof moet in een stalen ring geplaatst worden zodat ze niet diametraal kan uitzetten en dus enkel axiaal en in de richting van de stempel.

4/ Bemerkingen:

- Bij cilindrisch dieptrekken gaat wij dus meestal uit van een ronde rondel. Dit is niet persé nodig, men kan ook van een veelhoek uitgaan die men met een gewone plaatschaar geknipt heeft (opmerking van Dirk Wijns). Gezien wij wel een symmetrische vervorming willen hebben als eindresultaat moet deze veelhoek zo dicht mogelijk aan een cirkel aanliggen en kan dus geen vier of vijfhoek zijn bij wijze van spreken.

- Kleine ponsdoppen kan men natuurlijk knippen met een pons uit de plaat.(Zie fig 5) Indien men er niet veel nodig heeft, zeg maar maximum 20 stuks en bij plaatdikten tot 1 mm hoeft men het gereedschap uit C45, bij koper of messing, niet te gaan harden als is dit natuurlijk altijd beter want het levert ook een mooiere knip. Hoe hoger de snelheid (tot 4m/s) waarmee u knipt des te mooier wordt de knipzone. Een stevige hamerslag is eigenlijk het beste maar dit is zonder speciale stempelgeleiding niet haalbaar.

- Goed knippen betekent zeker niet dat de stempel diameter nauw passend door de snijmatrijs gaat. Nee, om goed te knippen moet de stempel speling hebben in de snijmatrijs. Bij koper en messing en voor plaat tot maximaal 3 mm moet men een diameter verschil nemen van 0,2mm. Harde of half harde plaat knippen is natuurlijk gemakkelijker om te knippen dan zachte plaat.

Tussen twee geponste gaten in een plaat houdt u een afstand van 2x de plaatdikte.

De knipkracht is afhankelijk van de diameter en de plaatdikte.

Bij hard koper of messing kan men dit als volgt berekenen en zal dit maximaal ongeveer zijn:

Knipkracht in Newton = $1250 \times d \times s$

d ponsdiameter in mm

s plaatdikte in mm

Newton delen door 10 om het in kg te hebben.

Vb: gat ponsen van 20 mm in hard messing van 2,5 mm dik vraagt een perskracht van

$1250 \times 20 \times 2,5 = 62500$ Newton of 6250 kg.

Zacht messing zou ongeveer op de 2/3 van deze waarde liggen.

Dit loopt dus snel fors op. Men kan natuurlijk ook de stempel onderaan voorzien van twee schuine vlakken (Zie fig 6) zodat deze maar geleidelijk in het te knippen materiaal dringt. Dit maakt een heel verschil uit in de vereiste knipkracht, al snel de helft. Nadeel is natuurlijk dat de ponsdop er enigszins geplooid uit komt en dit is niet altijd wenselijk. Dit principe wordt onder ander gebruikt bij ponsmatrijzen die met een centrale bout aangedreven worden. Maar hier hebben de ponsdoppen dan altijd een serieus gat in het midden en niet verder inzetbaar, dus enkel geschikt om gaten te maken.

Ter info: Het is niet toegelaten om gaten te ponsen in de koperen onderdelen van een stoomketel. Ponsen veroorzaakt ook dwars scheuren in de rand van het materiaal en dit is slecht voor de sterkte van de ketel. Doet men het wel dan moet men deze gaten 2mm groter maken met behulp van een boor of frees.

- Een bankschroef kan men natuurlijk ook gebruiken als een pers maar heeft het nadeel dat bij het sluiten van de bekken onder belasting deze zich niet mooi parallel verplaatsen. De uitlijning gaat dus fout en dit is nochtans zeer belangrijk. Een zware bankschroef zeg maar met bekbreedte 125 mm levert een maximale sluitkracht van ongeveer 3 ton. Iemand met heel serieuze biceps zal er misschien wel 5 ton uithalen. Een hydraulische pers van 7 ton kan reeds heel wat voor ons betekenen. Ze is ook eenvoudig te maken gezien ze hoofdzakelijk uit plaat (warm gewalst plat ijzer) en goed uitgevoerd laswerk bestaat.

Dit is een zeer kort verhaal over het heel breed domein van de koudvervorming van plaat middels dieptrekken. Dus verwacht niet dat alles hierin staat en ook de formules zijn zo eenvoudig mogelijk gehouden en beperkt tot ons domein. Wil u hierover toch meer détail informatie hebben koopt u dan een degelijk boek over deze materie. Een zeer interessant en praktijkgericht boek hierover is :

“Omvormtechniek” van Heinz Tschätsch in het Nederlands uitgegeven door Sdu uitgevers BV te Den Haag, NL met

ISBN code: 90 395 0466 0;

U kunt het bij mij ook altijd ter inzage opvragen.

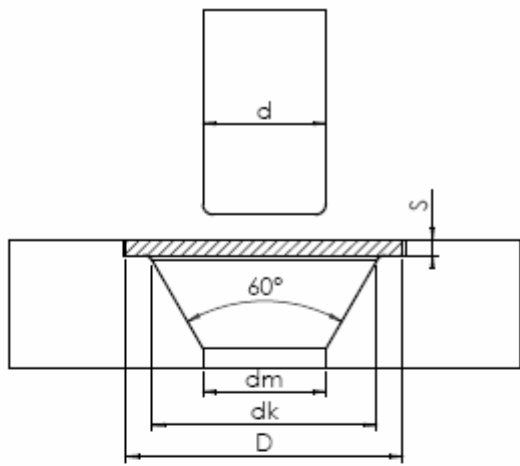


Fig. 3
Dieptrekken
zonder
Plaathouder

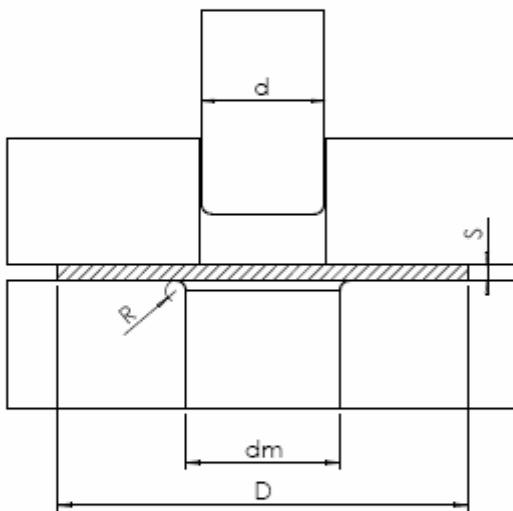


Fig. 4
Dieptrekken
met
Plaathouder

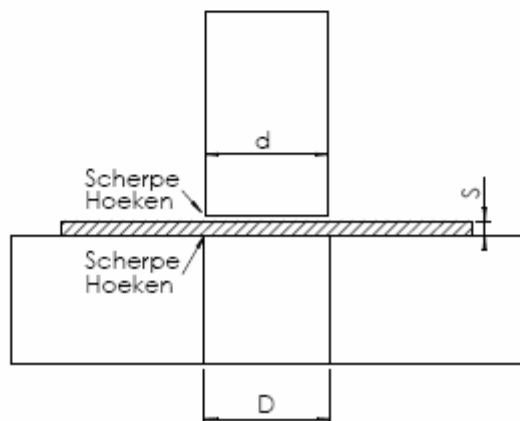


Fig. 5
Ponsmatrijs
Voor S tot 3mm:
is $D = d + 0,2\text{mm}$

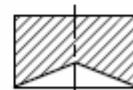


Fig. 6
Aangeschuinde
Pons

Luc Hoorelbeke

Tekeningen: Johan De Groot

6 dec 2010