

Een superelliptische beker voor extrusie : ontwerpprogramma voor het produkt

Citation for published version (APA):

Everts, M. P. (1988). *Een superelliptische beker voor extrusie : ontwerpprogramma voor het produkt*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Vakgroep Produktietechnologie : WPB; Vol. WPA0652). Technische Universiteit Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1988

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

ir. L.J.A. Houtackers

Een superelliptische beker voor extrusie
Ontwerpprogramma voor het produkt.
stageverslag (HTS Venlo)

M.P. Everts
november 1988
VF-code:D2

WPA 0652

stagebegeleiders:

ir. J.A.W. Hijink
ir. LJA Houtackers

Samenvatting.

Dit verslag beschrijft het ontwerpen van een beker die door extruderen tot stand moet komen. De vorm van de beker bestaat uit drie delen; een superelliptisch deel voor de binnencontour en, voor de buitencontour, een superelliptisch en een cilindrisch deel.

(De standaardvergelijking van de superellips is: $\left(\frac{x}{a}\right)^n + \left(\frac{y}{b}\right)^n = 1$) Deze beker moet uit vrijwel iedere positie weer in de verticale stand terugkeren.

Voor het vastleggen van de geometrie in coördinaten en het berekenen van de stabiliteit is een programma geschreven. Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van dit programma. In hoofdstuk 4 wordt verder ingegaan op de problemen waarmee men te maken kan krijgen bij het kiezen van een goede bekervorm.

Summary.

This report describes the design of a cup which has to be made by extrusion. The form of the cup consists of three parts; a superelliptical part for the inside and for the outside a superelliptical part and a cylindrical part.

(The standard formula of the superellips is: $\left(\frac{x}{a}\right)^n + \left(\frac{y}{b}\right)^n = 1$) Of almost any position this cup should return to the vertical position.

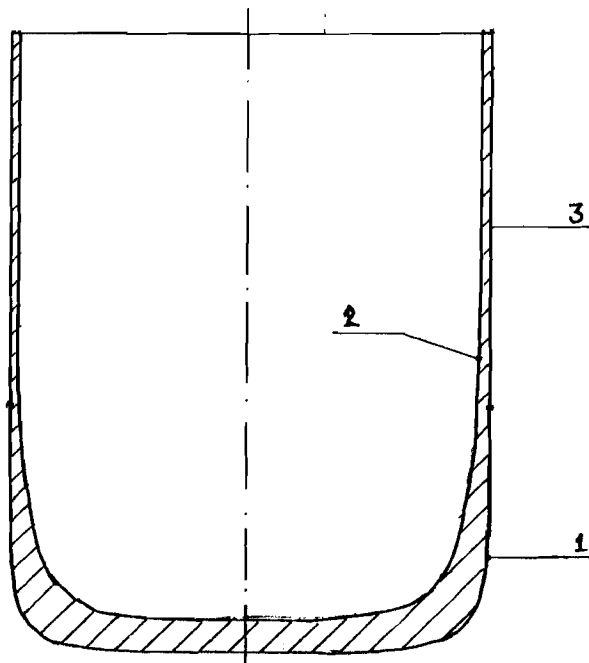
A computer program is made to obtain coördinates of the geometry and to calculate the stability. Chapter 3 gives a description of this program.

Inhoudsopgave.

	blz.
1. Inleiding.	1.
2. Berekeningen aan de geometrie.	3.
2.1. definiëren van de geometrie.	3.
2.2. berekening zwaartepunt.	5.
2.3. berekening van de kantelhoek.	6.
3. Het programma.	7.
3.1. invoer.	7.
3.2. berekeningen.	12.
3.3. uitvoer.	14.
4. Keuze van de geometrie.	15.

1. Inleiding.

Dit verslag beschrijft het ontwerpen van een extrusie-product. Het werkstuk is een beker die in de toekomst misschien door studenten van de Technische Universiteit Eindhoven tijdens een praktikum gemaakt moet worden. Voor de vorm wordt uitgegaan van een model dat beschreven wordt door een superelliptisch deel voor de matrijs (1), een superelliptisch deel voor het stempel (2) en een cilindrisch deel (3); zie figuur 1. Deze vorm moet zodanig bepaald worden dat de beker uit vrijwel elke positie weer terugkeert naar de verticale stand. Om de hiervoor benodigde berekeningen uit te voeren is een programma geschreven in Turbo Pascal. Met behulp van dit programma wordt een geschikte bekervorm gezocht.

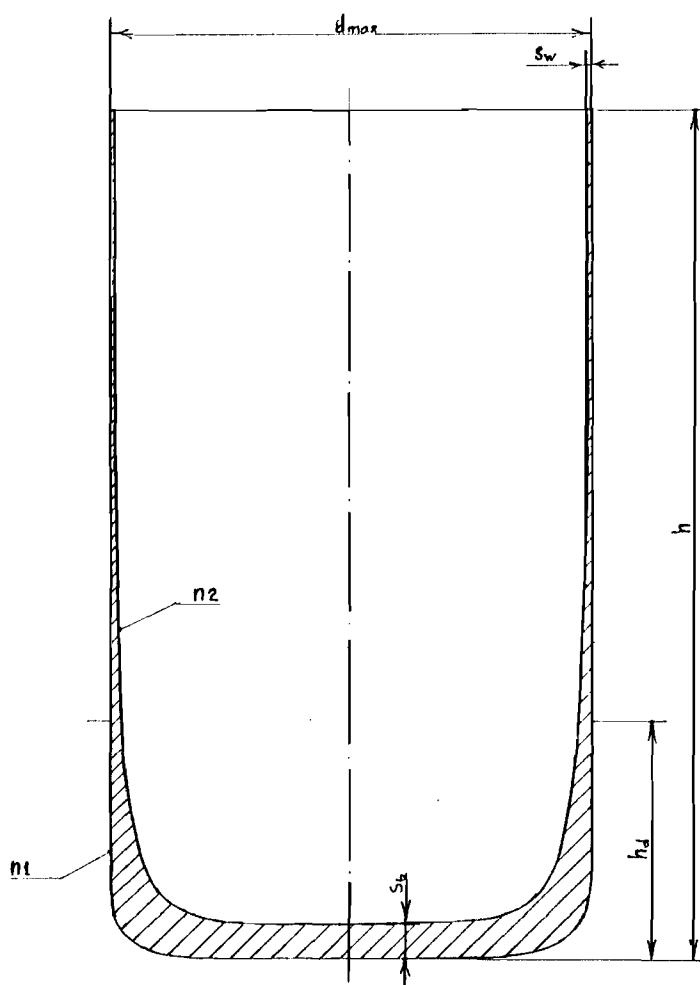


figuur 1. doorsnede van het produkt.

Bij het zoeken naar een goede vorm moet reeds rekening gehouden worden met:

- problemen bij het extruderen van de beker.
- problemen bij het produceren van het gereedschap.

Het toegepaste proces is achterwaartse hulsextrusie. Dit proces wordt toegepast om allerlei hulsvormige produkten te maken. Voordelen hiervan zijn onder andere een hoge produktiesnelheid bij massafabricage en efficiënt materiaalgebruik.



figuur 2.2

geometrie van de beker.

2. Berekeningen aan de geometrie.

2.1. definiëren van de geometrie.

Twee superelliptische en een cilindrisch deel bepalen de vorm van de beker. (zie figuur 1.)

Een superellips is een kromme van de gedaante:

$$\left[\frac{X}{a}\right]^n - \left[\frac{Y}{b}\right]^n = 1, \quad (1)$$

waarin a en b constanten zijn.

Om een indruk te krijgen van een superellips zijn in figuur 2.1 voor uiteenlopende waarden van n een aantal van deze krommen getekend.

Voor het bekerontwerp zijn alleen waarden in het gebied $2 \leq n \leq 40$ interessant. $n = 2$ is de gewone ellips en $n = 40$ is een superellips die men ook wel een technisch rechthoek noemt.

De geometrie van de beker wordt door de volgende parameters bepaald (zie figuur 2.2):

- d_{\max} = de diameter aan de bovenzijde.
- h = de uitwendige hoogte.
- h_D = de hoogte van de matrijs.
- s_b = de bodemdikte.
- s_w = de wanddikte.
- n_1 = de exponent van de buitencontour.
- n_2 = de exponent van de binnencontour.

De vergelijking van de superellips kan expliciet geschreven worden als:

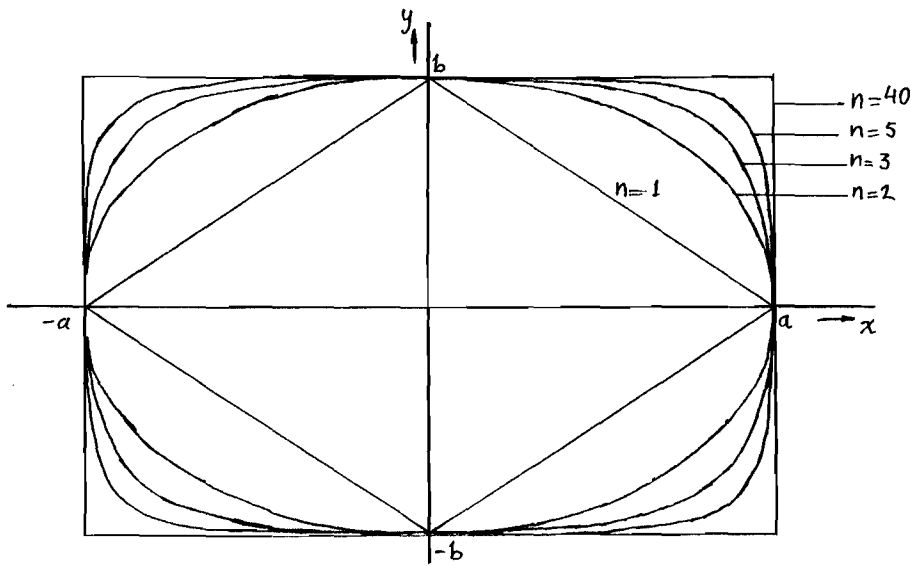
$$X = a \left[1 - \left[\frac{Y}{b} \right]^n \right]^{\frac{1}{n}} \quad (2)$$

Voor de beker is een assenstelsel gekozen zoals in figuur 2.3 is aangegeven. Beschouwen we het deel $0 \leq x \leq a$ dan zien we dat $Y = b - y$.

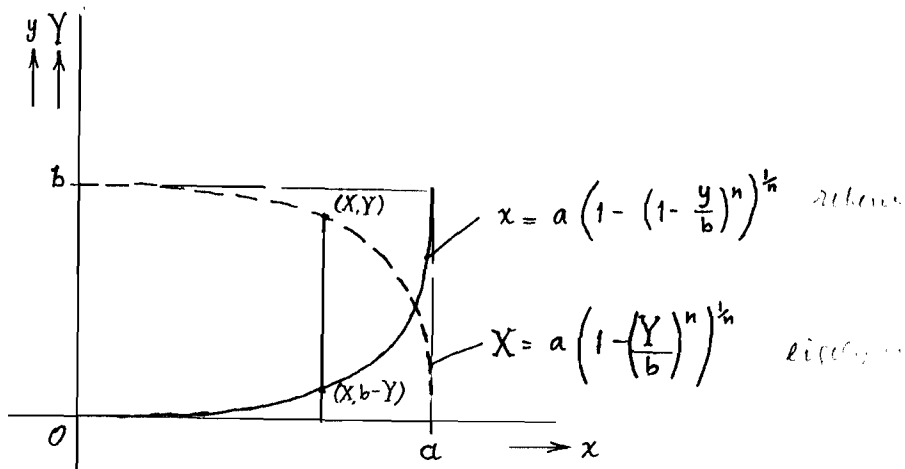
Dit substitueren in vergelijking (2) levert:

$$x = a \left[1 - \left[\frac{b-y}{b} \right]^n \right]^{\frac{1}{n}}$$

ofwel:
$$x = a \left[1 - \left[1 - \frac{y}{b} \right]^n \right]^{\frac{1}{n}} \tag{3}$$



figuur 2.1 superellipsen.



figuur 2.3 functie voor het bekerontwerp.

2.2. berekening zwaartepunt.

Om de stabiliteit van de beker te onderzoeken moet het zwaartepunt worden bepaald.

Het zwaartepunt van een ruimtelijke figuur is gedefinieerd als:

$$\text{zwaartepunt(in y richting)} = \frac{\text{s t a t i s c h m o m e n t t . o . v x - a s}}{\text{v o l u m e}}$$

Het volume van het lichaam, gewenteld om de y-as, is per definitie:

$$V = \pi \int_0^a x^2 dy \quad (4)$$

Het statisch moment ten opzichte van de x-as, van dit lichaam, is per definitie:

$$S_x = \int_0^a y dV$$

Hieruit volgt:

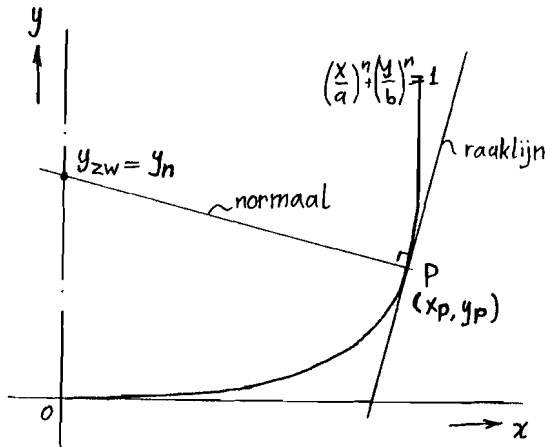
$$S_x = \pi \int_0^a x^2 \cdot y dy \quad (5)$$

Dus het zwaartepunt is:

$$y_{zw} = \frac{\int_0^a x^2 \cdot y dy}{\int_0^a x^2 dy} \quad (6)$$

Voor vergelijking (3) zijn bovenstaande integralen niet analytisch oplosbaar. Om toch het zwaartepunt te kunnen bepalen is in een Pascal programma een numerieke benadering voor deze integralen geprogrammeerd.

2.3. berekening van de kantelhoek.



figuur 2.4 kantelen van de beker.

De maximale hoek wordt bereikt in de situatie waarvoor geldt dat de normaal van de raaklijn aan de buiten contour van de beker door het zwaartepunt gaat. In punt P wordt de richtingscoëfficiënt van de raaklijn berekend (afgeleide):

$$y' = \frac{b}{a^n} x^{n-1} \left[\left[\frac{x}{a} \right]^n - 1 \right]^{\frac{1-n}{n}} \quad (7)$$

De richtingscoëfficiënt van de normaal is; r.c.normaal = $\frac{-1}{y'}$

De normaal gaat door punt P; het snijpunt met de y-as is: $y_n = y_p - x_p \cdot \frac{-1}{y'}$

Door te onderzoeken voor welk punt P de normaal door het zwaartepunt gaat is het punt waarop de beker omkantelt bekend. De richtingscoëfficiënt van de ellips in dit punt geeft de hoek aan waarover de beker maximaal gekanteld kan worden.

3. Het programma.

Het programma heeft als doel voor bepaalde geometriegegevens het volume van de beker, het statisch moment, het zwaartepunt en de kantelhoek te berekenen. Het programma is geschreven in Turbo Pascal 4.0, version 1.00 (Borland) en wordt automatisch opgestart.

Via het hoofdmenu, dat op de titelpagina volgt (figuur 3.1), kan gekozen worden voor "invoeren gegevens" of "stoppen". Figuur 3.2 toont het hoofdmenu. Indien stoppen gekozen wordt komt men in het eindmenu (figuur 3.3). Hier krijgt men nogmaals de kans om terug te komen naar het hoofdmenu of anders het programma af te breken. Als "invoeren gegevens" uit het hoofdmenu wordt gekozen dan komt men in het invoermenu.

3.1. invoer.

De invoergegevens, die in het invoermenu moeten worden ingegeven, bestaan uit de parameters die reeds in hoofdstuk 2.1. werden genoemd. Deze gegevens moeten aan een aantal voorwaarden voldoen, namelijk:

$$d_{\max} : 10 \leq d_{\max} \leq 100$$

$$h : 5 \leq h \leq 200$$

$$h_D : 0 < h_D \leq 0,9 \cdot h$$

$$s_w : 0 < s_w \leq 0,1 \cdot d_{\max}, \text{ én } s_w < h_D$$

$$s_b : s_b > s_w, \text{ én } s_b < h_D$$

$$n_1 : \text{geheel getal tussen 2 en 40}$$

$$n_2 : \text{geheel getal tussen 2 en 40, én } n_2 < n_1$$

Na het kiezen van "invoeren gegevens" in het hoofdmenu van het programma kan men de gewenste gegevens invoeren. Waarden die niet aan de bovengenoemde voorwaarden voldoen worden niet geaccepteerd. Er verschijnt dan onderaan op het scherm een foutboodschap.

GEOMETRIE van SUPERELLIPTISCHE BEKER voor EXTRUSIE

Copyright 1988, Technische Universiteit Eindhoven
Laboratorium voor Omvormtechnologie T.U.E.
versie 1.00

informatie: M.P. Everts
Tel. : 040 - 474521 ir. L.J.A. Houtackers

Druk op een toets voor vervolg!

figuur 3.1 *titelpagina.*

HOOFDMENU

Wat wilt u ?

████████████████████
Stoppen.

Maak een keuze : gebruik de pijltjes toetsen.
Accepteer uw keuze : druk op <RETURN> of de <+> toets.

figuur 3.2 *hoofdmenu.*

GEROMETRIE van SUPERELLIPTISCHE BEKER voor EXTRUDEREN	Invoer geometrie	
GEOMETRIE GEVENST EINDPRODUCT		
Diameter bovenzijde	dmax : 50	(mm)
Uitwendige hoogte	h : 88	(mm)
hoogte v/d matrijs	hd : 25	(mm)
Wanddikte	sw : 0.5	(mm)
Bodendikte	sb : 4	(mm)
Exponent v/d buitencontour	n1 : 10	(mm)
Exponent v/d binnencontour	n2 : 5	(mm)
Veranderen van waarden : Pijl omhoog. Accepteren van invoeren : <Return> of de <+> toets.		

figuur 3.5

uitvoerscherm.

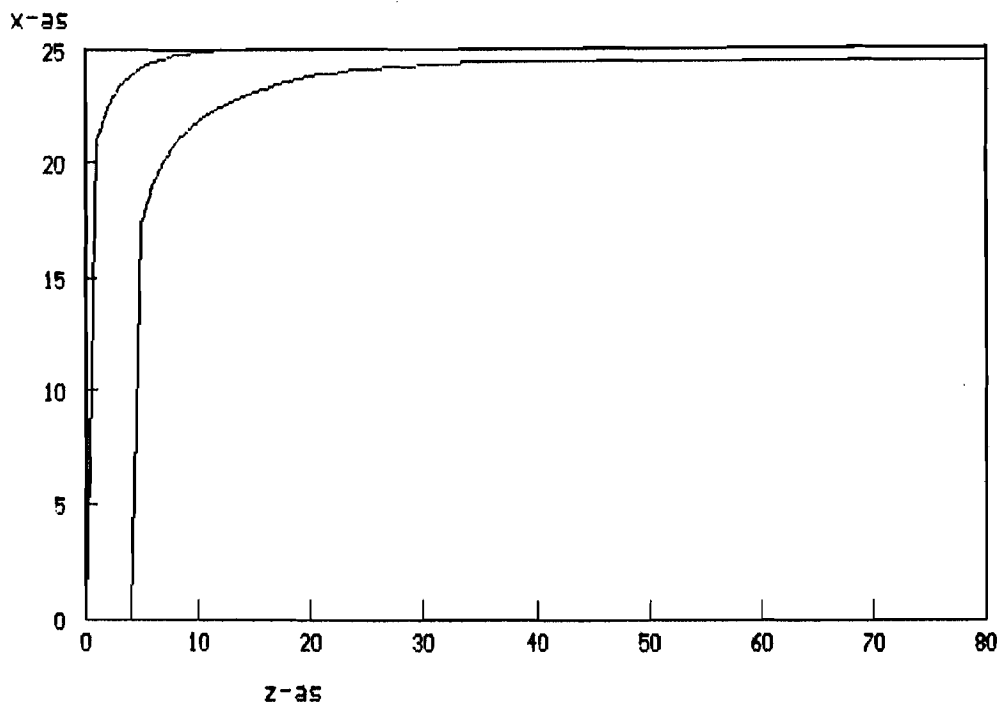
GEROMETRIE van SUPERELLIPTISCHE BEKER voor EXTRUDEREN

Invoer geometrie

Het volume is : $18.4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
Het statisch moment is : $338 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$
Het zwaartepunt is : 18.3 mm
De beker kantelt niet.

Wilt u de coördinaten laten afdrukken? (type j)

EXTRUDEREN van BEKER



Druk op een toets voor vervolg.

figuur 3.6

tekening van het produkt (halve doorsnede).

Een voorbeeld van een foutboodschap bij foutieve invoer wordt in figuur 3.4 gegeven. Foutieve invoer kan gecorrigeerd worden en men kan eventueel terugkeren naar het hoofdmenu door de " esc " toets te bedienen. Nadat alle waarden ingevoerd zijn worden de berekeningen uitgevoerd.

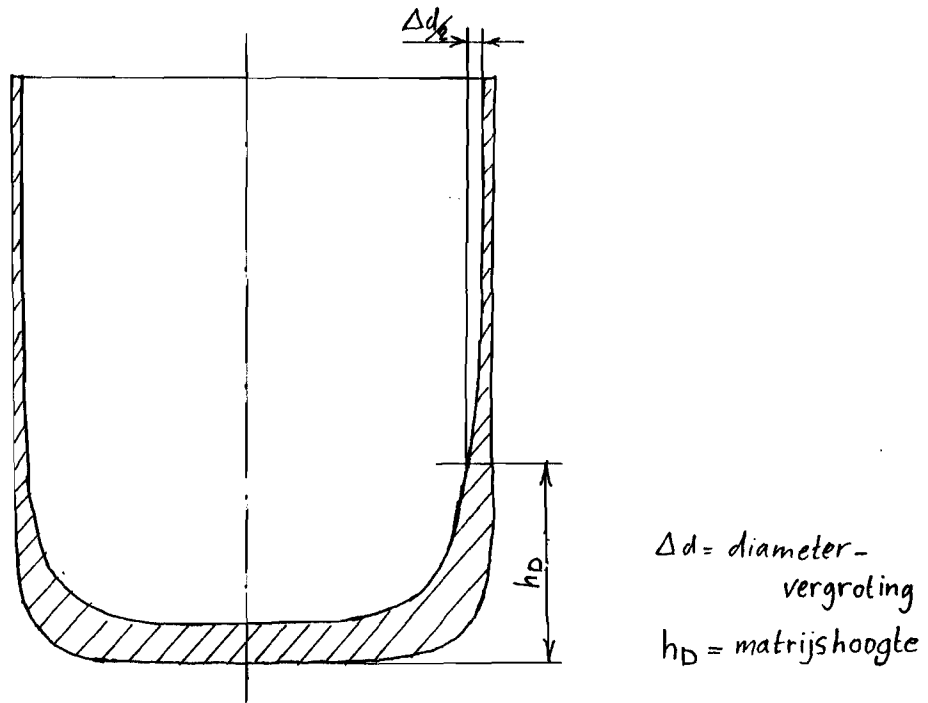
3.2. berekeningen.

Voor de berekeningen zijn een aantal procedures en functions opgesteld.

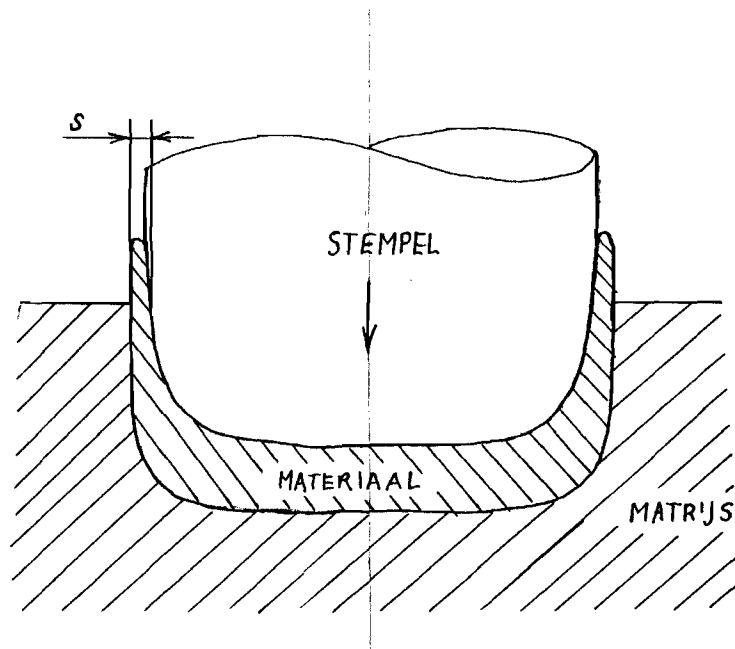
- function ellips
- procedure coordinaten
- procedure printcoörd
- procedure volume
- procedure statmom
- function zwaartepunt
- function afgeleide
- function schuinstelling

function ellips; Deze function berekent de functiewaarde x van een superellips behorende bij de aangeboden waarden voor y , a , b en exponent n en maakt hierbij gebruik van formule (3) blz. 4.

procedure coordinaten; Deze procedure deelt het interval van $y=0$ tot $y=b$ op in een geheel aantal deelintervallen van ongeveer 1 mm. Voor y_0 tot y_{nint} worden x_0 tot x_{nint} berekent en in een array van het type standaardarray geplaatst. (Standaardarray = Array [1..500] of real;) Tevens wordt eenzelfde array gevuld met de gekwadraterde x waarden.



figuur 4.1 "opwijden van de beker".



figuur 4.2 "te" grote uitstroomopening.

procedure volume; Berekent door middel van numerieke integratie het volume van een superellips die met de berekende coördinaten beschreven wordt. De berekening geschiedt op de manier die in paragraaf 2.2 op bladzijde beschreven is. Voor de numerieke integratie werkt het programma met de volgende formule:

$$V = \pi \left[\frac{h}{2} (x_0^2 + 2x_1^2 + 2x_2^2 + 2x_3^2 + \dots + x_n^2) \right]$$

procedure statmom; Berekent, op gelijksoortige wijze als procedure volume, het statisch moment van een superelliptische figuur. De formule voor numerieke integratie is:

$$S_x = \pi \left[\frac{h}{2} (x_0^2 \cdot y_0 + 2x_1^2 \cdot y_1 + 2x_2^2 \cdot y_2 + 2x_3^2 \cdot y_3 + \dots + x_n^2 \cdot y_n) \right]$$

function zwaartepunt; Berekent het zwaartepunt uit het statisch moment en het volume van een superelliptische figuur.

function afgeleide; Deze function berekent met formule (7) (blz. 4) de afgeleide in een bepaald punt.

function schuinstelling; Deze function rekt de normaal uit bij opeenvolgende punten, beginnend bij punt (0,0). De berekening wordt uitgevoerd zolang het snijpunt van de normaal met de y-as hoger ligt dan het zwaartepunt. Wanneer een snijpunt is gevonden dat onder het zwaartepunt ligt dan wordt het laatst genomen deelinterval gehalveerd en wordt op dit punt opnieuw gekeken of het snijpunt van normaal en y-as boven of onder het zwaartepunt ligt. Dit halveren van het interval wordt totaal tien keer uitgevoerd. Uit de richtingscoëfficiënt van het laatst berekende punt wordt vervolgens de hoek bepaald waarover de beker kan kantelen zonder dat deze omvalt.

3.3. uitvoer.

Wanneer de berekeningen uitgevoerd zijn en als de berekende materiaalhoeveelheid niet te groot is, d.w.z. als het volume aan benodigd materiaal niet meer bedraagt dan de inhoud van de matrijs, dan worden het volume, het statisch moment en het zwaartepunt afgedrukt. (zie figuur 3.5) Daarna wordt de maximale hoek, waarover de beker gekanteld kan worden, voordat deze omvalt, afgedrukt.

Het scherm met berekende waarden verdwijnt vervolgens en er verschijnt een afbeelding van de halve doorsnede van de beker.(zie figuur 3.6.)

4. Keuze van de geometrie.

Bij het conventionele proces (achterwaartse huls—extrusie) wordt de materiaalstroom al of niet via een afrondingsstraal van het gereedschap in één keer 90° van richting veranderd. Dit kan tot gevolg hebben, dat er materiaal in de hoek stil blijft staan, in de zogenaamde dode zone, en dat de rest van het materiaal hierlangs afschuift. Door het extrusie gereedschap superelliptische vormen te geven kan in de praktijk bekeken worden hoe het te vervormen materiaal zich gedraagt als het, tijdens het extruderen, geleidelijk van stromingsrichting verandert. Er zijn echter een paar bijkomstige moeilijkheden te verwachten:

1. grote wrijvingskrachten langs het oppervlak van het gereedschap.
2. opwijden aan de bovenrand aan het einde van de stempelslag.
3. "te" grote uitstroomopening wanneer de ruimte tussen stempel en matrijs is opgevuld met materiaal.

1. Het is gebruikelijk om het stempel te verjongen. Het materiaal kan dan, na het passeren van een rand, wrijvingsloos bewegen. Bij het bekerontwerp moet de binnencontour de karakteristieke vorm van een superellips krijgen, zodat het noodzakelijk is dat het materiaal over de volle stempelslag langs het stempel beweegt.
2. Wanneer het materiaal boven de matrijs uitstroomt is de binnendiameter kleiner dan de uiteindelijke diameter aan de bovenzijde. Figuur 4.1 laat dit zien. Dit kan tot gevolg hebben dat de beker aan de bovenrand scheurt. Het is ook mogelijk dat de beker zo om het stempel geklemd zit dat deze niet zonder beschadigen te verwijderen is. Om de beker toch te kunnen verwijderen voorziet men het stempel van een ontluchtingsgat en plaatst men op de pers een afstroper.

3. Figuur 4.2 laat zien dat de uitstroom opening vrij groot kan zijn wanneer het materiaal de matrijs verlaat en dat de beker hierdoor niet de gewenste eindvorm krijgt. Bij de keuze van de stempelvorm en de matrijshoogte moet met dit effect rekening gehouden worden.

Gezien deze problemen is het niet eenvoudig om een verantwoorde keuze voor de geometrie van de beker vast te stellen; zeker wanneer de beker ook nog aan de gestelde eisen omtrent de stabiliteit moet voldoen. Het programma biedt echter de mogelijkheid om allerlei mogelijke bekervormen met elkaar te vergelijken. Door dit te doen is voorlopig gekozen voor een beker waarvan de gegevens en de uitkomsten in figuur 4.3 zijn afgebeeld.

figuur 4.3 gekozen geometrie.

GEROMETRIE van SUPERELLIPTISCHE BEKER voor EXTRUDEREN		Invoer geometrie
GEOMETRIE GEWENST EINDPRODUCT		
Diameter bovenzijde	dmax : 50	(mm)
Uitwendige hoogte	h : 80	(mm)
hoogte v/d matrijs	hd : 30	(mm)
Wanddikte	sw : 0.5	(mm)
Bodendikte	sb : 4	(mm)
Exponent v/d buitencontour	n1 : 8	(mm)
Exponent v/d binnencontour	n2 : 7	(mm)

Type de exponent van de binnencontour in.

GEROMETRIE van SUPERELLIPTISCHE BEKER voor EXTRUDEREN

Invoer geometrie

Het volume is : $18.4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

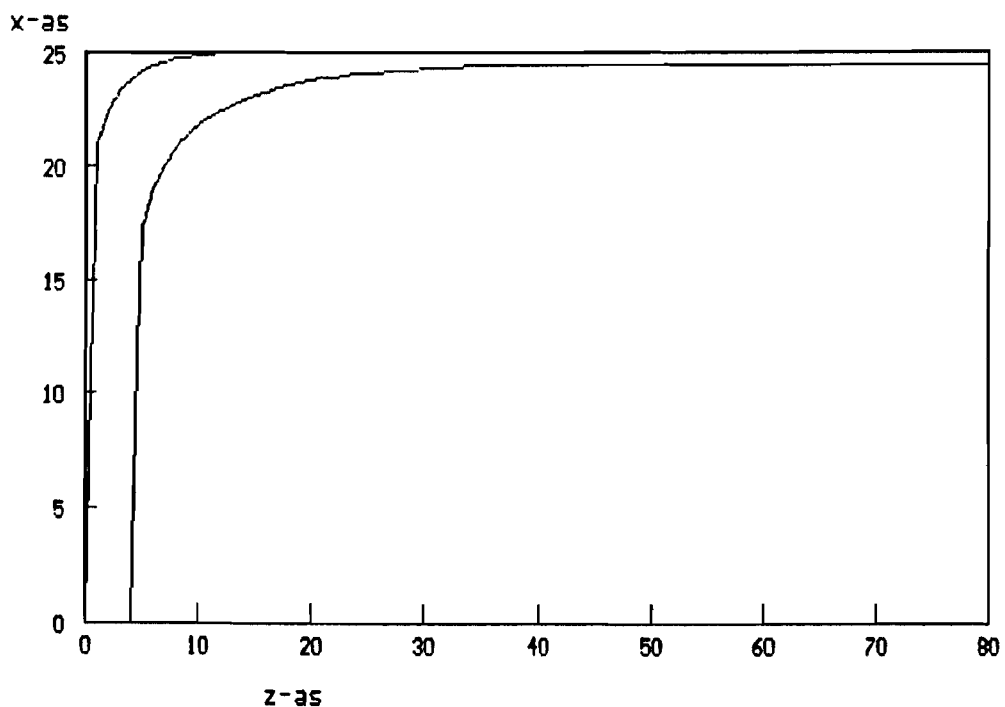
Het statisch moment is : $338 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$

Het zwaartepunt is : 18.3 mm

De beker kantelt niet.

Wilt u de coördinaten laten afdrukken? (type j)

EXTRUDEREN van BEKER



Druk op een toets voor vervolg.