

Vormbeheersing bij massiefomvormen

Citation for published version (APA):

Kals, J. A. G., & Ramaekers, J. A. H. (1981). Vormbeheersing bij massiefomvormen. *Metaal en kunststof*, 19(22), 32-33, 35.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1981

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.

Vormbeheersing bij massiefomvormen

Dr. Ir. J.A.H. Ramaekers
 Prof. Ir. J.A.G. Kals
 Technische Hogeschool Eindhoven

De vorm- en maattooleranties, waarbinnen een produkt vervaardigd kan worden, zijn bepalend voor de kwaliteit van het produkt. Bij omvormende technieken, zoals ze in de massafabricage toegepast worden, ligt de vorm- en maatinformatie (in eerste instantie) verankerd in het gereedschap. Een nadere bestudering van de omvormprocessen, met het oog op haalbare vormen en maattooleranties, leert dat (in tweede instantie) ook andere invloedsfactoren zich nog doen gelden. De oorzaken van afwijkingen van het gewenste produkt, zijn velerlei; het zou te ver voeren en praktisch onmogelijk zijn hier een uitputtende opsomming te geven. Dit artikel beperkt zich tot afwijkingen die voorkomen bij drukprocessen (stuiken, pletten, extrusie) als gevolg van een verstoorde materiaalstroming. De theoretische analyse biedt niet direct kant en klare oplossingen; wel worden verbanden zichtbaar waardoor enige problemen in de praktijk meer gericht tot een oplossing kunnen worden gebracht.

Hoewel de afleiding van de gebruikte theoretische relaties hier niet wordt weergegeven, is het nuttig een beknopte toelichting op het gehanteerde wrijvingsmodel te geven. De wrijving blijkt namelijk een grote invloed op de maatafwijkingen bij drukprocessen te hebben.

Bij hoge contactdrukken is het algemeen bekende Coulombwrijvingsmodel ($\tau_0 = \mu \cdot \sigma$ normaal) niet bruikbaar. Daarom wordt steeds meer een ander wrijvingsmodel, vaak naar von Mises genoemd toegepast. Hierbij is de wrijvingsspanning in het contactvlak afhankelijk van de vloeispanning van het materiaal en de wrijvingscoëfficiënt

$$(\tau_0 = 1/3 m \sqrt{3\sigma_v})$$

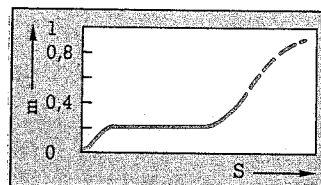
Ter vereenvoudiging wordt uitgegaan van ideaal plastisch materiaal, waarvan de vloeispanning constant is.

De theoretisch mogelijke waarden van de wrijvingscoëfficiënt liggen tussen 0 en 1. Uit pletproeven, met redelijk goed gesmeerde platines, blijken die waarden te liggen tussen 0 en 0,4.

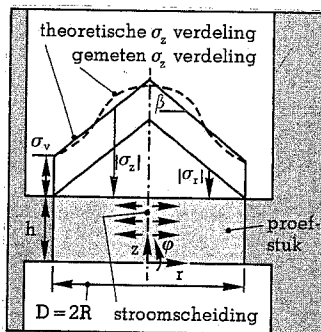
De wrijvingscoëfficiënt is in eerste instantie natuurlijk afhankelijk van een aantal procescondities zoals: smeermiddel, oppervlakte lagen, produktmateriaal, temperatuur en persnelheid. Verder blijkt dat de wrijvingscoëfficiënt niet helemaal constant is tijdens een proces. Uit oriënterende proeven (dit onderzoek staat nog in zijn beginfase) is gebleken dat er een verandering ontstaat van de wrijvingscoëfficiënt tijdens de stempelweg zoals in afb. 1 is weergegeven. De wrijvingscoëfficiënt is in het begin van het proces zeer klein ($m \approx 0$), loopt naar een waarde toe van ongeveer 0,2 à 0,3 en neemt weer snel toe na een procesafhankelijke kritische omvormgraad.

De methode

Bij de gebruikelijke theoretische

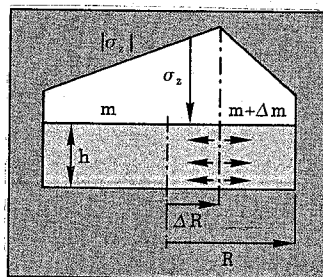


1. De verandering van de wrijvingscoëfficiënt m tijdens het omvormproces als functie van de stempelweg s .

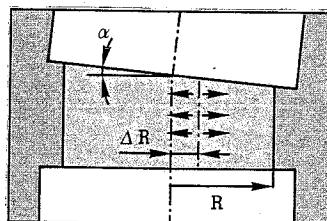


2. Het pletproces met „drukberg” (hellingshoek β)

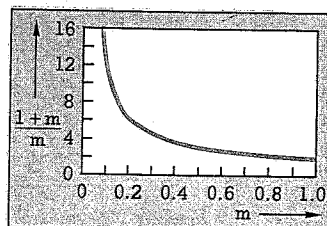
- σ_z = normaalspanning
- σ_v = vloeispanning
- $\varphi; z; r$ = coördinaatrichtingen
- h = momentane dikte van de platine



3. Pletproef met scheve drukberg ten gevolge van een verstoring in de smering (Δm).



4. Pletproef met evenwijdigheidsfout α tussen boven- en onderstempel.



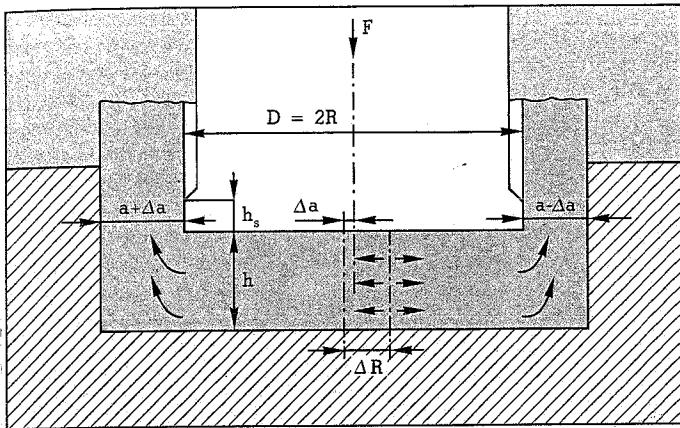
6. De factor $\frac{1+m}{m}$ als functie van de wrijvingscoëfficiënt m

analyses worden – uitgaande van een ideale foutloze situatie – verplaatsingen, rekken, spanningen en krachten berekend. Voor analyses van processen met mogelijk verstoorde materiaalstroming moet een denkbeeldige verstoring worden aangebracht waarbij nagegaan moet worden wat het effect van deze versto-

ring op het procesverloop is. Indien kleine verstoringen grote gevolgen hebben spreken we van een instabiel proces. Aan de hand van het pletproces zal een en ander worden toegelicht.

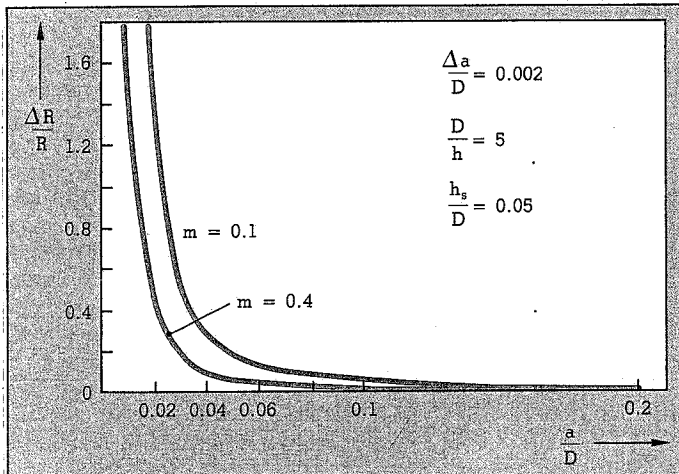
Pletproces

In afb. 2 is het pletproces weer-



5. Hulsextrusie met positioneerfout Δa .

- a = wanddikte
- h_s = hoogte spuitrand
- h = momentane platinedikte

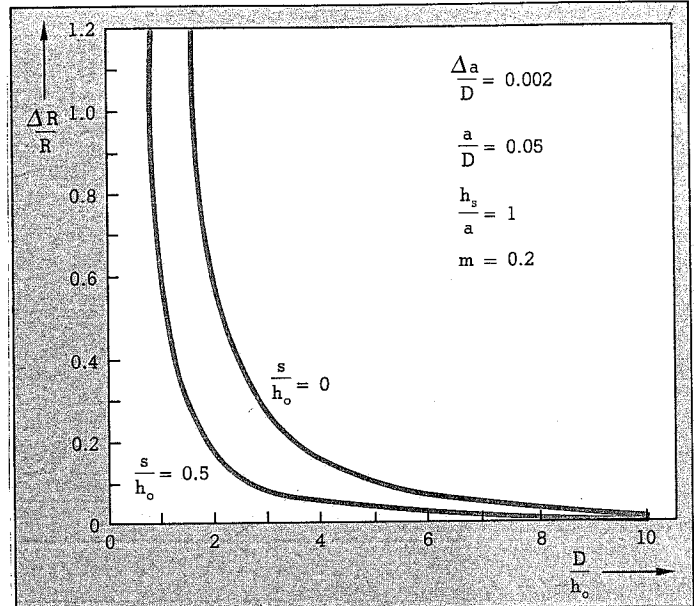


7. De ligging van de stroomscheiding als functie van de wanddikte

gegeven waarbij het proefstuk de momentane dikte h en de momentane diameter $D (= 2R)$ heeft. Met de getrokken lijnen is de normale spanningsverdeling (σ_r en σ_z) weergegeven, zoals deze theoretisch berekend kan worden. Dit verloop van de persdruk wordt in de literatuur aangeduid met druk- of wrijvingsberg („friction hill”). De gestippelde lijn in afb. 2 geeft het werkelijk gemeten drukspanningsverloop weer. We zien dat theorie en praktijk redelijk in overeenstemming met elkaar zijn. De helling van de drukberg is evenredig met de wrijvingscoëfficiënt m:

$$\text{tg} \beta = \frac{2}{3} \sqrt{3} \cdot \sigma \cdot v \cdot \frac{m}{h}$$

Hieruit volgt dat een combinatie van grote wrijving en kleine dikte h tot een grote helling van de drukberg aanleiding geeft. Vooral bij grote diameters ontstaat dan op de stroomscheiding in het midden een zeer grote contactdruk die tot beschadiging van het gereedschap kan leiden. Indien een verstoring in de smering aanwezig is, waardoor aan één zijde de wrijvingscoëfficiënt van waarde verandert met Δm , ontstaat een scheve drukberg (afb. 3). Omdat het materiaal de



8. De ligging van de stroomscheiding als functie van de verhouding tussen stempeldiameter en oorspronkelijke platine-dikte h_o en de relatieve stempelweg $\frac{s}{h_o}$

weg van de minste weerstand kiest, volgt hieruit een verschuiving van de stroomscheiding met ΔR .

De verschuiving van de stroomscheiding kan, afhankelijk van de aangebrachte verstoring, bepaald worden:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta M}{2m + \Delta M}$$

$\frac{\Delta R}{R} = 1$ betekent dan een volledig eenzijdige materiaalverplaatsing en in het algemeen dus een onbruikbaar produkt.

Een belangrijke conclusie die hieraan verbonden kan worden is dat er ook te „goed” gesmeerd kan worden. Indien de wrijvingscoëfficiënt nul wordt, is het proces altijd instabiel. Zoals uit afb. 1 blijkt, lopen we dit risico vooral bij het begin van het proces (de stempelweg $S = 0$). Onafhankelijk van de vraag of fabricagefouten, instelfouten of elastische deformaties tijdens het proces hiervoor de oorzaak vormen, wordt op analoge wijze de invloed van onevenwijdigheid

van de beide contactvlakken op het procesverloop bepaald.

Voor een kleine evenwijdigheidfout, tussen boven- en onderstempel, hoek α , wordt de ligging van de stroomscheiding bepaald door de verhouding van de evenwijdigheidfout en de wrijvingscoëfficiënt

$$\left(\frac{\Delta R}{R} = \frac{\alpha}{m} \right)$$

Uit dit voorbeeld kan de conclusie getrokken worden dat de eigenlijke oorzaak van instabiele materiaalverplaatsingen de smering is. Het smeermiddel moet een voldoende inwendige afschuifweerstand bezitten. Met andere woorden het smeermiddel mag niet te „dun” zijn en bij problemen moet een „dikker” smeermiddel gekozen worden. De parallelleitsfout en het gereedschap (of de platine) is de directe aanleiding tot instabiliteit. Hieraan moet dus zeer zeker ook aandacht geschonken worden.

Hulsextrusie

Als laatste voorbeeld wordt de

hulsextrusie onder de loep genomen. Gemakshalve is het proces weer geschematiseerd: vlakstempel en geen afrondingen aan stempel en matrijs (afb. 5). Indien er een zeer kleine instelfout Δa aanwezig is, heeft dit een verplaatsing van de stroomscheiding tot gevolg. De ligging hiervan wordt bepaald door:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{1}{2} \cdot \frac{h}{D} \cdot \frac{1+m}{m} \cdot \frac{h}{a} \cdot \frac{h_s}{a} \cdot \frac{\Delta a}{a}$$

Eventuele stabiliserende invloeden, die b.v. van een reeds gevormde wand uit kunnen gaan, zijn buiten beschouwing gebleven.

Afb. 6 illustreert hoe de factor $\frac{1+m}{m}$

varieert met de wrijvingscoëfficiënt m .

Zoals uit afb. 6 blijkt, kan een wrijvingscoëfficiënt die kleiner is dan 0,2 makkelijk aanleiding geven tot een instabiel procesverloop.

In afb. 7 is de berekende invloed van de, aan de stempeldiameter D gerelateerde, wanddikte a op de ligging van de stroomscheiding weergegeven. Uit deze figuur blijkt dat, uit het oogpunt van stabiliteit, dunwandige producten moeilijk te persen zijn.

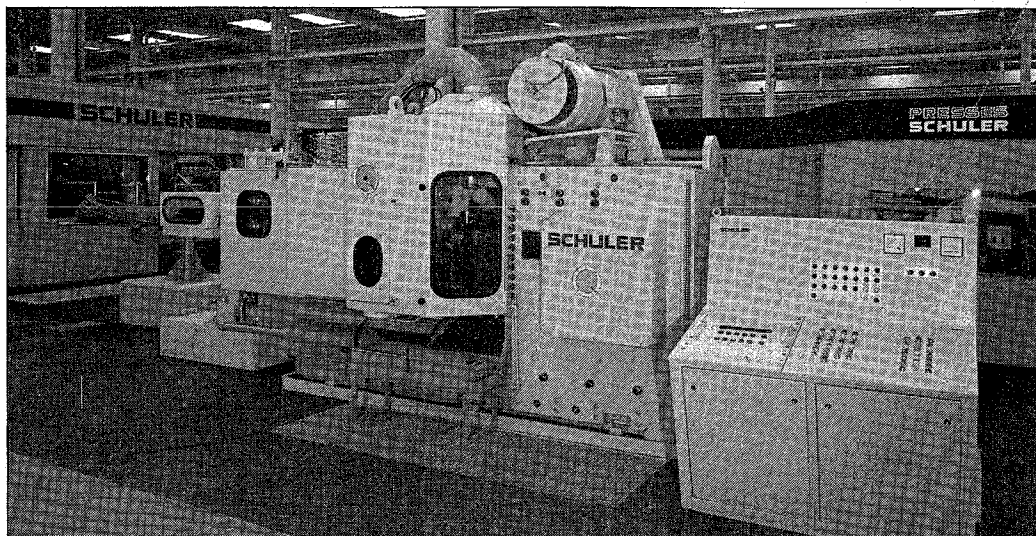
Vanuit de praktijk wordt deze conclusie bevestigd; het persen van dunwandige hulzen waarbij de wanddikte aan hoge tolerantie-eisen moet voldoen is zeer moeilijk.

In afb. 8 wordt de invloed van de oorspronkelijke platinedikte h_0 en de stempelweg s op de ligging van de stroomscheiding weergegeven.

Ook de conclusie die uit afb. 8 getrokken kan worden, namelijk dat relatief hoge platines:

$$\left(\frac{D}{h_0} < 2\right)$$

tot problemen aanleiding kunnen geven, wordt in de praktijk bevestigd;



Pers voor koud massief omvormen, Schuler GB 15

– Indien in een bepaald productieproces uitgegaan wordt van hoge platines, wordt meestal in stappen gewerkt. De eerste stap is dan een persing die gepaard gaat met een relatief lage omvorming (deformatie). In principe is de eerste persbeweging dan een kalibratie, waarbij de uiterste zorg besteed kan worden aan de geometrische nauwkeurigheid en de stijfheid van het gereedschap. De zo verkregen opstaande rand aan de platine dient dan vervolgens als stempelgeleiding in de tweede slag.

– Bij het stuiken van de kop aan draadnagels wordt het stuikgereedschap vaak van een ruitjespatroon voorzien. Ondanks het feit dat dit gezien kan worden als een stabiliserende factor (m schijnbaar zeer groot ≈ 1), staat de kop toch vaak excentrisch op de steel van de draadnagel.

Tot slot volgt nog uit afb. 8 dat de verstoring van de materiaalstroom, tijdens het extruderen van een huls, afneemt. Het proces stabiliseert zich als het ware zelf. In de praktijk blijkt dan ook dat vaak het bovenste deel van de gevormde wand afgetrimd moet worden, omdat de wanddikte van het in het begin van de stempelslag gevormde wandge-

deelte buiten de gestelde toleranties valt.

Stabiliserende factoren

Uit het voorgaande zou men de conclusie kunnen trekken, dat onder bepaalde procescondities, geen goede producten gemaakt kunnen worden. Echter de factoren die een stabiliserende invloed op het procesverloop uitoefenen zijn bij de theoretische berekeningen buiten beschouwing gelaten. Er zijn factoren die inherent zijn aan het proces, bij een verstoorte materiaalstroom ontstaat bijvoorbeeld door de wrijvingskrachten een horizontale sleepkracht op het stempel. Deze kan de verstoring Δa doen afnemen. Als bewust aangebrachte stabilisator kan bijvoorbeeld een groef in het stempel dienen. Deze fungeert als overheersende verstoring, waardoor de plaats van de stroomscheiding wordt gefixeerd.

Samenvatting

Aangetoond is, hoewel niet uitputtend, dat een theoretische analyse aanknopingspunten biedt om aspecten van de produktiekwaliteit te bestuderen en eventueel te optimaliseren. Exacte gegevens per geval zijn

vaak moeilijk te verkrijgen, omdat o.a. de verstoring een toevalfactor is. Wel kunnen voor de praktijk nuttige aanwijzingen worden gegeven. Omdat absoluut foutloze situaties niet bestaan, is het opmerkelijk hoeveel goede producten toch voortgebracht worden. De vindingrijkheid en intuïtie van de vakman, die het gereedschap „lopend” maakt door op de juiste wijze stabilisatoren aan te brengen, is hiertoe onmisbaar. De aanwezigheid van dit vakmanschap is met name minder vanzelfsprekend dan allerlei innovatie-nota's e.d. zeer ten onrecht doen veronderstellen. In dit licht is het opmerkelijk dat een opleiding tot gereedschapmaker niet in het reguliere onderwijspakket is opgenomen. ■