

## Slagextrusie : projektvoorstel IOP-M

***Citation for published version (APA):***

Ramaekers, J. A. H. (1992). *Slagextrusie : projektvoorstel IOP-M*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Vakgroep Produktietechnologie : WPB; Vol. WPA1425). Technische Universiteit Eindhoven.

***Document status and date:***

Gepubliceerd: 01/01/1992

***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](http://www.tue.nl/taverne)

***Take down policy***

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

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

**SLAGEXTRUSIE.  
PROJEKTVOORSTEL IOP-M**

**J.A.H. RAMAEKERS**

**NOV. 1992**

**WPA 1425**

**Algemene gegevens aanvrager****Projectgegevens**

Projecttitel Slapextrusie. Technologie voor (kleinserie) fabricage van onderdelen  
Gevraagde subsidie 581 Kf1  
Startdatum project 01-01-1993 Einddatum 01-01-1997

**Aanvrager**

Naam instelling Technische Universiteit Eindhoven  
Faculteit Werktuigbouwkunde  
Afdeling/vakgroep Produktietechnologie en Automatisering  
Vestigingsadres Den Dolech 2, Eindhoven  
Postadres Postbus 513, 5600 MB Eindhoven  
Telefoon 040 - 472874 b.g.g. 040 - 472630  
Telefax 040 - 448665  
  
Expertise Omvormtechnologie, technische plasticiteitsleer  
Analyse en simulatie van plastische processen  
Materiaalgedrag tijdens bewerken  
Tribologie van omvormprocessen

**Contactpersonen**

Tekeningbevoegde Titel: Dr. Ir. Voorltr: J.A.H. Dhr.  Mevr.   
Naam Ramaekers Tel. 040 - 472874  
Functie Groepsleider  
  
Projectleider Titel: idem Voorltr: \_\_\_\_\_ Dhr.  Mevr.   
Naam \_\_\_\_\_ Tel. \_\_\_\_\_  
  
Financ./administr. Titel: \_\_\_\_\_ Voorltr: G.N.M.J. Dhr.  Mevr.   
Naam Verschuren Tel. 040 - 474483

Projecttitel: Slagextrusie; Technologie voor (kleinserie) fabricage van onderdelen.

Trefwoorden: massief omvormen, modelvorming, processimulatie, faalgedrag, ontwerp-richtlijnen voor produkt en gereedschap.

## **Samenvatting.**

Om aansluiting te krijgen met het internationale niveau in dit vakgebied worden een aantal aspecten van de techniek van het maken van onderdelen via slagextrusie processen bestudeerd, te weten:

- Procesmodellen en processimulaties o.a. m.b.v. UBET (Upper Bound Elemental Technics).
- Faalgedrag in de produktie (breuk, slenkvorming e.d.).
- Gereedschapontwerp (standaardisatie, slijtdelen, coatings, wikkelmatrijzen e.d.).

Met de hieruit voortvloeiende proceskennis wordt een "handboek slagextrusie" opgesteld. Dit handboek is een hulpmiddel bij het produkt- en gereedschapontwerp, waarbij beoogd wordt:

- Verkorten van de "doorlooptijd" (ontwerp-fabricage).
- Verlagen van de gereedschapskosten.
- Verbetering van de produktkwaliteit.

**Projecttitel:** Slagextrusie; Technologie voor (kleinserie) fabricage van onderdelen.

**Trefwoorden:** Massief omvormen, modelvorming, processimulatie, faalgedrag, ontwerp-richtlijnen voor produkt en gereedschap.

## **1. Probleemstelling.**

In Nederland worden massiefomvormprocessen (o.a. slagextrusie) bij de fabricage van onderdelen weinig toegepast. Enerzijds is dit begrijpelijk omdat de markt voor deze onderdelen vooral de, in Nederland niet sterk aanwezige, wapen- en automobiellindustrie is. Anderzijds leidt het verwaarlozen, in onderzoek en ontwikkeling, van dit deel van de omvormtechnologie tot het missen van kansen. Onderdelen worden vaak niet optimaal vervaardigd, waardoor Nederlandse bedrijven marktaandeel dreigen te verliezen ten opzichte van buitenlandse concurrentie.

De situatie wordt nog bedreigender omdat moderne hulpmiddelen (b.v. CAD, CAM, wikkelmatrijzen) bij ontwerp, ontwikkeling en konstruktie de kostenopbouw zodanig beïnvloeden dat steeds kleinere series concurrerend (b.v. t.o.v. verspanen) geproduceerd kunnen worden. Onder auspiciën van de ICFG (International Cold Forging Group) is enige jaren geleden een studie uitgevoerd naar de toepassingsmogelijkheden van slagextrusietechnieken voor kleinserie fabricage. Deze studie, (met een grote Deense bijdrage !) heeft ondermeer tot gevolg gehad dat bij de firma Danfoss series van minder dan honderd stuks via slagextrusietechnieken concurrerend gemaakt kunnen worden.

Uit internationale contacten o.a. via lidmaatschap van de ICFG, dringt zich dan ook de gedachte op dat niet alleen de marktvraag leidt tot de "Nederlandse keuze", maar ook het feit dat de materie te onbekend is. Toepassingsmogelijkheden worden dan over het hoofd gezien. Om verder terreinverlies te voorkomen zou een kennisverwerwingsproject, met als primair doel aansluiting bij het internationale niveau, uitgevoerd moeten worden.

Het probleem ontstaat in principe al in de ontwerpfase van het produkt. De doorsnee ontwerper kan onmogelijk de proceskennis bezitten om een afweging te maken tussen b.v. verspanen, gieten, spuitgieten, sinteren of matrijpersen. Bij de proceskeuze speelt enerzijds de maakbaarheid en anderzijds de kostprijs in relatie tot de kwaliteit een rol.

De kostprijs wordt, naast procestechnische aspecten van algemene aard, ook door specifieke bedrijfsomstandigheden (beschikbaar machine park, expertise e.d.) beïnvloed. In dit onderzoek zullen de bedrijfsgebonden aspecten buiten beschouwing blijven. Een volledige kostprijsberekening is dus niet mogelijk.

Met maakbaarheid wordt bedoeld of het produkt met de gewenste kwaliteit en seriegrootte gemaakt kan worden. Hierbij speelt ook de levensduur van het gereedschap een rol. Er zal een handboek (expertsysteem) slagextrusie ontwikkeld worden, als hulpmiddel voor produkt- en/of gereedschap konstruktEUR cq. fabricagevoorbereiding. De volgende

onderwerpen worden toegelicht:

- Procesverloop (materiaalstroming, rekken, spanningen, krachten e.d.).
- Materiaalgedrag tijdens bewerken (verstevinging, ontsteviging, ductiliteit).
- Kontaktvlakverschijnselen (wrijving, coatings).
- Faalgedrag tijdens bewerken (bv. breuk), oorzaken en remedies.
- Gereedschapontwerp (standaardisatie, slijtdelen, wikkelmatrijzen, materialen).

Verder wordt processimulatie software als aanvulling op het handboek ontwikkeld. Processimulaties zijn namelijk naast experimenten noodzakelijk om inzicht te krijgen in het procesverloop. De programmatuur is dus een nevenprodukt van het onderzoek.

## **2. Het onderzoek.**

Het onderzoek bestaat uit de volgende onderdelen:

### **A. Literatuuronderzoek.**

In de literatuur, vooral ICFG datasheets [1] is veel informatie over slagextrusie (cold forging) te vinden. Hiervan zal vanzelfsprekend gebruik gemaakt worden.

### **B. Experimenten.**

De data uit de literatuur (A) en de resultaten van modelvorming en processimulaties (C) moeten aangevuld worden met uitkomsten van experimenteel werk. De precieze invulling hangt af van de resultaten van het literatuuronderzoek en de voortgang of behoeften van het project (bv. toetsing modelvorming, testen van nieuwe materialen, coatings of smeermiddelen). Gedacht wordt aan de volgende onderwerpen:

- B1. Proefpersingen in eigen laboratorium of bij bedrijven (materiaal aluminium).
- B2. Proefpersingen met modelmaterialen in vlakke rek experimenten.
- B3. Vlakke rek pletproeven, vooral voor het testen van smering en coatings.

### **C. Procesmodellen en -simulaties.**

Procesmodellen en -simulaties zijn noodzakelijk voor een meer fundamenteel inzicht in het procesverloop: Empirische data (A, B) kunnen beter geordend worden, extrapolatie naar nieuwe situaties en parameter onderzoek wordt mogelijk.

In principe staan er drie wegen ter beschikking:

- a. Ad hoc modellen op basis van methoden uit de plasticiteitsleer.  
Deze benadering heeft als nadeel dat voor elke vorm (b.v. huls) een nieuw model ontwikkeld moet worden, dit kost enige weken tot maanden van een specialist. Een

dergelijk model, vooral het maken ervan, levert wel veel inzicht op en is goed bruikbaar voor parameter onderzoek. In het kader van eindstudie opdrachten zullen enige modellen uitgewerkt worden.

b. Processimulaties met een E.E.M. pakket (Eindige Elementen Methode). De nu beschikbare pakketten zijn voor de praktijk veel te duur (benodigde expertise, rekentijd). In het onderzoek kan E.E.M. een rol spelen; gedacht wordt aan het uitvoeren van een aantal simulaties door de eindstudenten.

c. UBET

UBET staat voor Upper Bound Elemental Technics. Het pakket is ontwikkeld in het Verenigd Koninkrijk (Bramley, Osman). Door onze samenwerking met Bramley beschikken wij over de software.

In UBET wordt een werkstuk in een beperkt aantal (b.v. 20 ) elementen verdeeld. Per element zijn de beschrijvende vergelijkingen op basis van de bovengrensbepaling uitgewerkt. UBET rekent een proces in stappen door (rekentijd b.v. 10 minuten op PC). De resultaten geven een betrouwbaar beeld van de materiaalstroom (vullen matrijs) en de optredende krachten (sterkte analyse gereedschap).

UBET is een, voor de praktijk, goed bruikbare methode : korte rekentijden op PC en geen overdreven expertise. De gebruikersvriendelijkheid en toepasbaarheid is nog beperkt en moet verbeterd worden, dit is één van de aandachtspunten uit dit project.

Samengevat worden de volgende acties uitgevoerd:

- C1. Opstellen van procesmodellen voor enige veel voorkomende vormen (voorbeeld functie).
- C2. Uitvoeren van E.E.M. simulaties ter ondersteuning van B, C1, D.
- C3. Ontwikkelen van een gebruikersvriendelijk vlakke rek UBET pakket op basis van aanwezige software.
- C4. Ontwikkelen van een UBET pakket voor rotatie symmetrische produkten op basis van aanwezige software.

Onderzocht wordt ook of 3-dimensionale produktvormen benaderd kunnen worden met vlakke rek en rotatie symmetrische simulaties.

#### **D. Faaloorzaken.**

Tijdens het bewerken worden aan het werkstukmateriaal grote deformaties opgedrongen en is het onderhevig aan grote spanningen. Deze en andere oorzaken kunnen leiden tot faalgedrag (breuk, slenkvorming e.d.) en dus tot produktafkeur. Faalgedrag wordt onderzocht (oorzaak-gevolg relatie) en faalcriteria opgesteld. Processimulaties zijn dan van groot belang om niet alleen achteraf verklarend (en herstellend) maar ook vooraf

voorspellend te kunnen werken.

Van belang is hierbij ook het lidmaatschap van prof. ir. J.A.G. Kals en dr. ir. J.A.H. Ramaekers van de ICFG (International Cold Forging Group ) waarin dit onderwerp aan de orde is in de subgroep "Defects". In deze groep wordt veel bedrijfservaring verzameld.

### **E. Ontwerprichtlijnen.**

Aan de hand van de resultaten uit A, B, C en D kunnen ontwerprichtlijnen voor zowel produkt als gereedschap worden opgesteld. Hier zal gepoogd worden zo betrouwbaar mogelijk aan te geven of een produkt maakbaar is (ja, nee, misschien).

Bij het gereedschapontwerp wordt ook aandacht geschonken aan een aantal kostenbeperkende factoren zoals : standaardisatie, slijtdelen, krimpringen of wikkelmatrijzen en het toepassen van nieuwe materialen en coatings.

### **F. Rapportage.**

Omdat dit projekt afgesloten moet worden met een promotie en anderzijds een praktijkgericht handboek moet opleveren wordt nadrukkelijk tijd uitgetrokken voor het schrijven van de noodzakelijke rapporten.

Het handboek zal diverse toepasbare data bevatten, de achtergrond informatie zal vooral in de dissertatie, eindstudieverslagen en andere tussentijdse rapporten te vinden zijn.

### **G. Diversen.**

Onder deze post worden de vergader- en reiskosten samengevat o.a.

- reizen binnenland	20 Kfl.
- reizen buitenland (ICFG)	50 Kfl.
- repro, fax secretariaat	10 Kfl.
Totaal	80 Kfl.



### 3. Uitvoering van het onderzoek.

Voor de uitvoering van het project wordt een periode van 4 jaar noodzakelijk geacht met de volgende personele bezetting:

- 1 full time onderzoeker (0.9 aanstelling) ir. M.W.H. Kessels (IOP subsidie).  
Hij is primair verantwoordelijk voor het technologisch onderzoek en het ontwikkelen van het handboek. Hij zal ook optreden als projectleider.
- 1 full time onderzoeker (0.7 aanstelling) Msc. G.Xie (IOP subsidie).  
Hij is verantwoordelijk voor het numerieke werk.
- Begeleiding door de wetenschappelijke staf van het laboratorium voor omvormtechnologie van de vakgroep W.P.A.:
  - prof. ir. J.A.G. Kals (75 uur per jaar).
  - dr. ir. J.A.H. Ramaekers (200 uur per jaar).
  - ir. S.M. Hoogenboom (100 uur per jaar).
  - ir. L.J.A. Houtackers (100 uur per jaar).
- Ondersteuning door de laboratorium staf van de groep voor omvormtechnologie (200 uur per jaar).
- Ondersteuning door enige 2-jarige AIO's van het laboratorium (800 uur per jaar).
- Ondersteuning door D-studenten van prof. ir. J.A.G. Kals en studenten en stagiaires van de hogescholen uit de regio.

In de onderstaande figuur is de tijdsplanning en kostenverdeling weergegeven.

onder- werp	1993	1994	1995	1996	Kfl.
A					26
B 1					150
B 2					50
B 3					100
C 1					100
C 2					70
C 3					100
C 4					200
D					200
E					250
F					150
G					80
Totaal					1476

figuur 1: planning

## Opmerkingen bij de planning:

### A. Literatuur.

Na een uitvoerige literatuurrecherche in het begin, is dit een steeds terugkerende activiteit van met name de studenten.

### B. Experimenten.

Omdat veel met studenten (stagaires) gewerkt wordt, is dit een activiteit waar doorlopend zorg aan besteed moet worden. Planning is slechts globaal mogelijk. Onderwerp B3 wordt uitgevoerd door 1 of 2 AIO's en hun werkperiode ligt wel vast.

### C. Procesmodellen en simulaties.

Het ontwikkelen van ad hoc modellen (C1) en het uitvoeren van E.E.M. simulaties (C2) is werk voor studenten, dus gespreid in de tijd afhankelijk van het aanbod. Het uitwerken van UBET (C3 en C4) is de hoofdtaak voor Msc. G. Xie, dus goed planbaar.

### D, E. Faaloorzaken en ontwerprichtlijnen.

Deze onderwerpen zijn de belangrijkste opdracht voor ir. M. Kessels ondersteund door studenten. Tot medio 1995 loopt de onderzoeksfase (onderwerpen A, B en D), vanaf medio 1994 tot medio 1996 ligt de nadruk op de ontwikkeling van het handboek met ontwerprichtlijnen.

#### 4. Literatuur.

- [1] Diverse ICFG Guidelines (bv S.Q.P.).
- [2] Koekenberg I.G.P. "Fliespressen von Werkstücken aus Aluminium" Heuere Entwicklungen in der Massivumformung F.G.U. Stuttgart (1987).
- [3] Ramaekers J.A.H., Houtackers L.J.A. en Peeters P.B.G. "Plastisch bewerken van materialen" Boek ISBN 90-6808-0075 uitgave Omtec Mierlo.
- [4] Ramaekers J.A.H. en Kals J.A.G. "Vormbeheersing bij massiefomvormen" Metaal en kunststof 19 (1981) No. 22.
- [5] Ramaekers J.A.H. en Kals J.A.G. "Instable material flow in extrusion and upsetting" Annals of the CIRP (1982).
- [6] Ramaekers J.A.H. en Smeets M.J.H. "Contactverschijnselen bij het omvormen" Metaalbewerking 50 (1984) No. 3.
- [7] Ramaekers J.A.H. en Hoogenboom S.M. "The prediction of tool pressures in coining" Proc. 2nd conf. I.M.C. Jordanstown (1985).
- [8] Ramaekers J.A.H. en Kals J.A.G. "Mathematical representation of friction in metal forming analysis" Annals of the CIRP (1986).
- [9] Brekelmans W.A.M., Mulders L.H.G. en Ramaekers J.A.H. " The coining process : Analytical simulations evaluated" Annals of the CIRP (1988).
- [10] Lange K., Cser L., Geiger M., Kals J.A.G. "Tool life and tool quality in bulk metal forming" CIRP (1992).