

Plastische deformatie - HERF

Citation for published version (APA):

Kals, J. A. G., & Leeuw, de, M. (1966). *Plastische deformatie - HERF*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Laboratorium voor mechanische technologie en werkplaatstechniek : WT rapporten; Vol. WT0155). Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1966

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.



technische hogeschool eindhoven

laboratorium voor mechanische technologie en werkplaatstechniek

blz. 1 van 11 blz.

rapport nr. 0155

rapport van de sectie: **Werkplaatstechniek**

titel: **Plastische deformatie - HERF**

codering:

P.6.b.

auteur(s): **Kals / de Leeuw**

trefwoord:

**vonkhydraulisch ver-
vormen
(HERF)**

sectieleider: **Ir. J.A.G. Kals**

hoogleraar: **Prof.dr. P.C. Veenstra**

samenvatting

Een oriënterend onderzoek naar de mogelijkheid en de trekkondities voor dieptrekken van platina in opdracht van H. Drijfhout & Zn., Edelmetaalbedrijven N.V. te Amsterdam.

prognose

1. De ontwikkelde methode biedt technologisch goede perspectieven. Nader onderzoek naar de economisch-optimale gereedschapvorm zal noodzakelijk zijn.
2. Een oordeel over kostprijzaspekten afhankelijk van de seriegrootte vereist nadere studie en ontwikkeling.
3. Vergelijkend onderzoek naar de mogelijkheden van fabricage d.m.v. hydroforming, rubberstempel etc. onder een normale pers verdient aanbeveling.

datum:

9 maart 1966

aantal blz. 11
+ 1 bijl.

geschikt voor
publicatie in:

strikt

intern

niet

toegelaten
voor publi-
catie

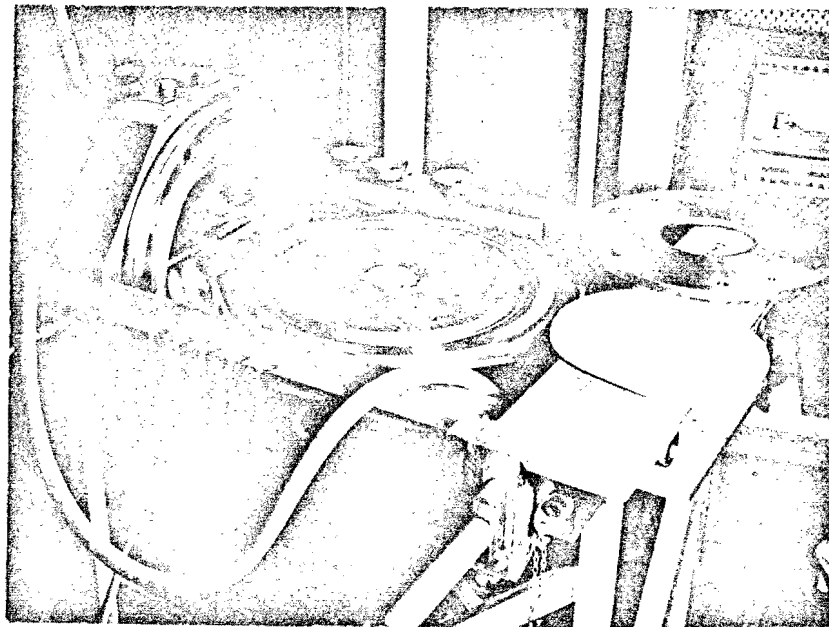
1. Doelstelling

Het dieptrekken van platina d.m.v. konventioneel gereedschap levert, volgens mededelingen van firma Drijfhout, moeilijkheden op door scheurvorming. Deze omstandigheid heeft ertoe geleid, dat dit materiaal tot dusver d.m.v. hameren in de gewenste vorm moest worden gedreven, wat uiteraard hoge produktiekosten met zich brengt. Hieruit blijkt dat de kern van het probleem in verband staat met de gelijkmatige verdeling der deformatie over het werkstuk, zodat het vermoeden bestaat dat platina in te geringe mate verstevigt bij koudvervorming.

Doel van het onderhavige onderzoek was, na te gaan of langs vonk-hydraulische weg een goed produkt te vormen was. In tegenstelling tot konventioneel dieptrekken komt bij deze methode een gelijkmatige energieverdeling over de platine tot stand, terwijl mag worden aangenomen dat de hoge soortelijke massa van platina ($21,45 \text{ g/cm}^3$ bij 20°C) het proces gunstig beïnvloedt.

2. Inleiding

In de toegepaste installatie is een condensatorenbatterij met een totale capaciteit van 45 uF opgenomen, welke bij het onderzoek opgeladen werd tot spanningen variërend van 9 tot 18 kV. Via een luchtionisatieschakelaar kan deze ontladen worden over een weerstanddraad (Kanthal, diam. 0,90 mm, 2,23 Ohm/m, lengte 47 mm). Deze weerstand bevindt zich in een dikwandig, met water gevuld, explosievat. Hierin wordt ten gevolge van de hoge verdampingsdruk van de weerstand een schokgolf opgewekt. Bij de reflectie van de schokgolf door een eveneens in deze ruimte opgespannen platine vindt een impulsoverdracht aan de platine plaats. Vervolgens slaat deze in de erachter gelegen matrijsholte, waarin m.b.v. een waterstraalpompe een onderdruk wordt onderhouden, dit ter voorkoming van luchtkompressie door de zeer snel bewegende platine. (Bij soortgelijke proeven werden eerder snelheden tussen 30 en 100 m/s gemeten). Fig. 1 is een opname van het geopende explosievat met de matrijs in gekantelde stand.



Figuur 1 Geopende explosietank

Voor de uitvoering van de proeven werd een afstand van 50 mm tussen draad en platine gekozen. Als geschikte vorm van het produkt werd een afgeknotte kegel met een tophoek van 56° en een kleinste diameter van ongeveer 28 mm gekozen (zie bijgevoegde matrijstekening). Uit een platine van 69 mm diam. ontstond een ongeveer 20 mm hoog bakje, waarvan de grootste diameter ongeveer 54 mm was.

3. Uitvoering

Gezien het feit, dat de doelstelling slechts een onderzoek van globaal oriënterende aard veronderstelde, werd een in hoofdzaak kwalitatief proefprogramma uitgevoerd. Hierbij speelden de volgende punten een rol:

3.1. Deformatieverdeling.

Teneinde achteraf een indruk van de deformatieverdeling over het produkt te kunnen krijgen, werden beide ter beschikking staande platinaplaatjes (\varnothing 69 en 0,3 mm dik) fotografisch van een millimetteraster voorzien.

3.2. Proefkondities

Door de keuze van batterij, weerstand, afstand platine tot weerstand etc., bleef alleen de condensatorspanning als belangrijke variabele voor het onderzoek. Deze werd naar behoefte gevarieerd tussen 9 en 18 kV. Door het vastleggen van de

andere energiebepalende factoren wordt echter geenszins een optimaal proces gepretendeerd.

3.3. Proefobjecten

Gezien het kleine aantal ter beschikking staande platinaplaatjes was het noodzakelijk met gebruikmaking van enige andere metalen de deformatiebepalende condities af te tasten alvorens een proef met platina uit te voeren.

3.4. Plooihouder

Teneinde tijdens de deformatie een zo gelijkmatig mogelijke rek- en dus spanningsverdeling te bevorderen werd afgezien van de konventionele plooihouderkonstruktie, waarbij de rand van de platine wordt vastgeklemd. Dit bracht voorts het voordeel mee, dat het kostbare materiaal beter benut kan worden door het ontbreken van de trekrand aan het produkt.

Omdat in de randzone van de platine een tangentiële stuik van ruim 20% plaats moest vinden, hetgeen een niet te verwaarlozen plooi-gevaar inhield (vooral voor dun plaatmateriaal!) moest een andere methode worden gevonden.

Een oplossing werd gezocht in de richting van een plooihouder die de platine aanliggend blijft volgen en diens gevolg dus samen met de platine moet vervormen. Een plooihouder in deze zin moet een grote (elastische of plastische) vervormbaarheid bezitten en voorts voldoende kuikweerstand om plooiën van de platine te beletten.

Bij de proeven werden rubberplaten van verschillende stijfheid en dikte als elastische plooihouder toegepast. De ronde platen werden langs de omtrek op de matrijs geklemd en hadden een diameter van 200 mm. Voorts werden metalen plaatjes van verschillende dikte en met dezelfde diameter als de proefobjecten op geschiktheid als plastische plooihouder onderzocht (Al. en Cu.). Tenslotte werden combinaties van beiden toegepast waarbij de elastische op zijn beurt de plastische plooihouder ondersteunt.

3.5. Smearing

De invloed van smearing van de matrijs en smearing tussen platine en (plast.) plooihouder werd onderzocht.

4. Resultaten.

Onderstaand worden de waargenomen verschijnselen met de bijbehorende proefcondities in hoofdzakelijk chronologische volgorde opgesomd.

4.1. Reeks proeven met aluminium

De eerste reeks oriënterende proeven werd uitgevoerd met platines van zacht aluminium in verschillende dikten namelijk 2-1-0,5 mm en 0,3 mm dik in halfharde kwaliteit.

- de dikste platines leverden een gaaf produkt op zonder toepassing van een plooihouder, bij 14 kV (zie figuur 2a).
- de platines van 1 mm vertoonden zonder plooihouder een begin van plooiing bij overigens goede vorm (11 kV), maar werden volkomen gaaf bij toepassing van een elastische plooihouder (pararubber 3 mm dik) bij 13 kV.
- bij een dikte van 0,5 mm kon uitsluitend een goed produkt verkregen worden door toepassing van dezelfde elastische plooihouder bij ongeveer 11 kV (zie figuur 3a).
- de platines van 0,3 mm leverden ook bij gebruik van bovengenoemde pararubberplaat aanzienlijke moeilijkheden op zowel door plooivorming als door het ontstaan van grote scheuren in de bodem van het produkt (zie figuur 3b). De plooiing bleek achterwege te blijven bij toepassing van een andere elastische plooihouder, die een grotere stugheid bezat (type R 455 rood van de Arnh. Rubberfabr., hardheid 65^o Shore, dik 3 mm). Scheurvorming trad niet meer op na smeren van de matrijswand met snijolie (Shell), dit in tegenstelling tot vetsmering. Tevens bleek, dat de rubberplaat bij voorkeur niet al te stevig moest worden vastgezet, vanwege enige invloed op het deformatiepatroon van de produkt-bodem. Een uitstekend produkt werd bij 11 kV verkregen (zie figuur 3c).

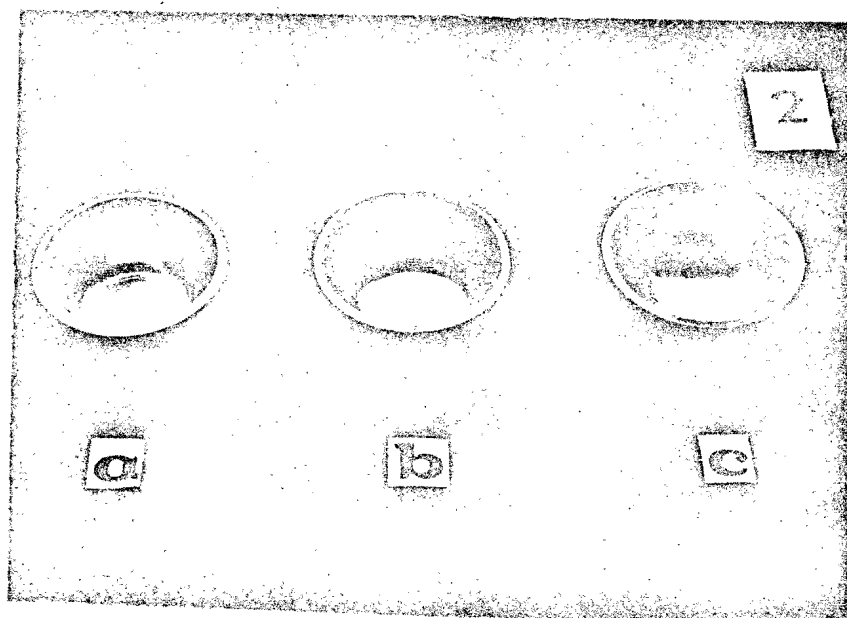


Fig. 2. Produkten uit 2 mm dik zacht aluminium bij 14 kV.
 a) zonder plooihouder b) elast. plooih. (type R 455 rood) dik 2 mm. c) elast. plooih. (type Superba) dik 4 mm.

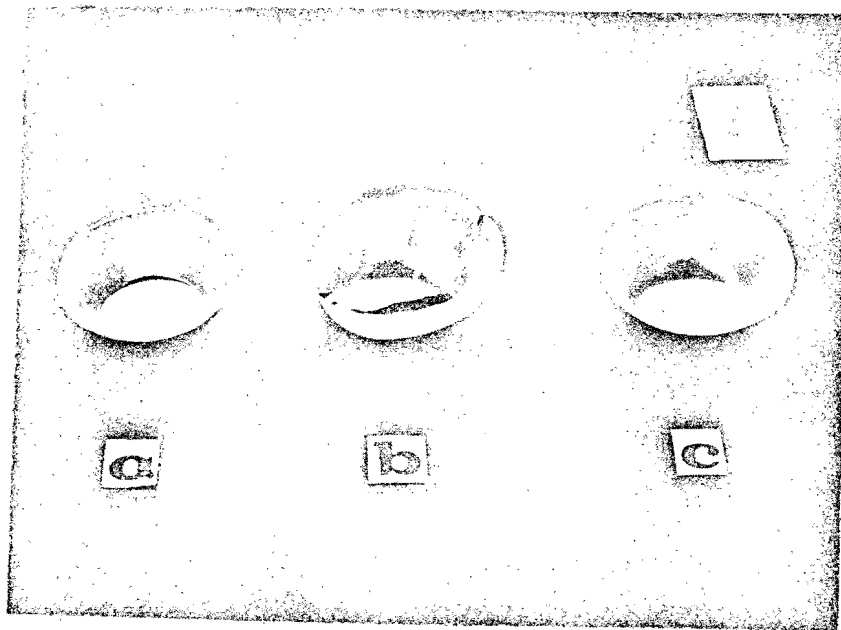


Fig. 3 verschillende aluminiumprodukten bij 11 kV.

- a) zacht al. 0,5 mm met elast. plooih. (pararubber 3 mm).
- b) halfhard al. 0,3 mm eveneens met pararubber v. 3 mm.
- c) halfhard al. 0,3 mm met 4 mm dikke Superba rubber en matrijs-smering.

4.2. Voorlopige proef met platina

De eerste platinaplatine werd op grond van de met aluminium verkregen ervaring getrokken. De kondities werden als volgt gekozen: condensatorspanning van 11,5 kV, met dunne olie gesmeerde matrijs, elastische plooihouder van 3 mm dik rubber (R 455).

Het resultaat kan enerzijds gunstig genoemd worden omdat in overeenstemming met de verwachtingen, scheurvorming bleek te zijn uitgebleven, anderzijds wees een matig sterke plooivorming op drie plaatsen aan de omtrek erop dat dit aspect van de proeven de grootste moeilijkheden zou gaan opleveren (zie fig. 5a). Voorts had het produkt de matrijsvorm onvoldoende aangenomen, hetgeen erop wees dat de benodigde deformatieenergie voor het platina te laag geschat was.

4.3. Energieabsorptie door elastische plooihouder.

Aan de hand van enige aluminiumplatinas (2 mm dik) werd aangetoond dat de elastische plooihouder, afhankelijk van dikte en soort een duidelijk merkbare hoeveelheid deformatie-energie absorbeert (c.q. reflecteert).

- Bij 14 kV bleek een platine zonder elastische plooihouder niet alleen de matrijsvorm geheel aangenomen te hebben, maar bovendien, door een overmaat aan toegevoerde energie, een opmerkelijke radiale stuik in de wand te vertonen. Voorts was de bodem van het produkt ongeveer 3 mm omhoog gestulpt, hetgeen eveneens op een overmatig sterke botsing met de matrijsbodem duidt (fig. 2a).
- Een volgende platine werd getrokken met gebruikmaking van een elastische plooihouder van 2 mm, type R 455, bij 14 kV. Produkt nam precies de matrijsvorm aan waarbij de bodem volkomen vlak bleef en de diktetoename van de wand zichtbaar minder was dan bij de eerste platine. Dit produkt bleek ongeveer 1 mm hogere wanden te bezitten dan het vorige (zie fig. 2b).
- Bij eveneens 14 kV werd een derde produkt getrokken met behulp van een 4 mm dikke elastische plooihouder (type Superbarubber, firma Eriks te Eindhoven), die stugger was dan de plooihouders van het type R 455. Deze platine kon nog net de bodem van de matrijs raken, waarna de toegevoerde energiehoeveelheid uitgeput was. Het produkt behield een bolle bodem (zie fig. 2c).

4.4. Beoordelingsmaatstaf voor het proces

Enige verschillende materialen werden beproefd met het doel een meer concrete oriëntering voor de voortzetting van het onderzoek te vinden.

Platines van fosforbrons met een dikte van 0,2 mm bleken in versterkte vorm soortgelijke problemen op te leveren als het beproefde platinaobject. Bij 13,5 kV en toepassing van de 4 mm dikke rubberplaat van het type Superba vertoonde dit fosforbrons een sterke plooivorming echter zonder te scheuren. Dit materiaal met zijn elastisch karakter werd gekozen als representerende maatstaf ter beoordeling van de procescondities.

4.5. Proeven met fosforbronzen platines

Geen enkele der bovengenoemde elastische plooihouders bleek in staat plooiën van het fosforbrons te kunnen verhinderen (fig. 4a), zodat ook plastische plooihouders moesten worden toegepast.

- Bij de eerste reeks proeven werd een plastische plooihouder van 2 mm dik zacht aluminium toegepast in combinatie met een elastische plooihouder van 4 mm dik superba rubber. De optredende plooiën waren weliswaar aanmerkelijk ondieper dan bij 4.4, maar hun aantal was sterk toegenomen (fig. 4b). Ofschoon het bij deze dikte geen enkele plooiëiging had werd het zachte aluminium plaatselijk weggedrukt door de plooiën van het veel hardere fosforbrons.

- Een tweede reeks proeven volgde met koper van 0,5 mm dikte als hulpplatine. (Dit materiaal was met behulp van een 4 mm dikke Superbaplaat zelf plooiëvrij te trekken). Bij de toepassing van deze hulpplatine als plastische plooihouder samen met de Superbarubber traden een groot aantal zeer ondiepe en samenvallende plooiën op in beide platines (bij ongeveer 16 kV).

- Teneinde een verbeterde ondersteuning van het produkt te scheppen werden de proeven voortgezet met hulpplatinen van 1 mm dik koper. Zonder toepassing van rubber bleken deze zelf ook te plooiën, reden waarom deze hulpplatine verder eveneens steeds in combinatie met de elastische plooihouder van 4 mm dik superbarubber werd gebruikt.

- Bij de uitvoering van deze proeven bleek, dat een tussen werkstuk en hulpplatine aangebracht dun papierlaagje de plooivorming tegen gaat. Dit gegeven werd verder met goed gevolg toegepast.

- Met behulp van een koperen hulpplatine (0,5 mm), superbarubber van 4 mm dik, papieren tussenlaag en matrijssmering met dunne olie werd bij een spanning van 16 kV een gaaf produkt van de juiste vorm verkregen met een nauwelijks noemenswaardig begin van plooiing.

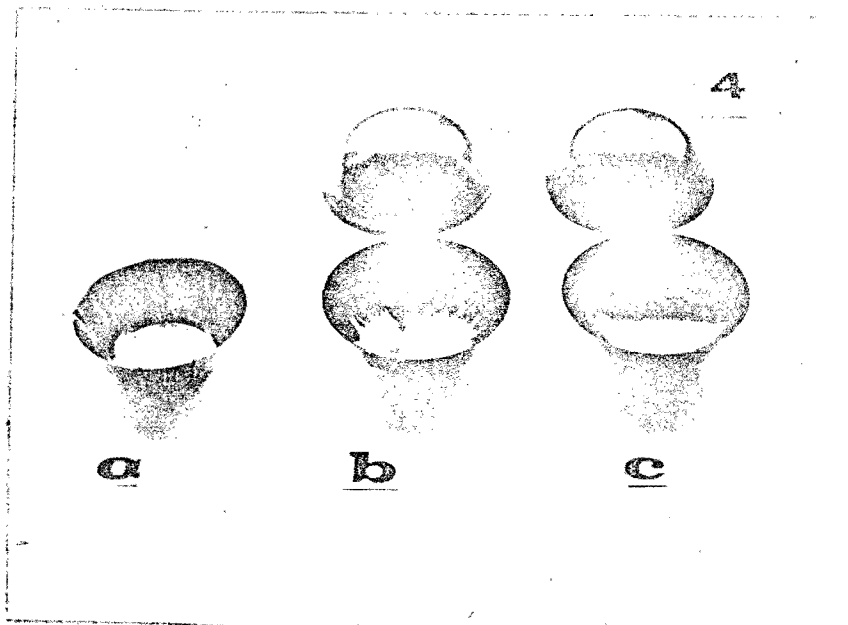


Fig. 4 Produkten uit 0,2 mm dik fosforbrons m.b.v. a) elastische plooihouder uit rubber (superba 4 mm) b) aluminium hulpplatine met een dikte van 2 mm samen met dezelfde rubberplaat c) koperen 1 mm dikke hulpplatine samen met dezelfde rubberplaat en papierlaagje tussen beide platinen. Achter de produkten liggen de desbetreffende plast. plooihouders.

- Onder gelijke kondities werd met een 1 mm dikke koperen hulpplatine een zeer gaaf produkt verkregen bij 17,5 kV.

De overgedragen energie was in dit geval echter niet voldoende om de gewenste vorm geheel te verkrijgen. Merkwaardig was hierbij, dat de bodem van de hulpplatine een 15 mm grote afplatting vertoonde terwijl hiervan bij het fosforbrons produkt in 't geheel geen sprake was.

Dit bevestigt de grote elasticiteit van dit laatste materiaal.

4.6. Invloed van tussenlaag

De invloed van een tussenlaag tussen werkstuk en hulpplatine op de plooiing werd aan de hand van enige proeven nader onderzocht. Hierbij diende naast de 4 mm superba plooihouder zacht aluminium van 2 mm als hulpplatine. De proeven werden genomen met fosforbrons van 0,2 mm bij ongeveer 17 kV.

- De sterkste plooiing trad op bij gebruik van siliconenvet als tussenlaag. De plooiën, over de gehele wandhoogte van het produkt, liepen door tot in de bodem.

- Een minder sterke plooiing werd waargenomen toen hulpplatine en werkstuk rechtstreeks tegen elkaar lagen. De plooiën liepen van de halve hoogte van de wand tot aan de bodem.

- De zwakste plooiing m.b.t. de plooihoogte trad op bij gebruik van papier als tussenlaag. Uit enige aanvullende proeven met verschillende dikten bleek dat een toenemende dikte de gunstige invloed vermindert. Dit kan zodanig uitgelegd worden, dat bij grotere dikte de direkte steun door de plastische plooihouder afneemt. Voorts ontstaat bij gebruik van relatief dik papier een minder glad werkstukoppervlak.

4.7. Tweede proef met platina

Op basis van de met fosforbrons opgedane ervaring werden de volgende condities voor het vervormen van de tweede platinaplatine gekozen:

- elast. plooihouder van 3 mm dikke rubber, type R 455 rood;
- plast. plooihouder van 1 mm dik koper ("hulpplatine");
- condensatorspanning 17 kV;
- matrijssmering met dunne snijolie;
- dunne papierlaag tussen proefplaat en hulpplatine.

Het verkregen platinaproduct voldeed m.b.t. vorm en uiterlijk aan de gestelde eisen. Evenals bij fosforbrons en koper ontbrak "oortvorming" aan de rand, dit in tegenstelling tot aluminium (fig. 5b).

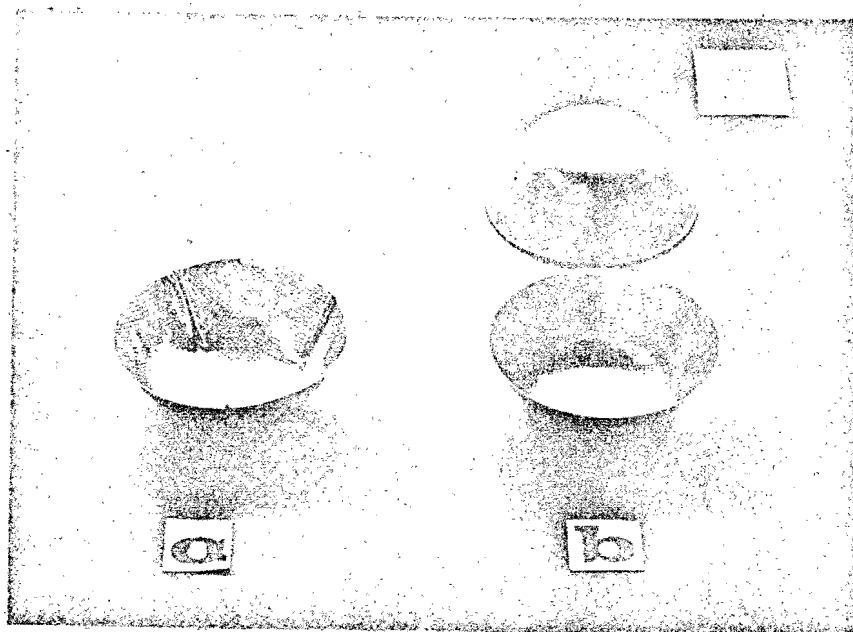


Fig. 5 De beide platinaproducten. a) m.b.v. elastische plooihouder (type R 455, 3 mm dik) bij 11,5 kV b) m.b.v. dezelfde elastische plooihouder in combinatie met koperen 1 mm dikke hulpplatine en papierlaag tussen platines bij 17 kV.

Aan de vervorming van het op de platine aangebrachte orthogonale millimetteraster is onmiddellijk te zien, dat de radiale rek over het gehele produkt gelijkmatig verloopt van ongeveer 20% aan de rand tot 10% in de bodem. Aan de rand treedt de maximale tangentiële stuik op (ruim 20%) die naar beneden regelmatig afneemt en overgaat in rek. In de middenzone van de bodem gaat de waarde van de tangentiële rek over in die van de radiale, ongeveer 10%.

Opmerking: Het bodemvlak van beide platinaproducten vertoont een aantal evenwijdige strepen, die waarschijnlijk veroorzaakt worden door een zwakke anisotropie t.o.v. het uitwalsen van het plaatmateriaal, aangezien ze onderling alle evenwijdig verlopen. Het raster toont aan dat ter plaatse van dit strepenpatroon nog nagenoeg geen afwijking in de deformatie regelmaat optreedt.

5. Conclusie

De proeven hebben aangetoond, dat het mogelijk is 0,3 mm dik platina langs vonkhidraulische weg in betrekkelijk sterke mate diep te trekken in één enkele trekfase (fig. 5b).

Om tot een goed produkt te komen dient aan enkele voorwaarden te zijn voldaan.

0 Ofschoon aan de hand van slechts twee ter beschikking staande proefobjecten geen definitief oordeel met betrekking tot de optimale trekkondities valt te vellen, is het echter reeds mogelijk het deformatieproces nader toe te lichten:

5 - Naarmate een kleinere plaatdikte voor het produkt wordt genomen is een omvangrijker complex van maatregelen nodig om plooivorming tegen te gaan.

10 - Scheuren in het produkt kunnen binnen bepaalde grenzen worden verhinderd door smering van de matrijswanden met dunne olie. De hierdoor verkregen kleinere wandwrijving leidt tot lagere radiale trekspanningen en dus een kleinere radiale rek in het werkstuk.

15 - Plooivorming kan vergaand voorkomen worden bij gebruik van meedeformerende plooihouders. Hiertoe zijn geschikt rubbermembranen en hulpplatinen van een goed deformerend metaal (Al. en Cu.).

20 - Plooivorming wordt eveneens belemmerd door een papierlaag tussen werkstuk en hulpplatine (= "plastische plooihouder"). De verklaring hiervoor is, dat deze papierlaag voorkomt, dat de schokimpuls geheel of gedeeltelijk door de hulpplatine aan het werkstuk wordt doorgegeven (elastische botsing!). In dat geval bestaat er geen enkele zekerheid dat de hulpplatine het werkstuk in voortdurende aanligging voor zich uitdrijft, en kan een gevaarlijke initiële plooiing niet worden voorkomen. In overeenstemming hiermee is de waarneming, dat een smeermidde tussen werkstuk en hulpplatine een ongunstige uitwerking heeft. Dit werkt immers een impulsoverdracht aan het werkstuk in de hand (vgl. in dit opzicht het gebruik van zgn. "koppelpasta's" bij ultrasoon materiaalonderzoek).

30 6. Prognose

35 Een voortzetting van het onderzoek aan de hand van enige tientallen platinaproefplaatjes, lijkt na de verkregen ervaringen zinvol. Met name het bepalen van de economisch optimale trekkondities zou dan in aanmerking dienen te komen. In dit opzicht speelt vooral het ontwikkelen van een goedkope plooihouder een belangrijke rol. Het wordt geensziens uitgesloten geacht dat de resultaten van verder onderzoek de toegepaste plastische plooihouder overbodig zullen maken.

40 In het bijzonder zou aandacht moeten worden geschonken aan de impuls overdracht tussen rubbermembraan (= "elastische plooihouder") en platine, die mogelijk geregeld kan worden door een niet-elastische tussenlaag. Voorts zou het verhinderen van initiële plooiing t.g.v. het vacuüm in de matrijsholte een punt van onderzoek moeten vormen.

45 Tenslotte blijven als mogelijkheden nog open het geven van een andere vorm aan het produkt (minder steile wand en bolvormige bodem) teneinde de eisen aan de plooihouder te verzachten, en het onderzoeken van de mogelijkheden die een der nieuwere dieptrekmethode kan bieden (rubberstempel, hydroforming etc.).

