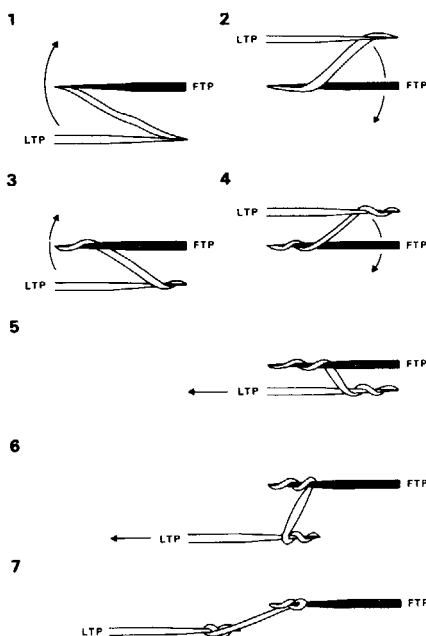


De ontwikkeling van een micro-pincet gebaseerd op elastische scharnieren

F.J.I.M. van Rongen

De sectie Micro-techniek van de Faculteit der Werktuigbouwkunde en Maritieme Techniek van de Technische Universiteit Delft heeft de beschikking over een uitgebreide faciliteit voor fotochemische metaalbewerking.

In dit artikel komen de verschillende fasen van het ontwerpen van een micro-pincet aan de orde. De micro-pincet is nodig in een samenwerkingsproject dat Micro-techniek heeft met de Erasmus Universiteit te Rotterdam. Bij de vakgroep Urodynamica van de EUR wordt onderzoek gedaan aan de kracht-snelheid relatie van geactiveerde losse spiercellen. De spiercellen hebben geringe afmetingen, een lengte van ca. $200\mu\text{m}$ en een diameter van ca. $20\mu\text{m}$. De te onderzoeken spiercel moet met beide uiteinden ingespannen kunnen worden in een krachtopnemer. Dit moet snel en eenvoudig kunnen plaatsvinden. De tot op heden ge-



Figuur 1 Schematische voorstelling van het knopen van spiercellen (niet op schaal).

bruikte methode maakte gebruik van twee glaspipetten met uiteinden van enkele micrometers waaraan de spiercel wordt geknoopt, zie figuur 1. Deze methode is zeer tijdrovend en slokt een groot deel van de werkzame lengte van de spiercel op. Op zoek naar alternatieven kwam de vakgroep Urodynamica in contact met de sectie Micro-techniek te Delft. Op dit moment wordt in het kader van een promotie-onderzoek onder andere gezocht naar de mogelijkheden om de spiercellen met kleine knijpers of micro-pincetten beet te pakken. Om de pincet te maken is met name de etstechniek zeer geschikt. Deze techniek is bij uitstek geschikt om op snelle wijze (binnen een dag) fijnmechanische constructie-elementen te vervaardigen.

Randvoorwaarden die aan de micro-pincet gesteld worden en de consequenties daarvan

- De massa moet gering zijn.
Consequentie: kleine afmetingen.
- De bekken moeten reproduceerbaar en spelingsvrij ten opzichte van elkaar kunnen bewegen.
Consequentie: constructie met elastische scharnieren.
- De bekken moeten zo glad mogelijk en in ieder geval braamvrij zijn.
Consequentie: spaanloze bewerking, bijvoorbeeld etsen.
- De ruimte die de knijpers nodig hebben om de spiercel te pakken dient zo klein mogelijk te zijn, met andere woorden het effectieve deel van de spiercel dient zo lang mogelijk te blijven.
Consequentie: bekken van dun plaatmateriaal, eventueel verjongd geëts
- Zichtcontrole door een microscoop moet mogelijk zijn. Dit houdt in dat de tipafmetingen van de bekken dezelfde orde van grootte moeten hebben als de diameter van de spiercel.

Consequentie: kleine afmetingen.
f. De pincet moet corrosiebestendig zijn.

Consequentie: roestvaststaal.

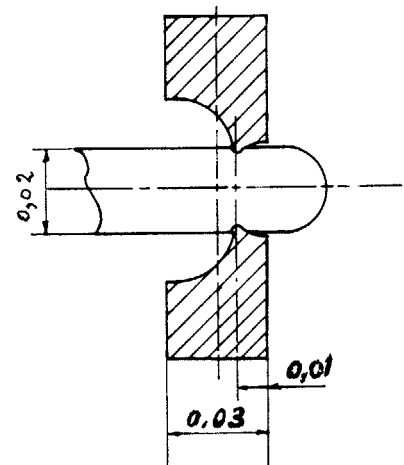
Het ontwerp van de micro-pincet

Volgens de randvoorwaarden a en e is het gewenst dat de afmetingen klein zijn. De enige beperking die hier een rol speelt is de smalste nog te etsen sleuf en dam bij een bepaalde materiaaldikte.

Daarom is het nodig de bekken van een zeer dun plaatmateriaal te vervaardigen. Gekozen wordt voor materiaal van $30\mu\text{m}$ dik, want dit is tijdens het proces nog redelijk te hanteren en kan op de plaats van de tip nog verjongd (asymmetrisch) geëts worden naar een dikte van ca. $10\mu\text{m}$; zie figuur 2. Door de tip asymmetrisch te etsen wordt namelijk meer vrije lengte van de tussen de bekken getekende spiercel verkregen.

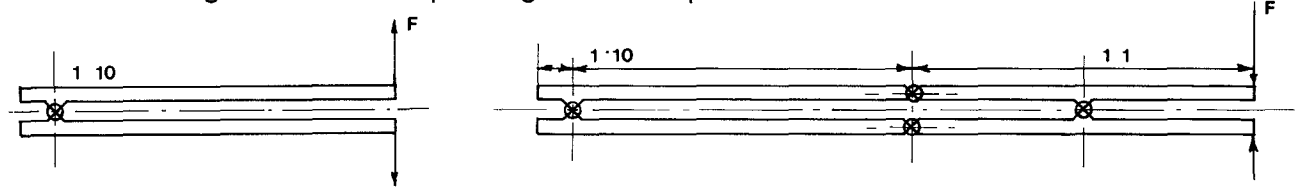
Elastische scharnieren

Volgens de randvoorwaarde b moeten de bekken spelingvrij ten opzichte van elkaar kunnen bewegen. Het ligt daar-



Figuur 2 Doorsnede van de tip van de pincet; asymmetrisch etsen van de tip is nodig om een zo groot mogelijke effectieve lengte van de spiercel te kunnen benutten. De materiaaldikte bedraagt $30\mu\text{m}$.

De ontwikkeling van een micro-pincet gebaseerd op elastische scharnieren



Figuur 3a Zeer eenvoudige pincet uitgevoerd met een scharnier. Figuur 3b Ontwerp van een pincet uitgerust met een aantal scharnieren.

om voor de hand om hier gebruik te maken van elastische scharnieren, geplaatst kort bij de bekken; zie voor schematische weergave figuur 3a.

De dikte van het materiaal bedraagt $30\mu\text{m}$; voor een goede werking van het scharnier is het gewenst dat de breedte van de dam van het scharnier ca. $15\mu\text{m}$ moet zijn. Dit zou het geëtste produkt erg kwetsbaar maken tijdens het etsproces en verdere inpassing. Om deze reden is de pincet van extra scharnierpunten voorzien, zie figuur 3b. Bovendien is de pincet aan weerskanten verlijmd met $80\mu\text{m}$ dikke plaat met daarin een identieke scharnierconstructie, hetgeen hem robuuster maakt. Deze steunplaten hebben geen tip

De totale dikte bedraagt nu $190\mu\text{m}$. Uitgebreide experimenten hebben aangetoond dat geëtste gatscharnieren in verstaal met een damdikte- en -breedte verhouding van 2:1 goede resultaten geven. Dat betekent in het geval van de gelijmde constructie een scharnierbreedte van ca. $100\mu\text{m}$.

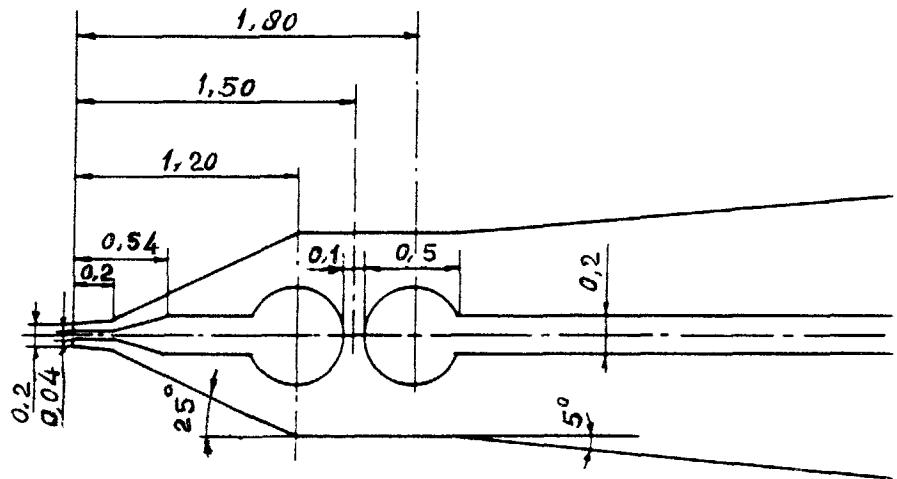
Omdat er geen ervaring was met ge-laagd gelijmde gatscharnieren en hun gedrag en er ook geen ervaring was met het asymmetrisch etsen in materiaal van $30\mu\text{m}$, is besloten prototypen te vervaardigen. Figuur 4a toont de tekening van de tip met de gewenste afmetingen en figuur 4b geeft het totaalbeeld van het gehele ontwerp.

Op het moment dat tot vervaardiging van het eerste prototype besloten werd, was bekend dat dit ontwerp geen goed gedefinieerde "vaste wereld" heeft. In het volgende ontwerp is dit probleem op een eenvoudige wijze opgelost.

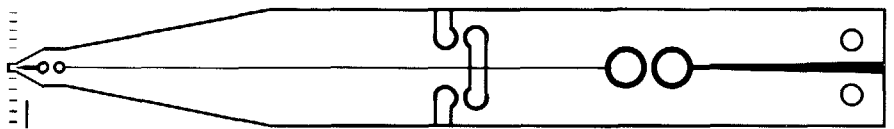
Vervaardiging van het eerste prototype.

Maskerfabricage

Gelet op de geringe afmetingen van de tip - bekopening ca. $40\mu\text{m}$ en de totale

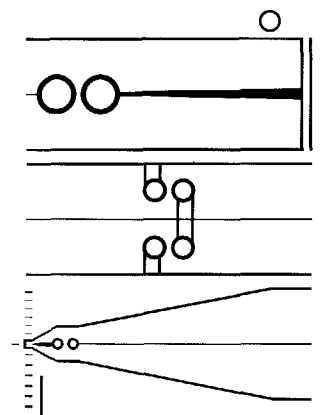


Figuur 4a Tipafmetingen van de pincet.



Figuur 4b Configuratie van het eerste prototype (schaal 3,5:1).

tipbreedte $120\mu\text{m}$, zie figuur 4a - is het noodzakelijk het etsmasker van het produkt eerst 25 maal vergroot te snijden in de pelfolie. Deze vergroting vloeit voort uit de kleine details van het te vervaardigen produkt en de vaste reducties van de reductiecamera van 5:1 en 10:1. Bij deze vergroting is de lengte van het produkt op de pelfolie 800mm . Dit is te groot voor de beschikbare fotografische apparatuur. Daarom wordt het produkt uiteen genomen en in drie delen naast elkaar gesneden op een bekende onderlinge afstand; zie figuur 5. Dit tussenmasker bevat ook de informatie voor het asymmetrisch etsen van de tip en het etsen van het dikke pincetgedeelte. Voor de juiste afmetingen van het definitieve masker moet er tweemaal gereduceerd worden. Een voordeel van tweemaal reduceren is dat na de eerste keer reduceren al gebruik gemaakt kan worden van de step and repeat camera om het



Figuur 5 Verkleind tussenmasker van de pincet (schaal 3,5:1). Opgedeelde in drie delen.

te etsen produkt samen te stellen. Dit maakt het mogelijk om met de informatie die dit tussenmasker bevat een aantal maskers samen te stellen, bijvoorbeeld voor wat betreft de te gebruiken lijnbreedtes om de bekopening

van de tip te etsen en de maskerset voor het etsen van het dikke knijpergedeelte zonder de tip.

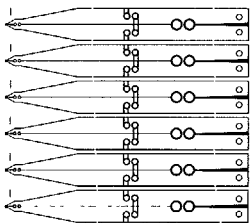
Deze verschillende lijnbreedtes zijn links en rechts van de tip al op het tussenmasker aanwezig evenals de gaten voor het lijmen; zie eveneens figuur 5.

Er wordt tweezijdig geëtsd, wat betekent dat bij het verjongd etsen van de tip de maskers van de maskerset verschillende informatie bevatten. Uitgebreide etsproeven hebben aangetoond dat de lijnbreedtes waarmee de tip verjongd geëtsd kan worden ca 27 en 68µm moeten zijn.

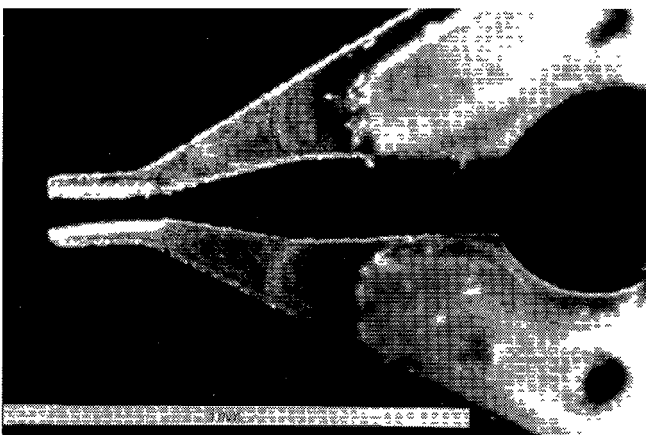
Indien de beide maskers verschillende informatie bevatten is het tweemaal gebruiken van de step and repeat camera noodzakelijk.

Bijvoorbeeld: Van het eerst vervaardigde masker bevat het tip- gedeelte een lijnbreedte van 27µm. Van dit masker wordt een gespiegeld duplicaat gemaakt. Het tweede masker wordt verkregen door opnieuw gebruik te maken van de step and repeat camera. Op de plaats van de tip wordt nu de lijnbreedte van 68 µm inbelicht.

Door meervoudig het totale produkt naast elkaar te belichten met behulp van de step and repeat camera, ontstaat



Figuur 6 Gedeelte van een 1:1 werkmasker.



Figuur 7a Het verjongd geëtsde deel van de tip van de pincet.

et uiteindelijke werkmasker; zie figuur 6.

Figuur 7a toont het verjongd geëtsde gedeelte van de tip. Figuur 7b laat één van beide dikke delen van de pincet zien. Deze ondersteunen zoals eerder vermeld, de kwetsbare bekken aan weerskanten als een sandwich-constructie; zie figuur 8 voor de schematische voorstelling. Bij het etsen van het dunne deel (dat van 30µm dik) is het belangrijk dat de etsvloeistof een zeer constante temperatuur heeft. De etssnelheid is $\approx 0,5\mu\text{m}$ per sec.

Lijmen

De drie lagen van de pincet worden nu verlijmd; de gebruikte lijm is Black Max 380 van Loctite. Voor de positionering wordt gebruik gemaakt van de gatscharniergegaten.

In het volgende ontwerp worden in het subfreem aparte positioneringsgaten meegeëtsd.

De gelaagde pincet voldoet goed en de gatscharnieren gedragen zich overeenkomstig de verwachting.

Het tweede prototype

De ervaring opgedaan met het eerste prototype is verwerkt bij de vervaardiging van het volgende prototype.

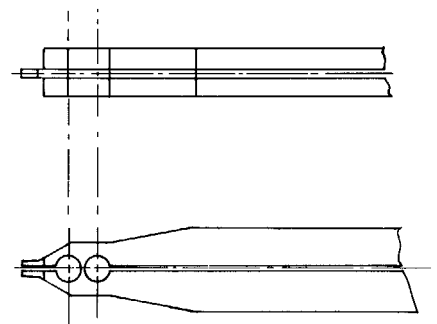
Een van de problemen die nog opgelost moest worden is het goed definiëren van de vaste wereld. De oplossing hiervoor is gevonden door een been van de pincet aan de vaste wereld te koppelen. Dit been wordt bevestigd aan de krachtopnemer; de consequentie hiervan is dat een andere configuratie van de elastische scharnieren

nodig is; zie figuur 9a. Door een andere overbrengverhouding aan te brengen wordt bereikt dat het openen en sluiten van de bekken goed gedoseerd kan worden. De pincet kan bovendien wat korter worden.

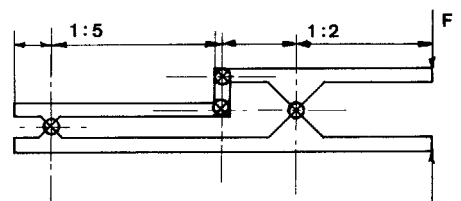
Vervaardiging van het tweede prototype

Maskerfabricage

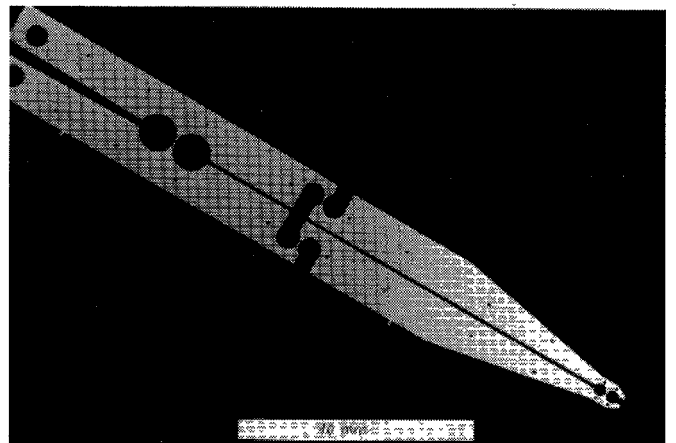
Figuur 9b laat het tussenmasker inclusief de produktelementen 1 t/m 10 zien. De functie van deze elementen is:



Figuur 8 Zij- en bovenaanzicht van de sandwich-constructie.



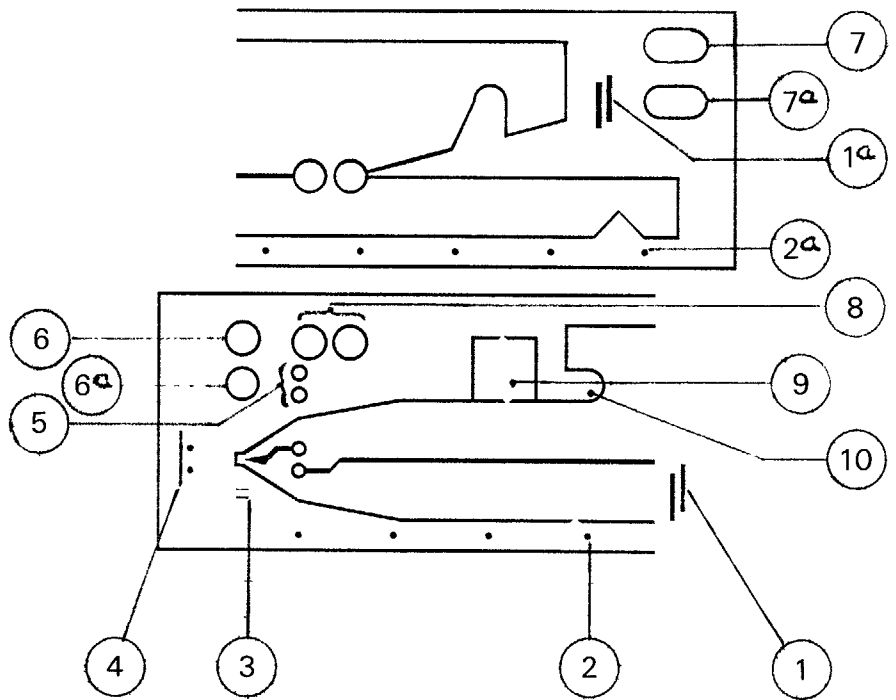
Figuur 9a Schematische voorstelling van het tweede prototype.



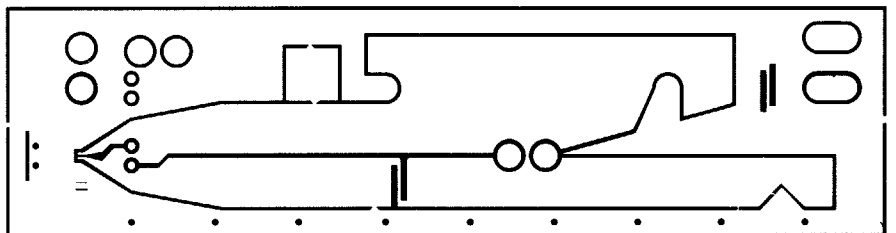
Figuur 7b Het 80 µm dikke deel van de pincet zonder tip.

De ontwikkeling van een micro-pincet gebaseerd op elastische scharnieren

- 1, 1a Elastisch scharnier dat het ver-
lengen van de poot mogelijk
maakt.
- 2, 2a Lijmgaten; deze worden inge-
fotografeerd voor het masker
van de steunplaat van 80µm.
- 3 Lijnen van 27 en 68µm breed.
Deze dienen om het verjongd
etsen van de tip mogelijk te ma-
ken.
- 4 Lijn voor het afetsen van de tip
van de steunplaat.
- 5 Gaten voor het elastische schar-
nier van het 30µm pincetdeel.
Omdat deze gaten groter zijn
kunnen die over de reeds
bestaande heen gefotografeerd
worden
- 6, 6a Positioneergat voor de 30 en
80µm delen.
- 7, 7a Positioneersleuf voor de 30 en
80µm delen.
- 8 Gaten voor het achterste elast-
ische scharnier van de 30µm
deel.
- 9 Uitbreeklip. De lip wordt na het
lijmen van de pincetdelen rond-
gedraaid totdat deze uitbreekt.
Dit is nodig om de pincet on-
vervormd uit het freem te halen.
- 10 Freem.



Figuur 9b Tussemasker met losse produktelementen, in tweeën gedeeld om fotografische redenen.



Figuur 9c Samengesteld masker, 80µm steunplaat 4,5:1.

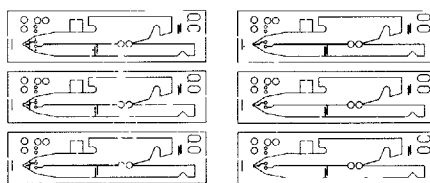
Figuur 9c toont het samengestelde masker (ca. 5:1). De afmetingen van het masker van figuur 9c zijn voor onderetsing gecompenseerd voor een materiaaldikte van 80µm (steunplaten).

Het tussemasker (figuur 9b) kan ook gebruikt worden voor het etsen van het pincetdeel met een materiaaldikte van 30µm. Bijvoorbeeld, de onderetsing bedraagt ca. 1/2 maal de plaatdikte en is in het dikke materiaal 40µm en in het dunne materiaal 15µm. Dit betekent dat de gaten van de elastische scharnieren en de paspengaten in het al samengestelde ontwerp kleiner zijn – vanwege de grote onderetsing – dan die van de losse elementen.

Dit geeft de mogelijkheid om de losse elementen over de bestaande heen in het masker te fotograferen. Zo ontstaat het masker voor 30µm. Figuur 9d laat de 1:1 versie voor 80µm zien en figuur 9e de versie voor 30µm.

Afwerking

Na het etsen worden de pincetten vrij-



Figuur 9d Samengesteld masker, 80µm steunplaat 1:1. (links)

Figuur 9e Samengesteld masker, 30µm pincetdeel 1:1. (rechts)

gemaakt door de lip in figuur 9b, produktelement 9, rond te draaien. Deze breekt dan uit zodat de pincet nog aan een breekpunt vast zit; na een paar keer heen en weer bewegen breekt ook dat punt uit. De afmetingen van de uitbreekpunten zijn zo gekozen dat deze, na het op maat etsen van het produkt, onder een hoek van 90° met de halve

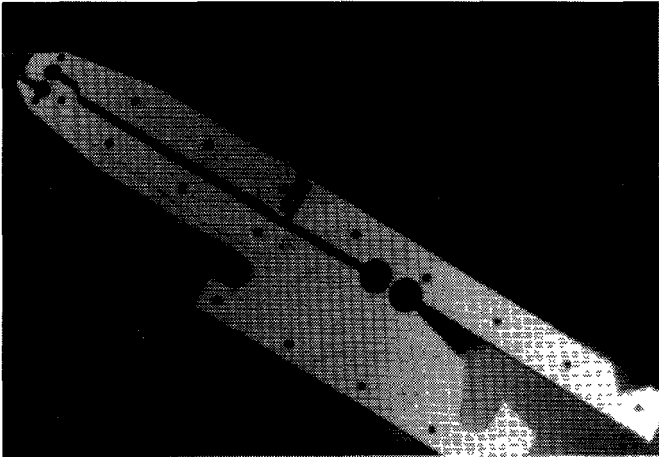
plaatdikte nog aan het produkt vastzitten. De uitbreekpunten zijn noodzakelijk omdat bij het dooretzen de producten vrij en over elkaar kunnen komen te liggen, wat dan weer consequenties kan hebben voor de nauwkeurigheid.

Deze hechtpunten, meestal twee, kunnen op de meest geschikte plaats vastgelegd worden.

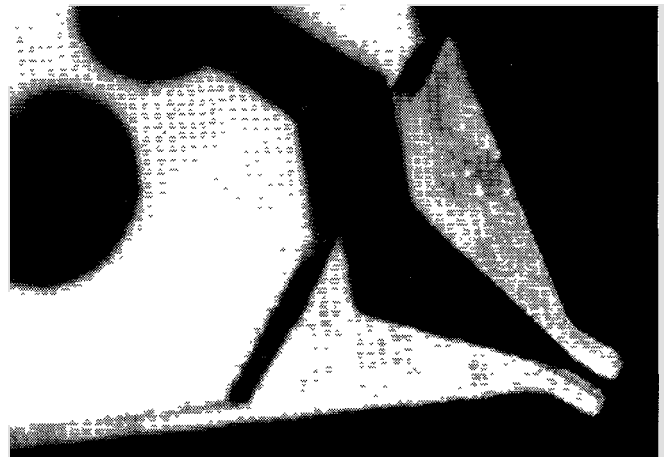
Figuur 10a toont de geëtste versie van het tweede prototype en figuur 10b een deel van de tip.

Resultaat

Na inbouwen in de proefopstelling bij de Erasmus Universiteit Rotterdam is gebleken dat in korte tijd spiercellen gepakt kunnen worden, zie figuur 11. Dat deze foto niet optimaal is komt mede doordat de cellen in een zoutachtige oplossing in leven gehou-



Figuur 10a Het tweede prototype, samengestelde gelijmde versie.

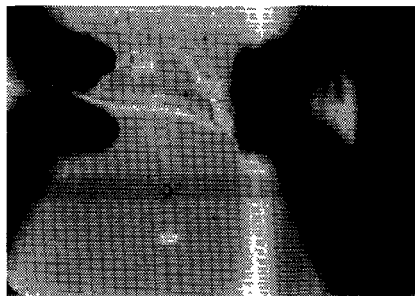


figuur 10b Het deel van de tip waarbij de verjoning goed zichtbaar is. De afmeting tussen de bekken bedraagt ca. 40µm.

den worden en de opstelling niet erg toegankelijk was om er een foto van te maken.

Ik hoop dat ik met dit en de vorige artikelen, de lezer een inzicht heb gegeven in de flexibiliteit en de mogelijkheden die het foto-etsproces biedt.

Met dank aan ir.P.V.Pistecky, van de sectie Micro-techniek, voor zijn redactionele bijdrage. Verder de heer



Figuur 11 Spiercel aan beide zijden ingeklemd door een pincet.

J. van Bruggen en de studenten J.C.C van Kuijk, H. van der Wulp, J.J.M. Bekelaar, E.P. van der Rijst en F.J.A. van der Burg, die in het kader van het practicum, mee hebben gewerkt aan het totstandkomen van de micro-pincet.

Zie ook de artikelen in de Mikroniek van jaargang 31 (1991) nummer 3 en 6.

Moderne CAD-CAM-technieken

Dinsdag 9 maart 1993 te Utrecht
Themamiddag en -avond georganiseerd door de regionale werkgroepen Utrecht en Gelderland met medewerking van CAD-Services.

Middagprogramma

14.45 Ontvangst met koffie
15.00 - 17.00 uur CAD + CAM.

De voordelen van een geïntegreerde werkwijze en het werken met één produktmodel. Voordracht en demonstratie met Personal Designer (CAD) en Personal Machinist (CAM). Deze 3D CAD-CAM-software is zowel geschikt voor gebruik op werkstations als op PC's. In een netwerk kunnen datafiles van de tekeningen door beide systemen verwerkt worden.

Avondprogramma

17.30 - 19.00 uur Nieuwe CAD modelleertechnieken.
Een overzicht van de nieuwe trends aan de hand van CADD5.
parametergestuurde CAD modellen (parametric modelling)
standaard bewerkingen, taggat, etc. (feature based modeling)
CAD-model getuurde parametrische relaties (constraint based modelling)
standaard onderdelen genereren met parameters voor families van varianten (variant based modeling)
19.00 - 19.30 uur Discussie.

Kosten: leden f 25, niet-leden f 50.
Voor broodjes en koffie wordt gezorgd

Vorm- en plaatstoleranties

Cursus op twee nader te bepalen dagen in maart te Utrecht.
Regelmatig worden onnodig hoge kosten gemaakt door verkeerde interpretatie van de door vorm- en plaatstoleranties gestelde eisen of door verkeerde interpretatie in relatie tot meetgegevens. De cursus is gericht op praktische toepassing, wat onder andere van belang is bij kostencomputaties en uitbesteding.

Programma

Doel van vorm- en plaatstoleranties,
Symbolen en hun toepassing
Effecten op fabrikagemethode en kosten
Training in de betekenis van de symbolen op tekening
De begrippen E en I
Het maximum en minimum materiaal-principe,
Het referentiesysteem,
Toegepaste meettechniek voor het controleren van de eisen
Het interpreteren van de meetwaarden naar de eisen op tekening

Bestemd voor technici, constructeurs, werkvoorbereiders en leidinggevers in de fijnmechanische industrie.

Kosten: leden f 525, niet-leden f 650.

Inlichtingen bij:
Secretariaat NVFT, Postbus 6367, 5600 HJ Eindhoven
Tel: 040 - 473659, fax. 040 - 460645.