

De ontwikkeling van produktiemethoden voor de miniatuurtechniek

Citation for published version (APA):

Muller, H. L. (1968). De ontwikkeling van produktiemethoden voor de miniatuurtechniek. *De Ingenieur*, 80(41), w219-w223.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1968

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.

De ontwikkeling van produktiemethoden voor de miniatuurtechniek¹⁾

658.56:621.3

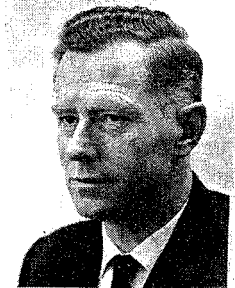
door prof. dr. ir. H. L. Muller, T. H. Eindhoven

Summary: *The development in the technique of manufacturing processes for miniature products.*

Manufacturing processes for many new and often tiny products are developed at an increased rate.

Some important related factors are the increased speed of application of new materials and new manufacturing processes. There also exists a feed-back relation between the influence of technological new components and the manufacturing possibilities of production equipment and tools for these components.

Some of these factors are illustrated with examples taken from the field of electronic components.



De produkten die essentiële functies verrichten op het gebied van de informatie-overdracht en de daarmee verwante gebieden van meet- en regeltechniek, hebben vooral de laatste tientallen jaren een grote ontwikkeling meegemaakt.

Een zeer opvallend kenmerk van de ontwikkeling in de miniatuurtechniek is de relatief lage prijs, welke voor deze vaak moeilijke produkten gevraagd wordt. Ondanks de toegenomen functionele prestatie, zoals het specifiek vermogen (per oppervlakte-eenheid of per volume- of gewichtseenheid), de gevoeligheid, de snelheid (schakelsnelheid, enz.) is de prijs eerder gedaald dan gestegen, wanneer op de sterk gestegen prestaties ook wordt gelet. Deze gunstige ontwikkeling wordt uiteraard veroorzaakt doordat men met in totaal minder arbeidsuren deze artikelen kan fabriceren. De uren, nodig voor de ontwikkeling en fabricage van de produktiemiddelen, worden natuurlijk meegeteld om dit totaal vast te stellen.

Mijn bedoeling is enige factoren, die tot de ontwikkeling hebben bijgedragen, wat nader te belichten. Deze factoren worden afzonderlijk genoemd, maar zijn onderling afhankelijk.

Als eerste factor noem ik de snelle verbreiding van kennis op het gebied van technische ontwikkeling. Hierdoor worden vindingen, die gedaan zijn in een bepaalde sector, soms al binnen één jaar toegepast bij geheel andere artikelen. Deze factor werkt dus in op alle hieronder vermelde invloeden.

De tweede factor betreft het op veel grotere schaal toe-

passen van nieuwe materialen, waarbij men o.a. aan de halfgeleiders en kunststoffen kan denken.

Een daarmee ten dele verband houdende invloed vormt de derde factor, nl. de toepassing van nieuwe bewerkingsprocessen. Ten dele zijn deze vereist voor de nieuwe materialen. Toch worden nieuwe, niet 'klassieke' vormgevingsmethoden ook toegepast op bestaande materialen. Men ziet dit bijv. bij de fabricage van stempels met behulp van vonkverspanen. Verder een toenemend gebruik van lijmt technieken, ultrasoon bewerken en ultrasoon lassen. Een enigszins volledige opsomming zal ik niet maken. Alleen al op het gebied van bijv. las technieken wordt zo snel vordering gemaakt, dat tijd en de taalkennis nu ontbreken.

De vierde factor zou men kunnen verklaren uit het feit, dat tussen de produktiemethoden en de produkten juist in de miniatuurtechniek een soort 'kip-ei' verband bestaat. Een verhoging van de efficiëntie van het ei leggen resp. kip opfokken heeft een duidelijke prijsverlagende invloed op de eieren. Een ieder kan deze analogie met eigen fantasie verder uitwerken. Wanneer de geproduceerde artikelen gebruikt worden om de erbij benodigde produktiemachines te verbeteren, is een grote versnelling van ontwikkeling mogelijk. Dit geldt niet als wij consumptie-artikelen maken of vernietigingsmachines.

Het is verder van economisch belang dat vele van de artikelen uit de miniatuurtechniek, die aanvankelijk voor zgn. professioneel gebruik bedoeld waren, nu ook in de markt van de privé-consument vallen. Zelfs treedt hierbij een geleidelijke verschuiving op van de sfeer van luxe-artikelen naar die van normale gebruiksartikelen. Deze laatste artikelen voelt men als min of meer onmisbaar (men denke aan de sterk gestegen behoefte op lichtgebied, radio, enz.). Dit heeft twee gunstige gevolgen: enerzijds zijn deze markten minder conjunctuurge-

¹⁾ Voordracht, gehouden in het kader van de Leergang 'Produktie-techniek' op 10 en 11 april 1968 aan de T.H. Eindhoven.

Voor de reeds verschenen voordrachten zie *De Ingenieur* 1968, nr. 30 blz. W 165, nr. 32 blz. W 173, nr. 36 blz. W 197 en nr. 38 blz. W 209.

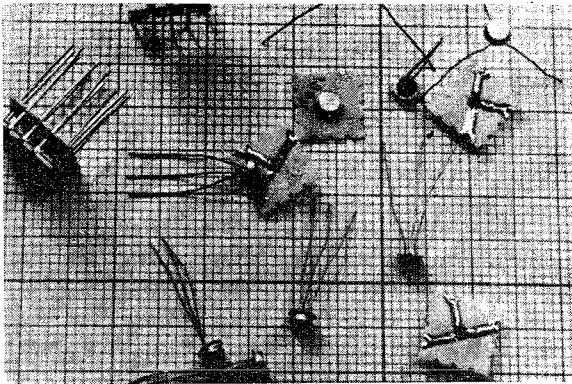


Fig. 1. Enige halfgeleiderprodukten tegen een achtergrond van millimeterpapier.

voelig dan de markt van professionele artikelen (kapitaal-goederen), anderzijds ontstaat soms een sterk fabricage-serie vergrotend effect. Bij de keuze van produktiemethoden geeft dit nieuwe mogelijkheden met een hoger mechanisatieniveau.

De ontwikkeling van de fijntechnische fabricage wil ik illustreren met een kleine keuze van produktie-apparatuur en van produkten uit de groep elektronische bouwelementen.

Deze keuze betekent zeker niet, dat in andere fijntechnische artikelsoorten geen belangrijke voorbeelden te vinden zouden zijn. Bij de elektronische bouwelementen is er als regel geen sprake van bewegende delen. De bewegingen van massa's ontbreken of zijn zeer beperkt, zoals bij microschakelaar, relais, enz. Als mechanisch produkt zijn deze artikelen daarom misschien minder opwindend en zullen artikelen uit het gebied van de kleine 'mechanismen', zoals uurwerken, foto-apparaten en bepaalde instrumenten interessanter zijn, omdat dynamische problemen een grotere rol spelen.

Wat fabricageproblematiek betreft hebben echter alle fijnmechanische artikelen veel te bieden. Bij de keuze van voorbeelden zullen wij ons beperken tot enkele van de vele fabricageproblemen van de grote, technisch sterk uiteenlopende verzameling elektronische bouwelementen. Een belangrijk deel van de opmerkingen is echter meer algemeen geldig.

In fig. 1 zijn tegen een achtergrond van millimeterpapier enige elektronische bouwelementen te zien (transistoren en zgn. geïntegreerde schakelingen - Integrated Circuits of I.C.'s). Men ziet de omhulling, die vanuit produktie-oogpunt en ook bij de verdere verwerking van het onderdeel belangrijker is dan een buitenstaander misschien zou denken. Ook de beschermingsfuncties ervan, bijv. tegen vocht, en het vermogen om warmte af te voeren zijn meestal zeer belangrijk. Door binnen deze omhulling nog een beschermende laag op het Si-plaatje aan te brengen, zijn een aantal bezwaren tegen de kunststof omhulling - in vergelijking tot de metaal-glas omhulling - voor 'gewone' toepassing verdwenen en wordt deze uitvoering algemeen aanvaard.

Het is bij massaprodukten economisch veel eerder mogelijk om speciale bewerkingsmethoden te ontwikkelen en men krijgt door de grotere keuzevrijheid de kans om tenslotte tot lage kostprijzen te komen. De aard van de markt dwingt hiertoe trouwens toch wel, want ondanks soms zware functionele eisen leidt de enorme concurrentie tot minimale prijzen.

De functionele eisen betreffen elektrische eigenschappen, temperatuurbestendigheid, afmetingen, soms schokbestendigheid. Zij bepalen natuurlijk in de eerste plaats de materialen en de bewerkingsmethoden. Om bijv. de gewenste emissie van elektronen uit een kathode-oppervlak te krijgen, moeten de temperatuur en dus de afmetingen die de warmteto- en -afvoer bepalen van een aantal onderdelen voldoende nauwkeurig d.w.z. 'reproduceerbaar' gemaakt worden. Deze onderdelen zijn in dit voorbeeld o.a. de kathodebedeklaag, het kathodelichaam met bevestiging en de verhittingsspiraal. Een en ander vereist beheersing in afmetingen en samenstelling, dus beheerste fabricageprocessen. Hoever men hiermee moet gaan gezien de kosten, kan men overwegen met behulp van een soort 'kwaliteitskosten' figuur, zoals reeds werd besproken door prof. Van der Hoek.

Fig. 2 geeft een afbeelding van een opengewerkte kleurenbeeldbuis. Ondanks de grote afmetingen van de glazen omhulling moet men, vanwege de hoge nauwkeurigheid en het karakter van de inwendige onderdelen, wel spreken van een fijnmechanisch produkt. De vervaardiging eist grote zorg ten aanzien van het beheersen van vele fysisch-chemische processen, zowel bij de onderdelen-fabricage, bij het samenstellen, als bij de eindmeting.

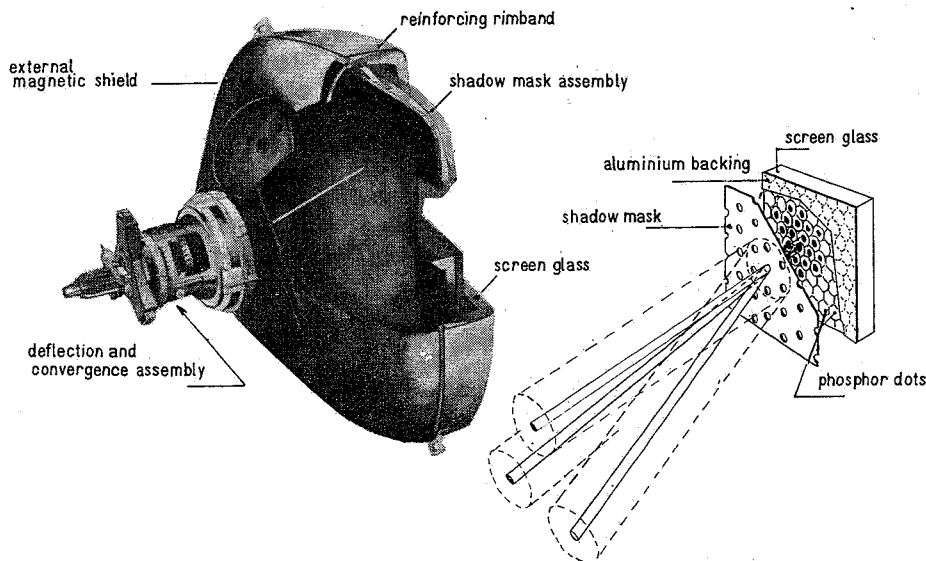


Fig. 2. Kleurenbeeldbuis met schaduwmasker. In de rechter detailfiguur is de aluminium laag, die op het scherm aangebracht wordt, aangegeven.

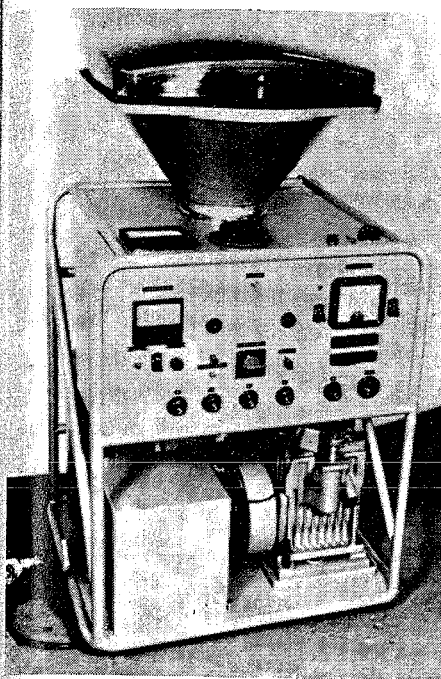


Fig. 3. Aluminium opdampinstallatie voor het glazen scherm van een kleurenbeeldbuis. Het afgebeelde apparaat wordt op een grote roterende transportmachine toegepast, waarbij elke machine voorzien is van 16 apparaten (dit zijn draagblokken, die tevens werkblokken zijn in de nieuwe Bedrijfs Mechanische Nomenclatuur).

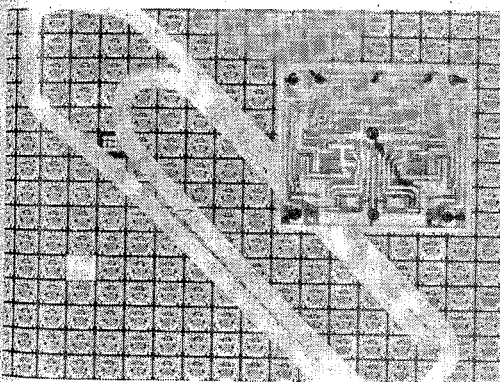


Fig. 4. Geïntegreerde schakelingen op een plak, afgebeeld tezamen met een paperclip om de relatieve grootte aan te geven.

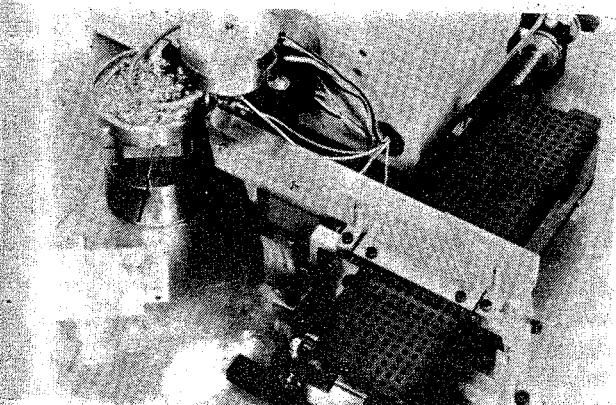


Fig. 5. Toevoer van kristallen uit een ongeordende voorraad. De kristallen worden met een bepaalde zijde naar boven in de grafiemal aangebracht.

In fig. 3 zien wij een deel van de machine, waarmee een laagje aluminium in vacuüm wordt opgedampt op het glazen scherm van een beeldbuis, dat reeds van pigmentstippen (rood, resp. blauw of groen oplichtend fosfor) is voorzien. Deze laagdikte mag variëren tussen 160 μ en 200 μ en dit wordt bereikt door capaciteef laagdikte te meten en hiermee het opdampen te regelen per product.

Na deze voorbeelden, die reeds een indruk mogen geven over de aard van de bewerkingen die aan – voor ons reeds alledaagse – producten gegeven moeten worden, kom ik terug op de verklarende factoren die deze ontwikkeling economisch mogelijk maken. Tegenwoordig wordt op veel grotere schaal in de produktie van deze precisieproducten het 'gelijktijdigheidsbeginsel' toegepast. Hieronder versta ik in dit verband het in gelijkgerichte stand gelijktijdig of kort achter elkaar bewerken van een groot aantal produkten, variërend van bijv. 6 à 10 tot soms honderd- of zelfs duizendtallen.

Het volledig gelijktijdig bewerken is niet altijd mogelijk en dan vindt de bewerking één voor één plaats of in groepen, waarbij wel snel doorgeschoven kan worden omdat de produkten onderling in een juiste stand zijn gebracht, op één lijn of in één vlak. Deze gelijktijdige bewerking is dus iets anders dan de 'ongeordende' gelijktijdige bewerking in partijen (batches), zoals trommelgalvaniseren enz.

Een bekend voorbeeld van gelijkstandig bewerken op het gebied van de elektronische bouwelementen vormen de bewerkingen van de halfgeleiders en samengestelde schakelingen op een plak silicium. Een afbeelding van een dergelijke plak is gegeven in fig. 4. De zwarte stippen op de rechthoekige produkten geven vlakjes aan, waarmee de aansluitingen (contactdraden of metalen lippen) moeten corresponderen.

Bij deze bewerkingen 'aan de plak' wordt de gelijkstandigheid vanzelf verkregen, zolang de plak nog niet gedeeld is. Ook na het delen kan gelijktijdige bewerking nog worden toegepast, maar dan moeten individuele kristallen worden gericht of gericht gehouden worden in een of ander soort gereedschap. Het toevoeren aan en het richten en verwerken van deze kristallen met behulp van meêrvoudige mallen heeft in de halfgeleiderindustrie tot zeer efficiënte produktiemethoden geleid. Het merkwaardige is dat het handwerk ook bij de produktie in grote aantallen niet verdwenen is maar dat door de meêrvoudigheid van de bewerking de produktiviteit per man voldoende kan worden verbeterd, terwijl de nadelige invloed van het 'handwerk' (beïnvloeding van de kwaliteit) voldoende kon worden geëlimineerd.

Fig. 5 geeft een illustratie van de meêrvoudige verwerking van geheel gescheiden produkten, terwijl fig. 6 het inkapselen met kunststof betreft van produkten die nog verbonden zijn, al is het nog maar met zeer dunne stripjes metaal.

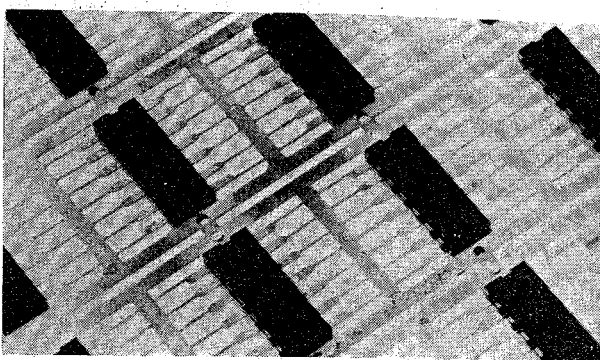


Fig. 6. Met kunststof omspoten geïntegreerde schakelingen voor het lossnijden uit het metaalrooster.

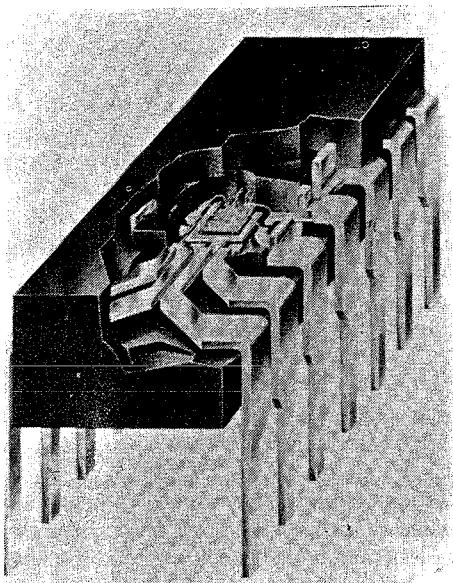


Fig. 7. De geïntegreerde schakelingen na het lossnijden en het ombuigen van de contactlippen. Binnen de omhulling ziet men hoe de aansluiting met het kristal plaatsvindt met afzonderlijk zeer dunne (ca. 25 μ gouddraad) elementen.

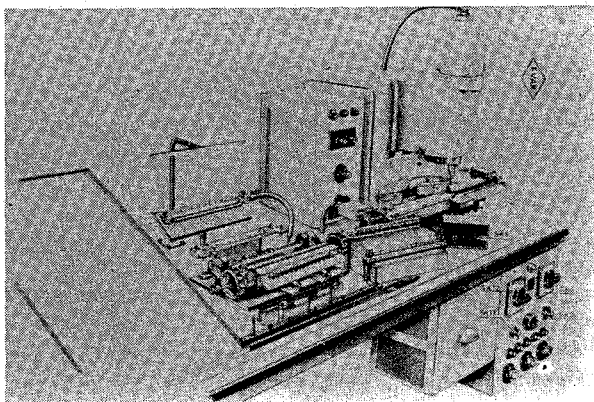


Fig. 8. Lasapparaat voor halfgeleideromhullingen. De omhullingen worden toegevoerd op een rij in zgn. lasmallen. Het vullen van deze lasmallen kan op een afzonderlijke plaats al of niet automatisch geschieden. Het dichtlassen zelf kan hierdoor in een sneller tempo plaatsvinden.

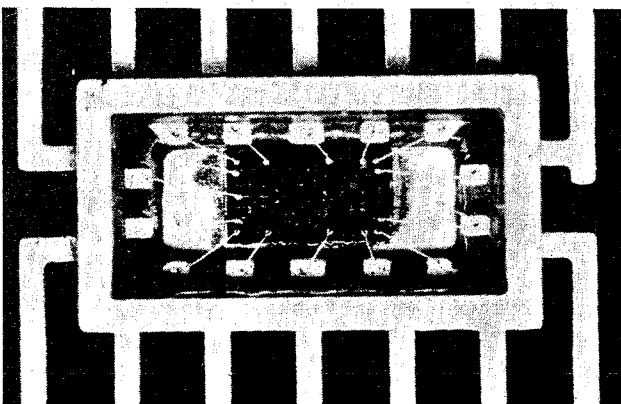


Fig. 9. Geïntegreerde schakeling voor het afsluiten van de omhulling. De verbindingsdraden van de vlekjes op het kristal naar de aansluitpunten op de contactlippen zijn goed zichtbaar.

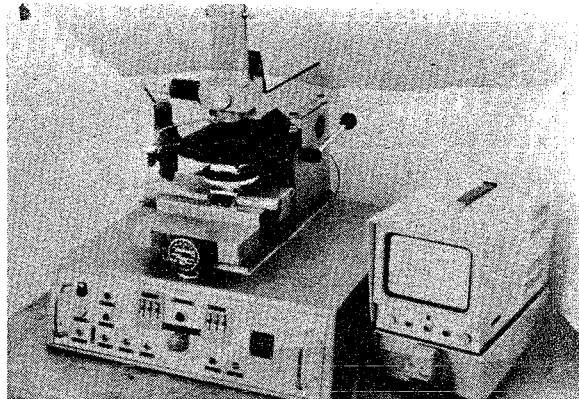


Fig. 10. Toepassing van televisie bij het meten van een halfgeleider.

Fig. 7 geeft een produkt na lossnijden en ombuigen van de contactlippen.

Fig. 8 geeft de afbeelding van een apparaat voor het dichtlassen van metalen omhullingen voor halfgeleiders, waarbij de produkten zich in een gemeenschappelijke lasmal bevinden. Bij het maken van aansluitingen voor de elektrische stroom naar de zeer kleine contactvlekjes op de kristallen treden twee problemen op. Ten eerste moet de kwaliteit van de verbinding voldoende sterk zijn, o.a. om bestand te zijn tegen de gevolgen van verschil in uitzetting bij warmte-ontwikkeling en ongevoelig zijn voor restanten van soldeervloeimiddelen. Ten tweede moet de oriëntering zeer nauwkeurig zijn.

Met behulp van maskers kan men langs fotochemische weg contactsporen op het kristal aanbrengen. Deze contactsporen vormen de aansluiting voor de elektrische stroom van de zeer kleine actieve gebiedjes op het kristal naar grotere contactvlekken. Maar ook deze contactvlekken zijn slechts 50 à 200 μ groot en het is dus nog steeds een moeilijke bewerking om op deze grote vlekken de draadaansluitingen te bewerkstelligen (zie fig. 9).

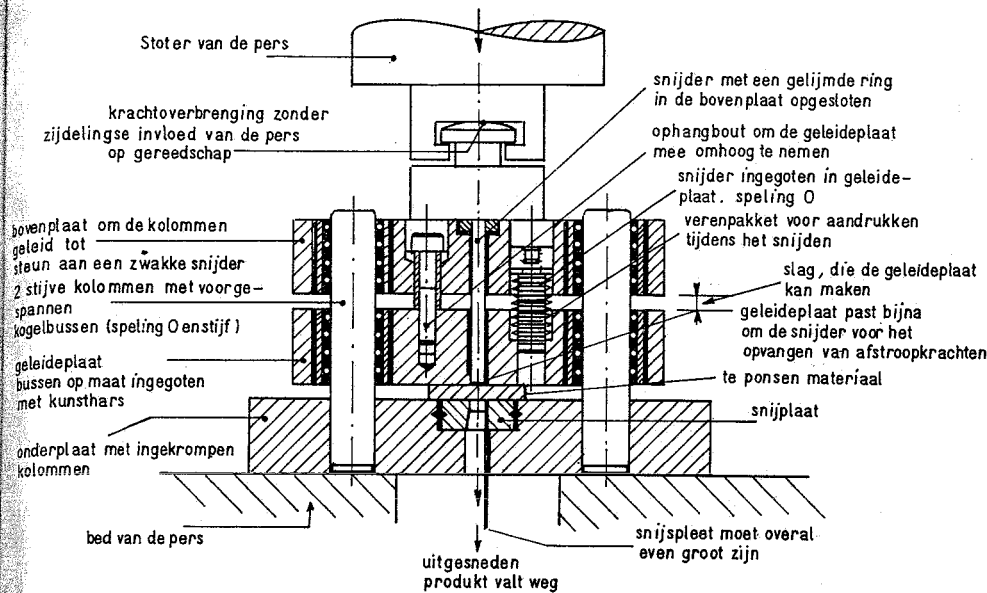
In de toekomst zullen waarschijnlijk deze draadverbindingen meer en meer worden vervangen door metalen configuraties, die op een flexibele onderlaag zijn aangebracht of uit dun materiaal zijn geëtsd langs fotochemische weg. Door deze verandering zal een verdere mechanisatie van het maken van de aansluitingen op het kristal mogelijk worden, wat een gunstig effect op de kostprijs kan hebben.

Door de zeer kleine afmeting van het produkt moeten veel bewerkingsprocessen zich afspelen in een uiterst stofvrije of chemisch zuivere atmosfeer. De fabricage van maskers voor de halfgeleiders en ook van bepaalde onderdelen voor de opneembuizen vinden dan ook plaats in een sfeer die doet denken aan een steriele ruimte in een operatiekamer of bij de fabricage van geneesmiddelen. De onvermijdelijke invloed van het bedienend personeel op de produktieresultaten vereist toch wel de nodige fabricagediscipline om tot goede resultaten te komen.

Toepassing van televisie bij de visuele controle maakt het gebruik van microscopen onnodig, wat een belangrijke verbetering betekent voor een aantal met de hand gestuurde bewerkingen. De camera neemt de plaats van bewerking waar door een microscopoptiek en geeft de resultaten via een kabel door naar een monitor, die een minder vermoeiend beeld verschaft aan de monteuse. Fig. 10 geeft een apparaat met een televisiecontrole.

Een grote vooruitgang is de laatste jaren gemaakt bij de

Fig. 11. Snijstempel voor dunne materialen.



vervaardiging van bijzondere gereedschappen, waarvan ik enkele noem.

Ten eerste: maskers voor de belichting bij de fotochemische processen (transistoren en I.C.'s). Deze maskers zijn van primair belang voor de kwaliteit en prijs van het produkt. Dit produkt is als belangrijk elektronisch bouwelement van zeer groot belang voor uiteenlopende artikelen als radio, televisie-apparaat en computer, waardoor het directe nut van deze ontwikkelingen wel duidelijk wordt.

Ten tweede: snijstempels voor dunne materialen. Naast het chemisch fabriceren (etsen) blijft de ponsmethode voor dunne materialen zich handhaven en wordt de technische grens van toepassing door voortgaande ontwikkeling steeds verschoven naar kleinere produktmaten. Door juiste stempelconstructie, andere stempelfabricagemethode en betere geleidingen van de stempeldelen is het mogelijk geworden, vele honderdduizenden in plaats van tienduizenden produkten zonder tussentijds stempelslijpen te ponsen. Bepalend voor de standtijd van het stempel is hierbij de toelaatbare braamhoogte van het produkt (mag vaak slechts 0,02 à 0,03 mm bedragen).

Fig. 11 geeft de doorsnede van een compleet ponsgereedschap voor dun materiaal. De belangrijkste verbetering zit in de uiterst robuuste en nauwkeurige geleiding van de stempeldelen, welke verkregen is met ingieten van voorgespannen kogelbussen. Deze ingiettechniek, tezamen met een ver doorgevoerde toepassing van het vonkverspannen, hebben de bovengenoemde verbetering

mogelijk gemaakt. Het is niet onmogelijk dat produkten die nu nog fotochemisch geëst moeten worden, straks weer gestampt kunnen worden.

Bij de samenstelling van onderdelen, zowel als bij het dichtmaken van de omhulling van het miniatuurprodukt, zijn vele lastechnieken en soldeertechnieken tot verdere ontwikkeling gebracht. Hierdoor hebben zowel de reeds lang bekende technieken van weerstand lassen, als ook het ultrasoon lassen, het lassen met plasmastraal, met elektronenstraal, het argon-arc lassen en als nieuwste het lassen met diverse lasersoorten op het gebied van de fijntechnische fabricage een grote groei meegeemaakt, die nog voortduurt.

De meeste voorbeelden werden bij het voorgaande ontleend aan produkten, die in grote aantallen gemaakt moeten worden of aan daarbij gebruikte gereedschappen.

Als voorbeelden van enige produkten uit de *enkele fabricage* in het gebied van de elektronische bouwelementen zouden wij kunnen noemen: de beeldopneembuis (o.a. het plumbicon), diverse oscillograafbuizen van hoge precisie en beeldversterkerbuizen.

De fabricage geschiedt althans gedeeltelijk met meer universele machines, d.w.z. machines die zich laten aanpassen aan een reeks uiteenlopende produkttypen. Gezien de tijd kan aan dit onderwerp, de enkele fabricage, nu niet de aandacht worden gegeven die het zeker ook verdient.

Thermisch snijden van staal ¹⁾

De meest bekende methode voor het snijden van staal met laag C-gehalte is nog altijd het gebruik van de gas/zuurstofvlam; mechanisch knippen wordt slechts hier en daar en dan nog op beperkte schaal toegepast.

¹⁾ Uit een rapport van dr. M. L. Levin aan de 'Commission Permanente Internationale de l'Acétylène et de la Soudure Autogène', vertaald en bewerkt door G. L. Loos & Co's Fabrieken N.V.

Gedurende de laatste jaren werd soms wel gesuggereerd dat onder bepaalde omstandigheden het plasmaboogsnijden economischer zou zijn. Dit plasmasnijden verschilt in zoverre van het gas/zuurstofsnijden, dat het berust op smelten om een snede te verkrijgen en niet op verbranden. Daarom is het plasmasnijden ook niet beperkt tot metalen met een laag smeltend oxyde - zoals ijzer - en kan het ook bij hooggelegeerde staal-soorten, non-ferro metalen, worden toegepast.