

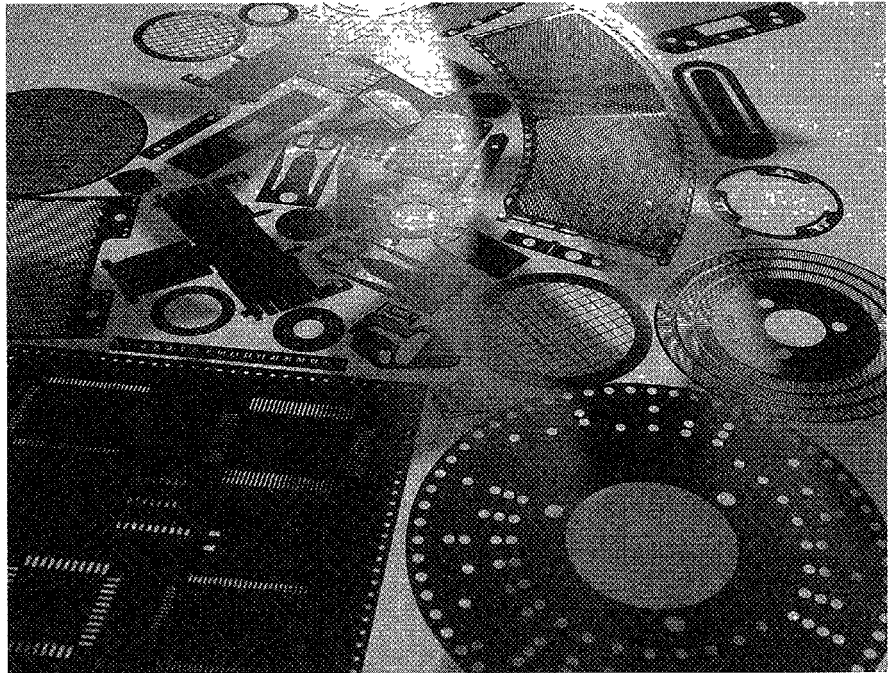
Etsen en elektroformereren: weghalen en aangroeien

Arjo Verhoog, Frans Zuurveen

Aan het begin van de zestiende eeuw paste Lucas van Leyden al de techniek van het etsen toe. Hij was een vroegrijp talent, want reeds op achtjarige leeftijd hanteerde hij de burijn. De etstechniek vond zijn hoogtepunt in het werk van Rembrandt van Rijn, die ruim driehonderd wereldberoemde etsen vervaardigde. Een van de kenmerken van de etsstechniek in de beeldende kunst is dat artistieke creaties kunnen worden gereproduceerd. Dat geldt ook voor de creaties van Stork Veco bv in Eerbeek. Dat bedrijf is al meer dan veertig jaar een vroegrijp talent in de chemische metaalbewerking. Daarbij gaat het niet alleen om de kunst van het etsen: weghalen van datgene dat niet is gewenst. Want Stork Veco is ook expert in elektroformereren: het maken van een produkt door aangroeien van dat wat wel is gewenst. Met beide technologieën is een hoge precisie haalbaar, die praktisch on-eindigvoudig kan worden herhaald. Redenen genoeg dus om Stork Veco eens voor het voetlicht te halen.

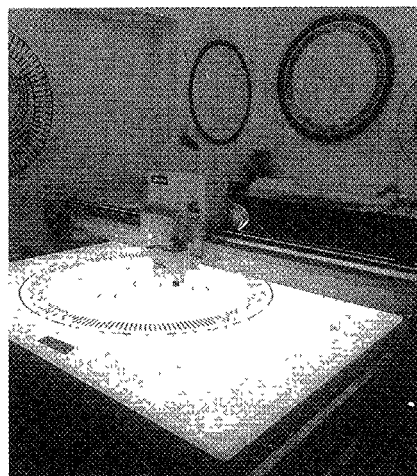
Zo'n 150 personen werken in het landelijke Eerbeek aan het maken van precisieproducten of uit dun plaatmateriaal of met behulp van een bad met metaalverbindingen, zie figuur 1. Vlakke precisieproducten kan men natuurlijk maken met conventionele technieken als boren, frezen en stampen en met een moderne techniek als lasersnijden. Bezwaren daarvan kunnen zijn dat het produkt bramen vertoont, waarvan de verwijdering een kostbare aangelegenheid is, en dat er in veel gevallen duur gereedschap nodig is.

Bij etsen en elektroformereren is het belangrijkste gereedschap alleen maar een fotolithografisch masker, dat aangeeft waar materiaal moet worden verwijderd of juist moet aangroeien. Met moderne CAD-systemen, die hun resultaten kunnen leveren via laserplotter of snijtafel,



Figuur 1 Diverse Veco-producten

zie figuur 2, worden zulke maskers snel en nauwkeurig gemaakt. Vooral die nauwkeurigheid is van belang, want de precisie die uiteindelijk wordt gehaald, hangt voor het grootste deel af van de nauwkeurigheid van het masker. Een bezwaar van elektrochemische technieken is dat ze een aanslag kunnen betekenen op onze leefomgeving. Maar



Figuur 2 Het maken van een fotomasker met een Aristo snijtafel

door een groot aantal milieumaatregelen en de bijbehorende voorzorgen heeft Stork Veco dat bezwaar grotendeels ondervangen. We zullen daar aan het eind van dit artikel nog op terugkomen.

Precisie bij elektroformereren en etsen

De vlakke metalen precisieproducten van Veco kunnen niet alleen veel gelijkvormige gaten maar ook allerlei complexe patronen bevatten. Het maken van een filmmasker is door de al genoemde CAD-technieken relatief eenvoudig, zodat de grote ontwerpvrijheid niet leidt tot hoge investeringen. Vandaar dat etsen en elektroformereren zich niet alleen uitstekend lenen voor het vervaardigen van enkele prototypen, maar zeer zeker ook voor grote tot zeer grote productieseries. De uitstekende herhaalnauwkeurigheid van de patronen en de beheersing van de procesttechnologie spelen daarbij een belangrijke rol.

Een belangrijk voordeel van beide bewerkingstechnieken is dat het braamvrij zijn van het eindprodukt niet ten koste

Etsen en elektroformeren: weghalen en aangroeien



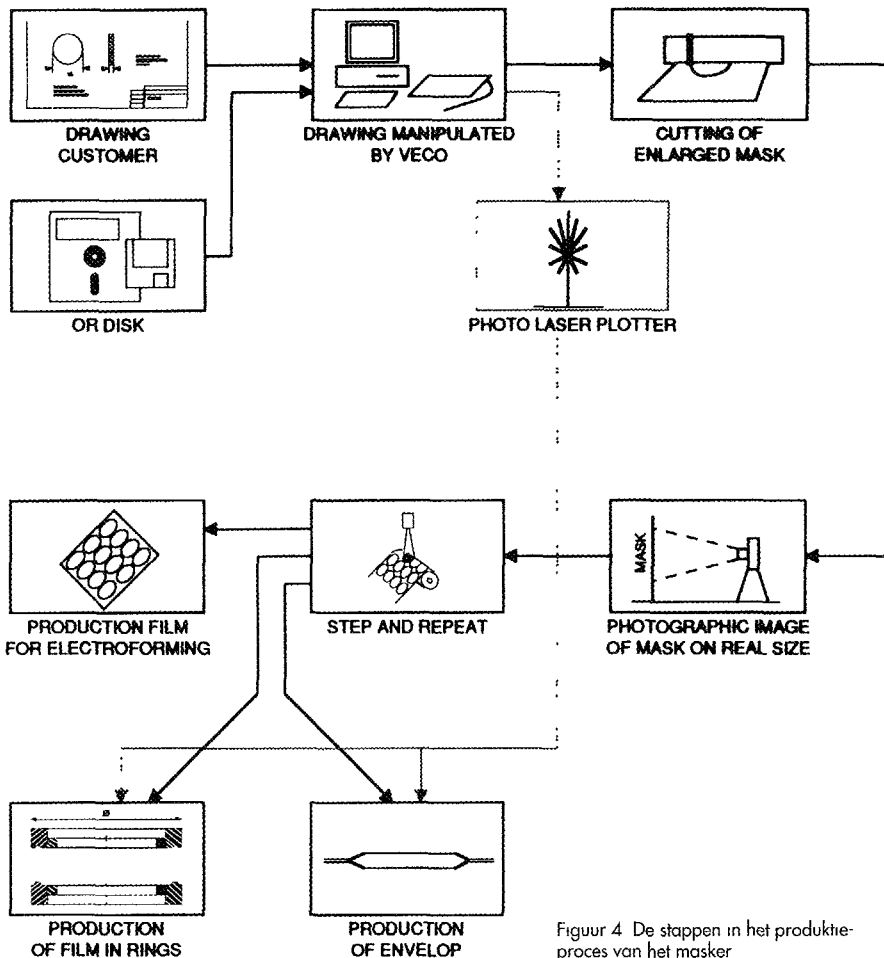
Figuur 3 In overleg met de klant zijn produktwijzigingen eenvoudig te realiseren

gaat van de materiaaleigenschappen. Bovendien voldoen de toleranties die worden gehaald doorgaans aan de meest stringente eisen. Daar komt nog bij dat het ontwerp eenvoudig kan worden gewijzigd, zie figuur 3, zodat elektroformeren en etsen zeer flexibele bewerkingstechnieken zijn.

Het filmmasker vormt de basis voor een nauwkeurig eindprodukt. In dit masker liggen ook de procesparameters vast die een juiste maatvoering van een precisiedeel garanderen. De verschillende stappen in het productieproces van het masker, zie figuur 4, leiden tot de juiste definitie van die procesparameters, waarmee de oorspronkelijke ontwerpgegevens worden gecorrigeerd.

Het elektroformeer-proces

Het elektroformeren begint met het aanbrengen van een lichtgevoelige laklaag op een metalen plaat, de zogenaamde matrijs. Met behulp van het filmmasker wordt de lichtgevoelige laag volgens het gewenste patroon plaatselijk belicht. Door de laklaag daarna te ontwikkelen ontstaan er openingen in die laag. Het metaal komt dus plaatselijk vrij, zodat het oppervlak van de matrijs daar elektrisch geleidend wordt, zie figuur 5. De matrijs kan nu in het productiebad met nikkelzouten worden gehangen en fungeert daar als kathode. Op de open plaatsen slaan er vervolgens metaal-ionen neer. Die zijn afkomstig van de anode, die in de meeste gevallen uit zuiver nikkel bestaat.

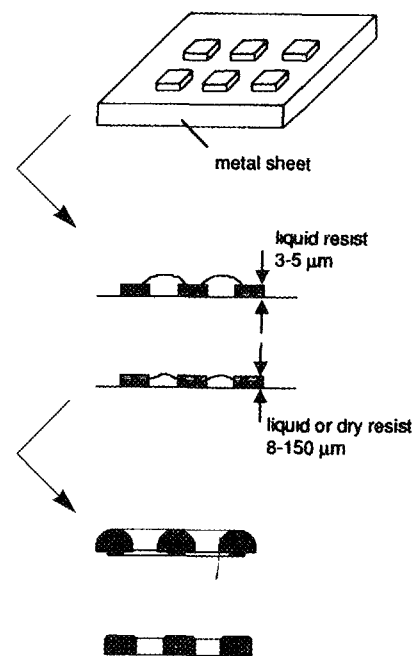


Figuur 4 De stappen in het productieproces van het masker

De laklaagdikte bedraagt slechts enkele micrometers. Tijdens het opgroei-proces zal het nikkel allereerst de vrije ruimten tussen de lak opvullen. Daarna groeit de nikkel laag over de randen van de lak heen, zie figuur 5, boven. Doordat de groeisnelheid in horizontale en verticale richting gelijk is, krijgt de produktdoorsnede plaatselijk de vorm van een paddestoel.

Als de gewenste dikte van de nikkel laag is bereikt, kan het produkt los worden gemaakt van de matrijs. De openingen in het produkt blijken dan aan de kant die van de matrijs af is gericht, enigszins conisch en afgerond van vorm te zijn. Dat verloop van de doorsnede is vooral bij zeefprodukten zeer gunstig, want het oppervlak is daardoor makkelijk te reinigen.

Als een afronding ongewenst is, kan men op de matrijs een dikkere laklaag aanbrengen, zie figuur 5, onder. Er groeit dan alleen nikkel tussen de wan-



Figuur 5 Schema van het elektroformeerproces

produkt	
tolerantie op steek	
sputopeningen voor inkjets tot een dikte van 100 µm scheerfolies	± 0,25 ± 50 µm
tolerantie op gatdiameter	
zeven van maximaal 1 m ² precisiezeven	tussen ± 10 en ± 50 µm tussen ± 2 en ± 4 µm
sputopeningen voor inkjets codeerschijven scheerfolies	± 3 µm ± 10 µm ± 30 µm
tolerantie op spleetbreedte (betrokken op midden spleet)	
precisiezeven codeerschijven	tussen ± 2 en ± 4 µm ± 10 µm

Tabel 1 De toleranties die bij elektroformeren haalbaar zijn

den van de laklaag, waardoor de produktdoorsnede rechte wanden verkrijgt. Voor bepaalde produkten, zoals spuitopeningen voor inkjet-printers of maskers voor het aanbrengen van soldeer-pasta op printplaten, is zo'n cilindrisch verloop van de openingen beslist noodzakelijk. De produktietechniek met een dikke laklaag is toepasbaar tot een produkt dikte van ongeveer 0,15 mm. Door de betere procesdefinitie kunnen er nauwere toleranties worden gerealiseerd, zie tabel 1.

De opgroeisnelheid en de uiteindelijke produkt dikte zijn een functie van stroomsterkte en tijd. De materiaaleigenschappen van het opgegroeide nikkel kan men variëren door de samenstelling van de vloeistof in het produktiebad te veranderen. In tabel 2 zijn enkele eigenschappen van verschillende nikkelsoorten weergegeven.

Het etsproces

Het voordeel van etsen is dat verschillende soorten materiaal kunnen worden bewerkt. (Het elektroformeer-proces is alleen geschikt voor het maken van pro-

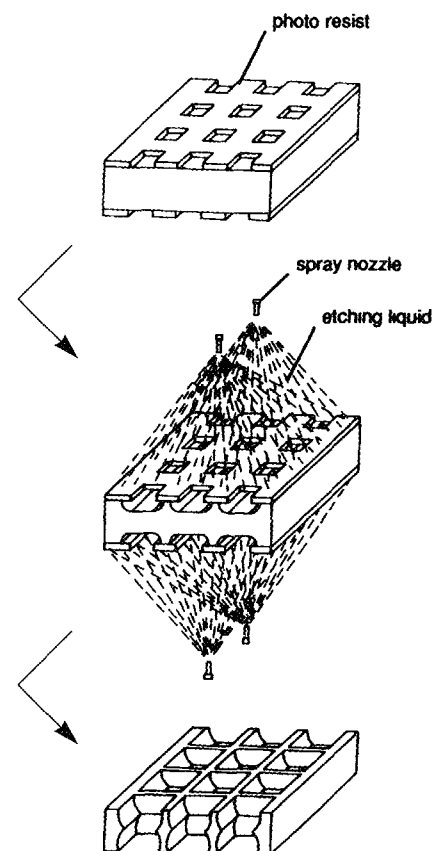
dukten uit zuiver metaal, meestal nikkel, maar ook wel koper.) De materialen die bij het etsproces het meest worden toegepast, zijn diverse soorten roestvast staal, koper en zijn legeringen, aluminium en zilver.

De eerste stap om te komen tot een geëtsd produkt is het maken van een film. Ook hier worden de ontwerpgegevens gecorrigeerd met de procesparameters met het doel exact het gewenste eindprodukt te verkrijgen. Omdat zowel de boven- als de onderzijde van het foliemateriaal gelijktijdig worden belicht, maakt men van de film een tweetal afdrucken. Die moeten dan wel exact ten opzichte van elkaar worden gepositioneerd, zie de onderste rij van figuur 4.

Na het belichten van de lichtgevoelige lak op beide kanten van het materiaal, wordt de lak ontwikkeld. Vervolgens gaan de aldus voorbehandelde platen door de etsmachine, waar de etsvloeistof het materiaal ter plaatse van de openingen wegbeitst, zie figuur 6. Die etsvloeistof bevat in de meeste gevallen ferrichloride, dat gedurende het proces wordt omgezet in ferrochloride en het

chloride van het verwijderde metaal. De etsmachine sproeit etsvloeistof tegen de boven- en onderzijde van het folie, waardoor het metaal aan beide kanten gelijkmatig wordt weggenomen. Het etsproces verloopt niet alleen loodrecht op de twee materiaaloppervlakken, maar ook in de richting van die oppervlakken. Dat effect noemt men onderetsing. De mate waarin dat effect wordt beheerst, bepaalt in hoge mate de kwaliteit van het eindprodukt. Door tweezijdige belichting kan men de nadelige effecten van onderetsing sterk tegengaan.

Een ander voordeel van tweezijdige belichting is dat men op eenvoudige wijze aan één kant een tekst of codering kan aanbrengen. Ook is het mogelijk een bijzondere gatdoorsnede te creëren door een van beide films aan te passen of door de sproeidruk aan weerskanten verschillend te maken. De in figuur 6 schematisch aangegeven etsflank, die altijd in meerdere of mindere mate aanwezig is, bepaalt de uiteindelijke afmeting van de opening, omdat de maten

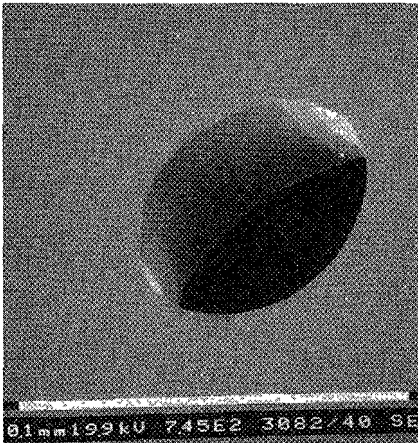


Figuur 6 Schema van het dubbelzijdige etsproces

	Sulfamat Ni	Sulfamat meta Ni	hard Ni
hardheid Vickers	circa 200	350-400	650-700
soldeerbaarheid	+	+/-	-
lasbaarheid met laser	+	-	-
buigeigenschappen	+	+/-	-
vlakheid	-	-	+

Tabel 2 De eigenschappen van de verschillende soorten nikkel die bij het elektroformeer-proces kunnen ontstaan

Etsen en elektroformeren: weghalen en aangroeien



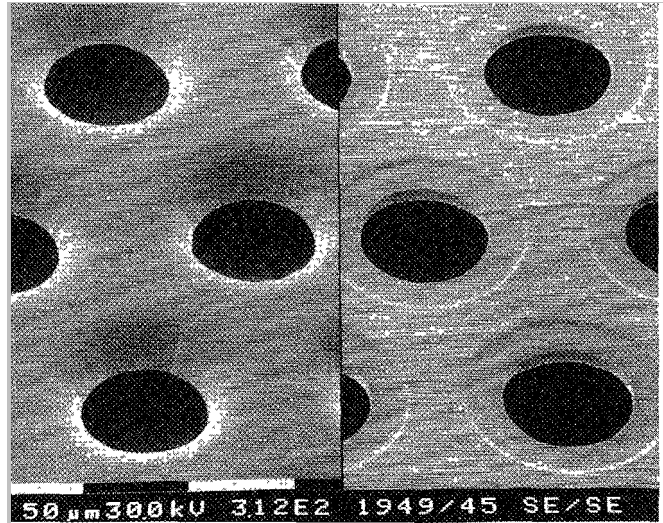
Figuur 7 Een spuitopening in opgegroeid nikkel voor inkjetprinters. De lengte van de witte balk bedraagt 0,1 mm

met doorvallend licht worden gecontroleerd. De tabellen 3 en 4 geven een overzicht van de materialen, de etsbare dikten en de minimale afmetingen van gaten, spleten en de dammen ertussen.

Enkele voorbeelden van producten

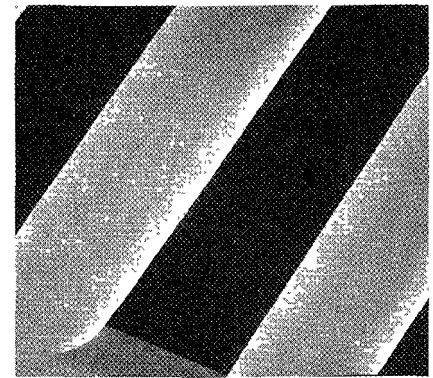
Belangrijke precisieproducten van Stork Veco zijn de al genoemde spuitopeningen voor inkjet-printers, zie figuur 7. Een moeilijk probleem wordt daarbij gevormd door de bevestiging in de spuitkop van de printer van het plaatje met de uiterst kleine spuitopening. Dat probleem wordt veroorzaakt door het gladde oppervlak van het opgegroeide nikkel en de microstructuur ervan, zodat solderen en lassen niet in aanmerking komen.

Figuur 8 De bovenzijde (links) en onderzijde van een zeef van opgegroeid nikkel. De lengte van de witte balk bedraagt 50 mm



Daarom zijn er in het product (niet in de figuur zichtbare) verankeringsgaten aangebracht, waardoor het plaatje met de spuitopeningen met lijm kan worden bevestigd. Die oplossing is niet alleen simpel maar ook goedkoop, omdat een dergelijke aanpassing van de film nauwelijks meerkosten met zich meebrengt.

Als men fijnmazige roosters, afschermrasters en zeven weeft uit metaaldraad, zijn zulke producten kostbaar. Weven is immers een tijdrovend en moeilijk proces. Bovendien bestaat de kans dat de draden verschuiven, zodat het patroon vervormt en de maaswijdte nog minder constant wordt dan die oorspronkelijk al was. Producten die gemaakt zijn door etsen of elektroformeren hebben al die bezwaren niet.



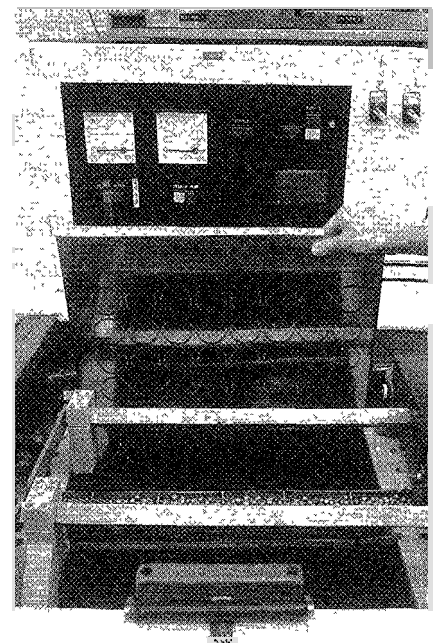
Figuur 9 Het sporenpatroon in een codeerschijf van hardnikkel

materiaal	diktegebied [mm]
koper en zijn legeringen (CuZn, fosforbrons, CuBe, enz.)	0,02 - 1
nikkellegeringen (mu-metaal, kovar e.a.)	0,02 - 0,5
roestvaststaal (b.v. de series AISI-300 en -400)	0,025 - 1
verenstaal	0,025 - 1
zilver	< 0,35
molybdeen	< 0,3
aluminiumlegeringen	< 1

Tabel 3 Materiaaldikten waarvoor het etsproces bruikbaar is, aangegeven voor diverse materiaalsoorten

materiaaldikte d in mm	gat	spleet	dam
< 0,025	empirisch	empirisch	0,8 d - 0,1
0,025 - 0,125	1,5 d	1,2 d	0,8 d - 0,1
0,125 - 0,2	1,3 d	1,1 d	0,8 d - 0,1
0,2	1,1 d	d	0,8 d - 0,1
> 0,2	d	0,9 d	0,8 d - 0,1

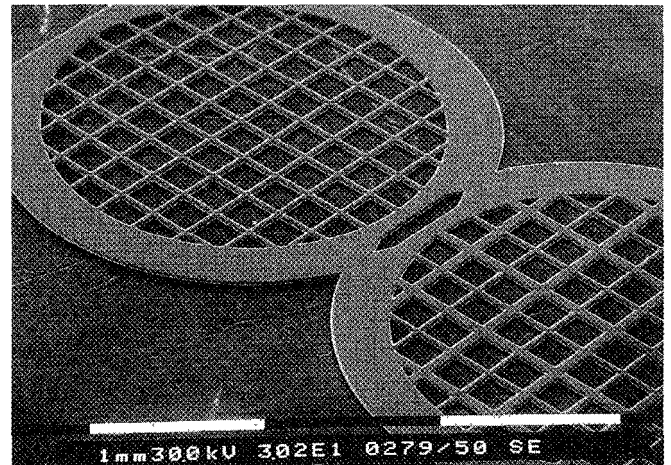
Tabel 4 Minimum maten van gaten, spleten en dammen voor verschillende materiaaldikten d



Figuur 10 Het uitnemen van geelektroformeerde codeerschijven



Figuur 11 Een combinatie van tweezijdig etsen (de openingen) en enkelzijdig etsen (het strepenpatroon)



Figuur 12 Preparaatgaasjes voor transmissie-elektronenmicroscopie

Figuur 8 toont de onder- en bovenzijde van een opgegroeide nikkel zeef. De randen aan de onderzijde zijn het gevolg van het opgroeien van nikkel over de randen van de openingen in de afdeklak heen, zie figuur 5, boven.

Nauwkeurige codeerschijven voor het meten van hoeken in bij voorbeeld stappenmotoren vereisen een zeer fijn spletenpatroon, zie figuur 9. Die fijnheid betekent ook dat het geëlektroformeerde produkt erg dun zou moeten zijn. Het is echter mogelijk aan het elektroformeren een tweede processtap toe te voegen. Daarbij wordt een tweede laag nikkel (niet zichtbaar in de figuur) op het massieve gedeelte aangebracht, die voor extra stevigheid zorgt. Figuur 10 laat het uitnemen van geëlektroformeerde codeerschijven zien.

Bij ieder productieproces is het belangrijk het produkt te merken, zodat het tijdens dat proces en erna kan worden geïdentificeerd. Het fotografisch gereedschap dat bij etsen en elektroformeren onontbeerlijk is, maakt het coderen van een produkt bijzonder eenvoudig. Bovendien kunnen daar bijzondere coderingen volgens klantenwens aan worden toegevoegd. Bij zulke geëte producten past men meestal verschillende maskers voor de onder- en bovenzijde toe, zie figuur 11.

Andere interessante producten van Stork Veco zijn preparaatgaasjes voor elektronenmicroscopen, zie figuur 12. Deze worden door elektroformeren gemaakt van koper, nikkel, zilver of goud en heb-

ben een uitwendige diameter van 2,3 of 3,05 mm. Voor de nauwkeurige analysetechnieken die in de elektronenmicroscopie steeds gebruikelijker worden, is de zuiverheid van het metaal voor de preparaatondergrond van het grootste belang. Daarom is elektroformeren eigenlijk het enige proces dat voor de vervaardiging ervan in aanmerking komt. Bovendien is de maatvastheid van de openingen in de preparaatgaasjes belangrijk, omdat die een houvast bieden bij lengtebepalingen in het preparaat.

Milieu-aspecten

Voor de processen die bij Stork Veco worden toegepast, is de beschikbaarheid van voldoende proceswater essentieel. Vandaar dat het oorspronkelijke bedrijf gevestigd was in Loenen aan de Veluwerand. Er was daar immers overvloedig helder water ter beschikking uit beken (de zogenaamde sprengen), zodat daar van oudsher ook al vele wasserijen en papierfabrieken bestonden. Zo'n 45 jaar geleden verhuisde het be-



Figuur 13 Het regenereren van de etsvloerstof

drijf naar het enkele kilometers verder gelegen Eerbeek. In die tijd vormde het vrijelijk lozen van proceswater op het oppervlaktewater nauwelijks een probleem, maar vandaag de dag is die situatie – gelukkig – grondig veranderd. Stork Veco heeft daarom sinds 1971 een eigen installatie voor de zuivering van het spoel- en afvalwater. Daarin wordt het proceswater zoveel mogelijk geregenereerd. Met name wordt het ferrochloride weer omgezet in ferrichloride, dat zo opnieuw kan worden gebruikt, zie figuur 13. Er blijft een filterkoek over, die allerlei zware metalen bevat. Dat restprodukt wordt verwerkt, waarbij de zware metalen worden teruggewonnen.

Het gereinigde water, dat voldoet aan landelijke en lokale lozingsnormen, wordt op het openbare riool gestort. Pas na het passeren van de gemeentelijke rioolzuiveringsinstallatie bereikt het gereinigde restwater van Veco het oppervlaktewater. Wat betreft lucht- en bodemverontreiniging, kan worden gemeld dat de lucht die boven de baden wordt afgezogen, een gaswasinstallatie passeert en dat de fabrieksvloeren zo zijn uitgevoerd dat chemicaliën niet in de bodem kunnen dringen.

Kortom, degene die overweegt Stork Veco in te schakelen voor de vervaardiging van zijn vlakke precisieproducten, behoeft zich beslist niet geremd te voelen door milieubezwaren. Want bij Stork Veco is goed nagedacht over de milieutechniek. Over de rest van de techniek trouwens ook!