

# Vonkerosie als universele laboratoriumtechniek

Ing. J.L.C. Wijers, Natuurkundig Laboratorium, Nederlandse Philips Bedrijven

Binnen het Natuurkundig Laboratorium van de Nederlandse Philips Bedrijven BV is men in de vijftiger jaren begonnen het vonken op inzet als bewerkingsmethode te beoordelen.

Uitgaande van het aanwezige werkpakket binnen het concern ontstond door het ontbreken van geëigende machines op de vrije markt, de noodzaak om zelf de benodigde vonkmachines te ontwikkelen, te bouwen en de bijbehorende technologie te genereren.

Vanuit de sindsdien opgedane ervaring (ook met vonkmachines van ander fabrikaat) wordt in deze bijdrage het universele karakter van het vonken, zeker als bewerkingstechniek in een laboratorium, onderbouwd.

Het principe van het vonkproces zal in dit artikel niet worden beschreven, hierover is voldoende gepubliceerd. Wel worden de voor- en nadelen behandeld die de basis vormen voor de snelle groei van het vonkeroderen.

Constructief gezien hebben de bestaande vonkapparatuur en het hulpgereedschap de produktmogelijkheden verruimd wat met praktische opstellingen en werkstukken verduidelijkt wordt.

## Historie

Vonkerosie (EDM: Electric Discharge Machining, elektro-erosie, vonken, ook wel foutief "vonkverspanen" genoemd) is een alweer 40 jaar jonge niet-conventionele bewerkingstechniek.

Einde 18<sup>e</sup> eeuw werd al de "slijtwerking" van elektrische ontladingen opgemerkt.

Pas bij het zoeken naar slijtvaste materialen, die het abrasieve effect van vonkoverslag in schakelaars zouden kunnen weerstaan, werd door het Russische echtpaar Lazarenko rond 1940 voor het eerst bewust het vonken voor een gecontroleerde materiaal-verwijdering toegepast.

Kenmerkend was dat zij direct uitgingen van een opsplitsing in een voedingsdeel (of generator) en een servosysteem.

Vrij moeizaam zijn sindsdien verbeteringen aan de voor **zinkvonken** benodigde apparatuur aangebracht ("zinkvonken": aanzet in Z-richting). Gesteld kan worden dat de groei van het vonkeroderen direct gekoppeld is aan de mogelijkheid om de gedefiniëerde elektrische ontladingen goed geregeld te laten verlopen, d.w.z. dat er een direct verband bestaat tussen vonke-

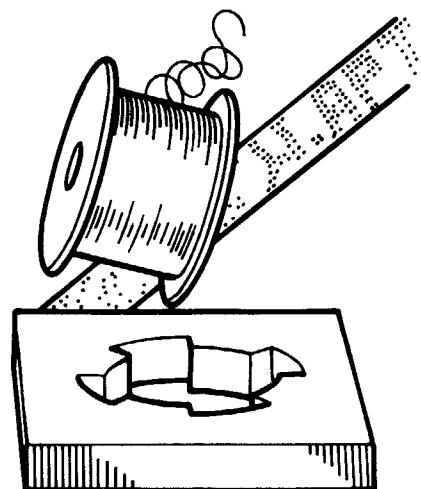
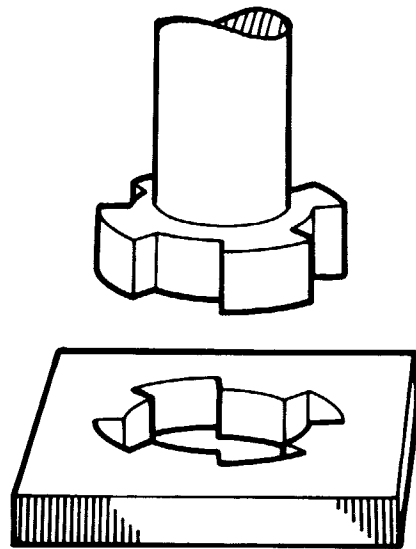
rosie en de vermogenslektronica ontwikkelingen. De laatste 10 jaar is bijgevolg een grotere vooruitgang te zien geweest dan in de 30 jaar ervoor, vooral in Europa en Japan.

Op het Philips Natuurkundig Laboratorium is in de 50-er jaren gestart met een ontwikkeling gericht op het inzetten van vonkerosie binnen het mikrobewerken. In dit gebied, dat ook nu nog niet gedekt wordt door op de markt zijnde vonkerosiemachines, wordt gewerkt met, c.q. aan, zeer kleine gedetailleerde vormen, anderszids gestreefd naar een zo hoog mogelijke nauwkeurigheid in maat, vorm en oppervlaktegesteldheid.

Gebaseerd op een grondige studie ontwikkelde Philips ten behoeve van intern gebruik vonkerosiemachines voor dit belangrijke toepassingsgebied. (\*1).

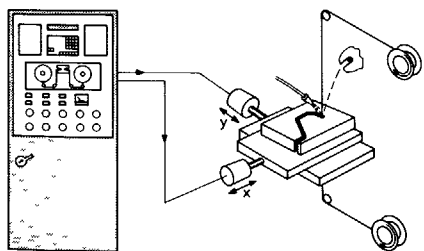
Rondom 1970 is een afgeleide vorm van zinkeroderen, het **numeriek bestuurd draadvonken** beschikbaar gekomen. (figuur 1\*2). Aan het eerdergenoemde **reproductieve** karakter van het normale vonken kleven namelijk nogal wat nadelen.

Wil men, zoals vaak gebeurt in bijvoorbeeld de stempelfabricage, een hoeveelheid materiaal verwijderen om

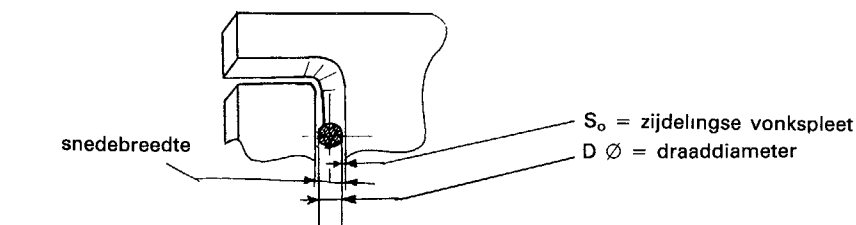


Figuur 1

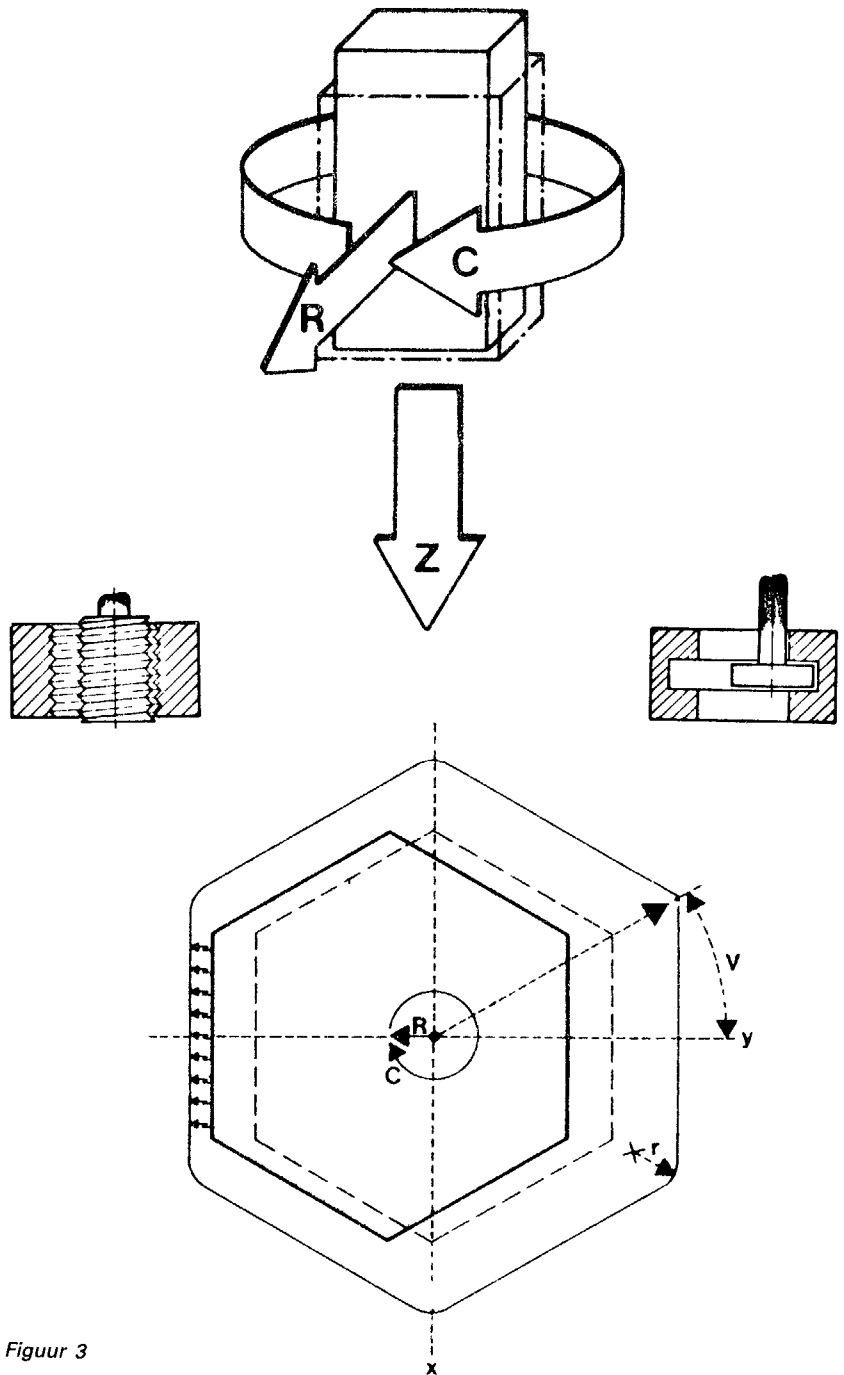
een omtreksnijkant te krijgen, dan moet het totale materiaalvolume verspaand worden, d.w.z. doorsnede  $\times$  hoogte. Het NC-draadvonken heeft daar, voor wat betreft "plaatvormige" produkten, een einde aan gemaakt. Het NC-draadvonken is vonkeroderen met als elektrode een strak gespannen draad van 20 tot 350  $\mu\text{m}$  diameter (Cu, W, Mo, Ms 63 of staal, evt. bekleed) waarbij een relatieve, numeriek bestuurd beweging van het werkstuk zorgt voor het genereren van de gewenste vorm. Hierbij is dus geen volledig voorgevormde elektrode meer nodig. Door de zich steeds vernieuwende elektrode (immers telkens nieuwe draad komt in de bewerkingszone) is de slijtage van minder belang. Ook de spoeling is aanzienlijk beter te regelen door de eenvormige elektrode met een constant actief oppervlak. Sterk vereenvoudigd ziet de voortgang van tekening naar werkstuk er als volgt uit: via de programmeur komt een ponsband tot stand die de geometrische gegevens van het werkstuk en de bewegingsinstructies omvat. Na instelling van de vonkerosiegenerator en het opstarten van de besturing wordt a.h.w. het doorlopende profiel "gefiguurzaagd". Alleen het volume van: te vonken omtrek  $\times$  (draaddiameter +  $2 \times$  vonk-spleet)  $\times$  hoogte van het werkstuk, behoeft hier verspaand te worden (figuur 2).  $V_w = O \times (D + 2S_o) \times H$ . Wel is de verspaningsnelheid soms wat laag, vanwege onder andere de kleine energie-inhoud die men per puls kan loslaten op zo'n dunne elektrode. Bij draadvonken is t.g.v. bovenstaande eigenschappen



Figuur 2



Figuur 2b



Figuur 3

een redelijke hoeveelheid bruikbare technologiegegevens beschikbaar. Een verdere opwaardering van het vonken is tot stand gekomen door de vrij recente introductie van het z.g. **planetaire vonkeroderen**. Door de elektrode (behalve in Z-richting) relatief t.o.v. het werkstuk ook in de X- en Y-assen te bewegen is de gebondenheid aan de elektrode-MAAT vrijwel volledig, en die aan de VORM gedeeltelijk komen te vervallen. Bijkomende verschijnselen brengen een hogere

gladheid, lagere plaatselijke slijtage en een stabielere vonkprocesverloop te weeg, waardoor het benodigde aantal identieke elektroden geringer wordt, (figuur 3). Zeer recente, maar belangrijke ontwikkelingen zijn de introductie van polijstvonken en de koppeling van het vonkeroderen aan numerieke besturing \*3).

## De plaats van het vonkeroderen

Het is nodig even terug te komen op het begrip conventionele bewerkings-technieken, waaronder bv. vallen boren, frezen en draaien. Dit zijn vanouds toegepaste technieken die uitgaan van het verschil in hardheid tussen gereedschap en werkstuk; beide in direct "lijfelijk" contact tijdens het verspanen. Steeds is hierbij het gereedschap letterlijk de hardste factor in de strijd en bij voorkeur de meest slijtvaste. De mechanische verspaningsprocipies zijn te omschrijven met: berustend op afschuiving.

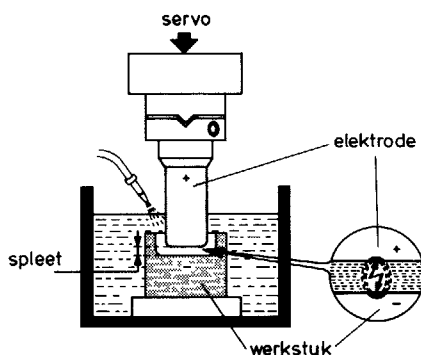
Het vonken als bewerkingstechniek heeft contrasterende kenmerken:

- elektro-thermisch "verspanings" principe;
- het elkaar **niet** raken van elektrode (figuur 4) en werkstuk, en
- het onafhankelijk zijn van de hardheidsverhouding van elektrode en werkstuk.

In de algemene werkplaatstechniek zijn de mechanische bewerkingsmethoden vooral goed bruikbaar voor het behalen van een hoge maat-/vorm-/plaatsnauwkeurigheid en oppervlaktegesteldheid, indien het uitwendige vormen aan een werkstuk betreft of inwendige contouren die goed toegankelijk zijn (betekent meestal groot van afmetingen en/of doorlopende (open) profielen). Bij de meeste verspaningstechnieken wordt een roterend gereedschap (ronde vorm) toegepast wat beperkingen oplegt t.a.v. de constructie van werkstukken.

Scherp uitgevoerde rechthoekige contouren vormen nogal eens een probleem en dat zeker als het bovendien een contour betreft van relatief kleine afmetingen (gezien de afmetingen van het in te zetten gereedschap!). Het toppunt van probleemstelling is een kleine, nauw getolereerde, niet doorlopende (zg. blinde), verhoudingsgewijs lange, inwendige vorm in een werkstuk, zeker als dit dan ook nog in hard of gehard materiaal is.

Zinkvonken als vormcopierende bewerking geeft hier in vele gevallen uitkomst. Daarvoor moet eerst het



Figuur 4

positief van de gewenste vorm (iets onder de maat i.v.m. de optredende vonkspleet) als uitwendig profiel op het meestal relatief zachte elektrode-materiaal aangebracht worden. Is dat gebeurd dan kan men d.m.v. vonken dit profiel in z'n (gewenste inwendige) negatieve vorm in één bewerking in het (hardere) werkstukmateriaal realiseren.

Zinkvonken vormt als het ware een goed van pas komende vertaalslag vanuit de aanmaak van een **uitwendige** vorm in een relatief **zacht** materiaal naar het verkrijgen van een **inwendige** vorm in meestal **harder** metaal. Daarvandaan ook dat het vonken in eerste instantie zijn voornaamste toepassing vindt in de gereedschapssector d.w.z. bij de fabricage van stempels en matrijzen. Hier vervangt het een deel van het (gedeeld) slijpen, terwijl momenteel het numeriek bestuurd draadvonken op zijn beurt weer als vervanger in dit gebied opdringt.

Verder is er voor het vonkerosief bewerken naast het vervaardigen van prototypes en een aarzelende start in de massaproductie \*4), een aanzienlijk inzetgebied waarbij de vonkmachine specifiek gebruikt wordt vanuit de eigenschappen en voordelen van het vonken zoals bv. het contactloze bewerkingsprincipe en het feit dat "rechthoekige" constructies toelaatbaar zijn.

## Voor- en nadelen van het vonkproces

Eerst enkele opmerkingen over het proces nog eens op een rijtje gezet. Het werkstuk waarvan materiaal verwijderd wordt d.m.v. vonkerosie bevindt zich op een kleine afstand (de vonkspleet: grootte ong. 0,005-0,1 mm) van de elektrode. Beide zijn van elektrisch geleidend materiaal, (figuur 4). De vonkspleet is gevuld met een diëlektricum of vonkvloeistof (hoge

weerstand), die een essentiële taak vervult in het vonkerosie-proces, warmte afvoert en het transportmiddel is voor de verwijdering uit de vonkspleet van o.a. metaaldeeltjes.

Door een generator, die de wisselstroom van het net omzet in een pulserende gelijkstroom, worden tussen elektrode en werkstuk snel opeenvolgend, van elkaar gescheiden elektrische ontladingen teweeggebracht. Verder is voor een stabiel verloopend proces een vereiste een zo constant mogelijke vonkspleet. Een meestal elektromechanische of elektro-hydraulisch servosysteem zorgt hiervoor, door b.v. afhankelijk van de gemiddelde spanning over de vonkspleet tijdens het proces, de elektrode al of niet te verplaatsen. Bij de allereerste machines waren deze servo-systemen handbediend, de operator hoefde voor een optimale verspaning alleen maar te zorgen voor een maximum aan licht en rook!! Operators dienen een flink aantal verschillende grootheden in te stellen. Te begrijpen valt dat deze vonkers, indirect werkend vanuit meetinstrumenten, een flinke portie vakmanschap en ervaring dienen te bezitten. Bovendien is het feit, dat vonken vrijwel steeds de laatste bewerking is nog eens een extra belasting voor deze vaklieden. Aan de vakopleiding in dit bewerkingsgebied moet, ook in Nederland, dringend nog het één en ander gedaan worden.

## Nadelen:

- alleen elektrisch geleidende of elektrisch geleidend gemaakte materialen zijn te eroderen,
- in zekere zin is het vonken enigszins milieu-belastend o.a. door elektrische stralings-/netstoringen en vrijkomende diëlektricumdampen;
- vooral bij fijne bewerkingen (navonken) wordt een lage bewerkings-snelheid gehaald;
- de (gereedschap-)elektrode slijt zelf ook;
- een dunne oppervlaktelaag van het werkstukmateriaal wordt beïnvloed (thermisch; ook de structuur kan aangetast worden);
- het proces op zich vraagt relatief hoge hoeveelheden energie per verwijderd volume;
- technologisch is vonkerosie nog niet geheel uitgerijpt.

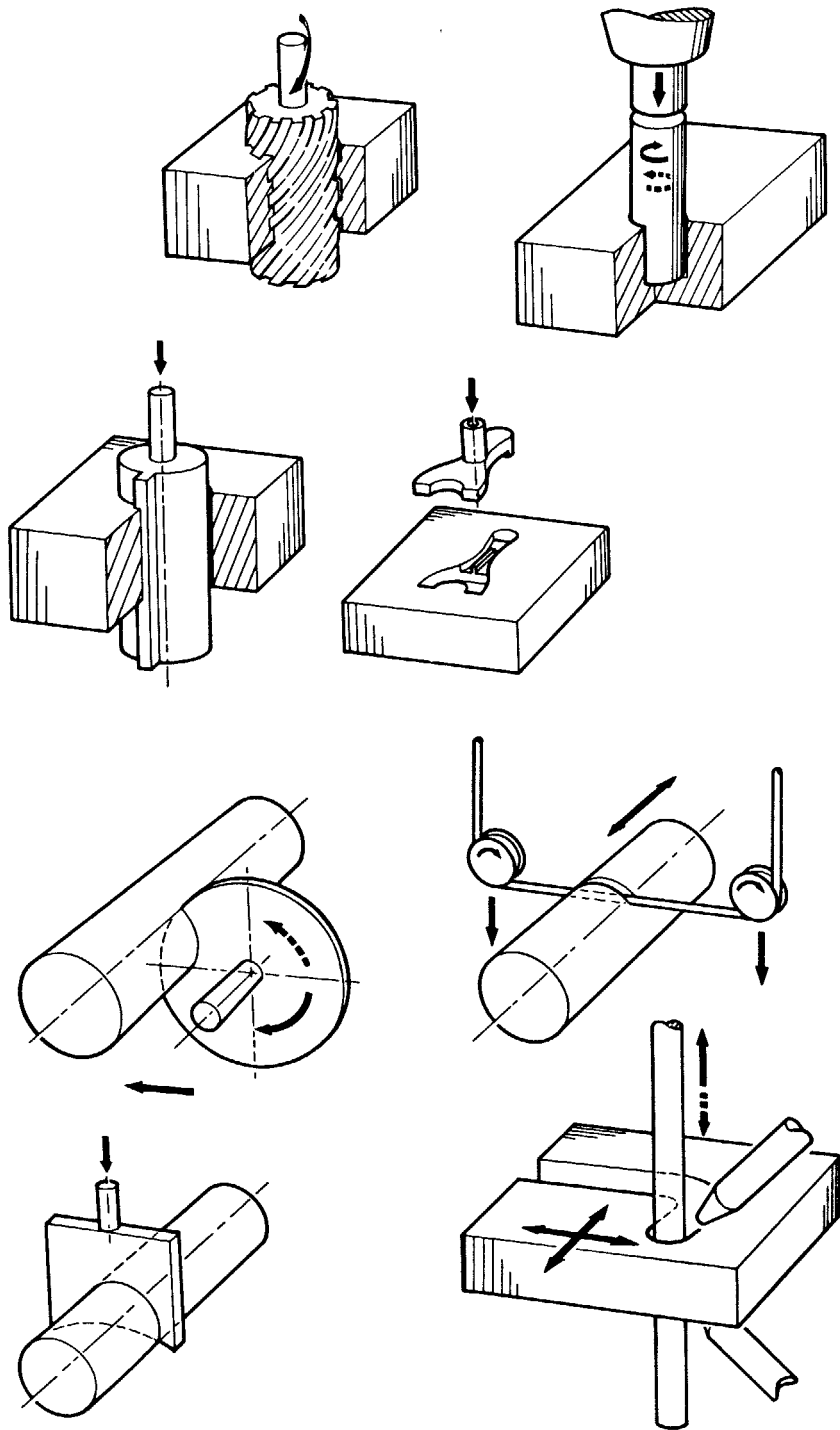
**Voordelen:**

- + De bewerking is volledig onafhankelijk van de hardheid van het werkstuk.
  - + Het kontaktloze karakter van het vonken garandeert dat géén mechanische krachten op het werkstuk worden uitgeoefend.
  - + Alle grondsoorten bewerkingen zijn m.b.v. vonkeroderen uit te voeren (figuur 5). Vonslijpen, boren, enz.
  - + Vrijwel elke vorm die in "positief" aangeleverd wordt, kan in 1 bewerking omgezet worden in een "negatieve" vorm.
- Vonken maakt a.h.w. een vertaling mogelijk vanuit een relatief gemakkelijk te vervaardigen uitwendige vorm naar een moeilijke inwendige vorm.
- Daarbij komt nog dat de meest toegepaste elektrode materialen goed te bewerken zijn.
- + Vaak verkorting van de doorlooptijd per werkstuk.
  - + Als eindbewerking (na harden, enz.) toe te passen
  - + De elektrode opspanning is eenvoudig.
  - + Krachten vanuit de opspanning uitgeoefend op werkstuk en elektrode zijn zeer gering.
  - + Na instelling werkt de vonkmachine geheel automatisch ook indien storingen optreden en bv. dwarsdoorsnedes veranderen.
  - + Zowel in- als uitwendige vormen zijn met redelijke nauwkeurigheid te fabriceren

**Toepassingsoverwegingen**

Bij een vrije keuze tussen de inzet van vonkeroderen of conventionele technieken dient men het volgende te overwegen.

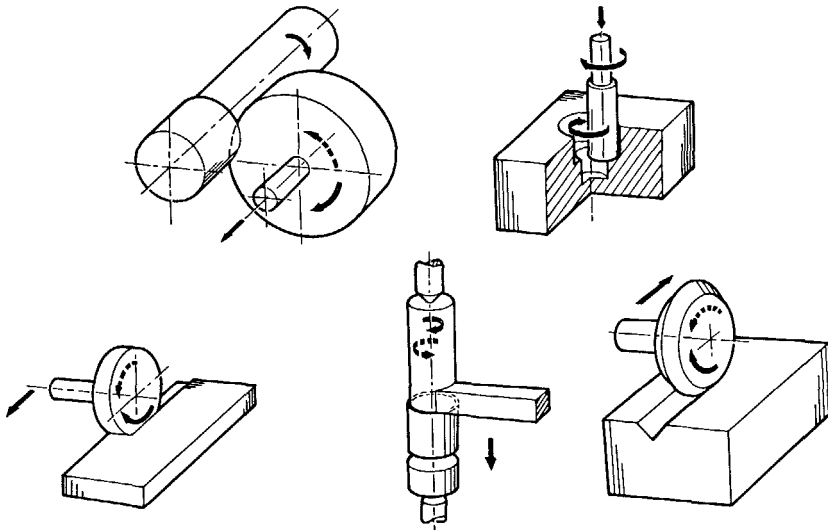
- de verspaningssnelheid van de normale bewerkingstechnieken ligt over het algemeen factoren hoger dan die bij vonken. Een richtgetal: vonkerosie: voorvonken 700 mm<sup>3</sup>/min. frezen: > 10.000 mm<sup>3</sup>/min.
- Complexe inwendige vormen zijn, via de "vertaalslag" naar de elektrode, met z'n gemakkelijker te vervaardigen uitwendige vorm (in meestal beter te bewerken materiaal), relatief eenvoudig en efficiënter in één bewerkings-cyclus te fabriceren;
- opdelen is voor vonken niet nodig waardoor een sterkere constructie ontstaat binnen een kleiner oppervlak;



Figuur 5a

- uit hard, gehard, extreem taai materiaal of combinaties hiervan vervaardigde werkstukken zijn over het algemeen goed erosief te bewerken. Dit geldt ook voor materiaal met grote, inwendige verschillen in hardheid, taaiheid en dichtheid;
- werkstuk en opspanning dienen bij toepassing van conventionele bewerkingstechnieken bestand te zijn tegen de erop uitgeoefende mecha-

nische krachten vanuit de bewerking. Bij vonken zijn vanuit de bewerking ontstane krachten vrijwel volledig afwezig. Resultaat is dat het werkstuk niet mechanisch belast wordt, met als voordeel dat de opspanning eenvoudig kan zijn en hieruit geen of vrijwel geen spankrachten hoeven te resulteren.



Figuur 5b

(Geldt niet voor planetaire bewerkingen!).

Zwakke werkstukken, vanuit constructie en/of materiaal, kunnen bijgevolg beter gevonkt worden (Denk aan dun plaatwerk, éénkristallen, enz);

- Anderzijds zijn bewerkingen waarbij een "zwak" gereedschap toegepast moet worden, bv. bij de vervaardiging van een profiel met een grote L/D verhouding, of een extreem kleine boring, vanuit deze achtergrond eveneens gemakkelijker erosief uit te voeren;  $l = \text{ lengte, } D = \text{ diameter}$
- Door het ontbreken van bewerkingskrachten heeft men de vrijheid en mogelijkheid meerdere werkstukken tegelijkertijd te spannen, ofwel gepakketeerd te bewerken (denk hierbij wel aan de evt. invloed op het spoelen en zorg dat de afzonderlijke werkstukken onderling goed elektrisch contact maken);
- Er ontstaat een thermisch beïnvloede laag. Afhankelijk van de ingestelde procesparameters (voorvonken en navonken) is deze dikker of dunner 5\*). Door een verstandige getrapte keuze van de pulsduur en de pulsstroom t.o.v. de toegepaste materiaalparing en het dielektricum, in voorvonk- en navonkinstellingen, is dit bezwaar grotendeels op te vangen. Door zo spoedig mogelijk na de vonkbewerking een gloeibewerking toe te passen zijn de nadelen van de thermische belasting nog aanzienlijk te verkleinen.

Uit de opgesomde voor- en nadelen geprojecteerd op het werkpakket zijn redenen genoeg te halen ter ondersteuning van de stelling, dat eigenlijk in geen enkele mechanische werkplaats meer een vonkerosiemachine dient te ontbreken. Trouwens al wordt regelmatig, ook in dit verhaal, de term niet-conventioneel gebruikt, er is aanleiding genoeg om vonkeroderen tot de normale werkplaatstechnieken te gaan rekenen.

Ook in een laboratorium mag en kan het vonken als bewerkingstechniek eigenlijk niet ontbreken zeker uitgaande van het feit dat hier een maximale verspaningssnelheid vrijwel nooit eerste vereist is.

### Laboratorium toepassing

Wat komen uit een industrieel/wetenschappelijk laboratorium zo al voor vragen en problemen op de werkplaats af die om een "vonkende" oplossing vragen?

- Een kleine opsomming levert o.a. op:
- het fabriceren van mechanisch zwakke werkstukken of onderdelen;
  - de bewerking van harde, geharde, taai of exotische materialen (vaak van onbekende samenstelling) of problematische materiaalcombinaties;
  - werkstukken die bij de toepassing van andere technieken combinaties van meerdere goede vaklieden en machines vereisen;
  - werkstukken waarbij om max. haalbare opp. ruwheden en maat-/vormnauwkeurigheden gevraagd wordt;

- (nog steeds) het verwijderen van gebroken gereedschap, stel-/gaspennen, spieën, enz. zonder beschadiging van het (dure) werkstuk;
- het fabriceren van extreem kleine boringen of profielen;
- het vervaardigen van in- en uitwendige profielen met een grote L/D verhouding;
- bewerking van materialen die onder invloed van mechanische krachten van eigenschappen veranderen;
- bewerking van materialen waarvan tijdens de bewerking zo weinig mogelijk afval ("spanen") geproduceerd mag worden

Afzonderlijk of als groepering van problemen kan dit de ene dag in een klein werkstuk voorkomen, de andere dag in een nauwelijks te hanteren vorm aangeleverd worden, (figuur 6). Vanuit het voorafgaande, blijkt dat zeker in een aantal van deze gevallen vonken de oplossing is.

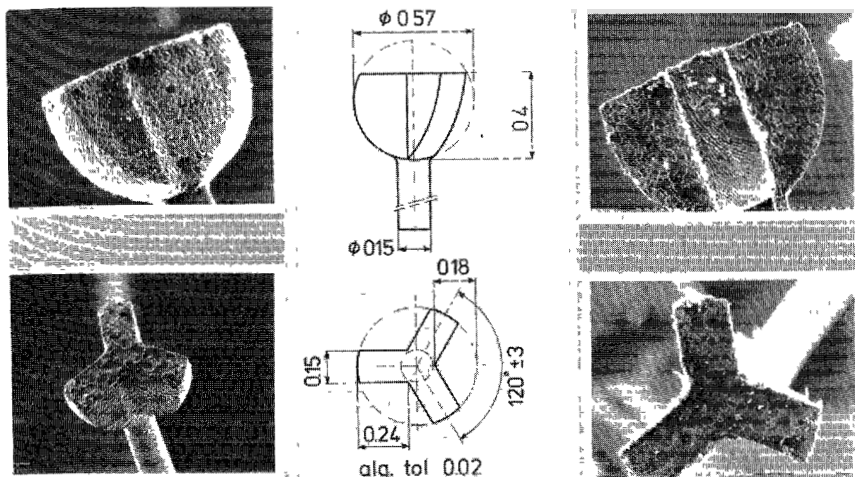
Immers nogmaals:

- Vonken is onafhankelijk van het verschil in hardheid tussen elektrode- en werkstukmateriaal;
- vonken brengt geen mechanische krachten over;
- betrekkelijk hoge nauwkeurigheden (ca.  $2 \mu\text{m}$ ) en oppervlaktegesteldheden ( $< 1 \mu\text{m R}_A$ ) kunnen behaald worden;
- alleen materiaaleigenschappen, de geringe thermische belasting en lage spoelkrachten bepalen de max. L/D verhouding

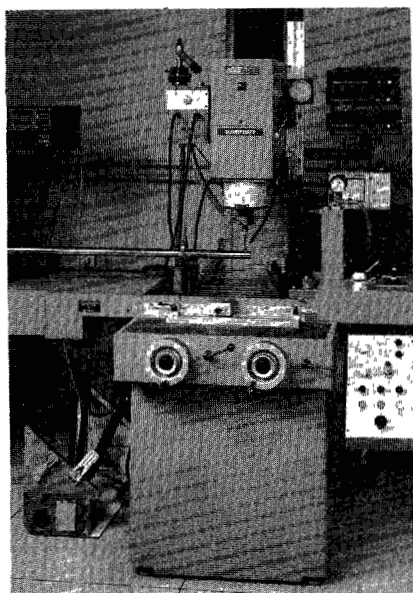
Een zeer belangrijke eis t.a.v. de toepassing van een techniek in een laboratorium is, dat deze universeel toepasbaar moet zijn. En daar liggen tot nu toe bij vele van de huidige gebruikers de problemen. Bij zinkvonken (servo gekontroleerde aanzetriching in de Z-as) denkt men meestal alleen maar aan neerwaarts eroderen met een voorgevormde elektrode. Echter vrijwel alle mogelijkheden die men in het conventioneel bewerken toepast, zijn bij vonkerosie ook te gebruiken en nog meer. Denk hierbij maar aan het gebruik van vonkerosief draaien, slijpen, boren, enz. (figuur 5).

De beperking van het vonken ligt dan ook niet zozeer bij de techniek zelf, alswel bij de vrijheid van toepassen, de inventiviteit in het bedenken van meer mogelijkheden, door de gebruiker!

Een aantal praktische mogelijkheden zal dit verduidelijken. Al ver voor de opkomst van het numeriek bestuurd draadvonken was het mogelijk met een hulpgereedschap af te korten of



Figuur 6a



Figuur 6b

sleuven te snijden op een zinkvonkmaschine, ook met een draadelektrode. Vonkerosief kopiëren, m.b.v. dat draadvonkhulpstuk op een voorgespannen slede langs een copieerschabloon, is ook mogelijk, zelfs inwendig, (figuur 7).

Het is beslist niet altijd nodig dat de elektrode boven zit en een neerwaartse beweging moet maken. Ook niet dat de elektrode in alle gevallen een buitenvorm (positief) moet zijn.

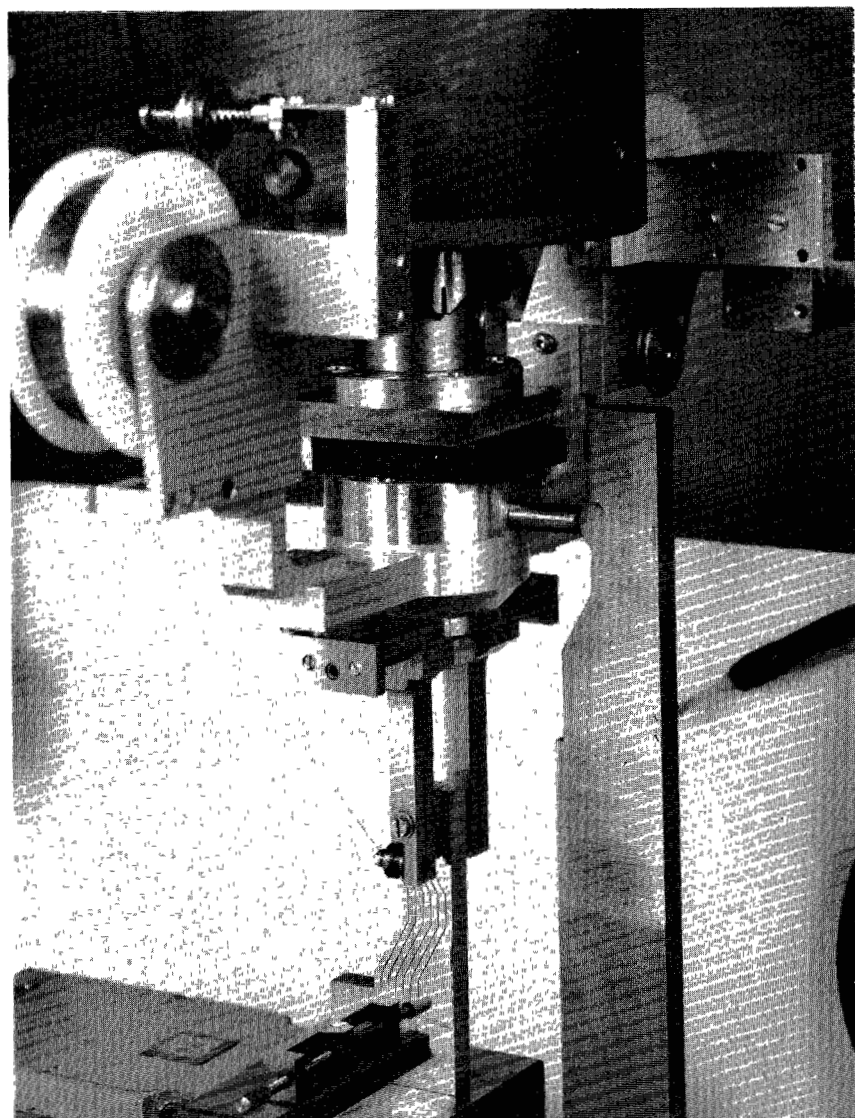
Hang het werkstuk gerust aan de pinole en stel de elektrode op tafel op b.v. als:

1. Het werkstuk veel lichter is dan de elektrode (met opspanning);
2. De spoeling functioneel beter in de op de tafel gespannen elektrode aan te brengen is;
3. De elektrode op tafel gemakkelijker uit te richten is;

4. Bij omkeervonken het eerste werkstuk als elektrode ingezet wordt.

Op veel machines is tegenwoordig standaard de mogelijkheid ingebouwd om servogeregeld zowel naar beneden als naar boven te vonken,  $2^{+}/2^{-}$ ). Deze mogelijkheid levert (met een haaks op de Z-as opgespannen elektrode) veel voordelen op bij het bewerken van 2 elkaar dekkende malhelften (die met een spanmal vertikaal boven elkaar opgespannen zijn). Op- en vervolgens neerwaartsvonken geeft in dit geval een hoge graad van dekkingsnauwkeurigheid. Demonteer, mits niet te ingrijpend, de werkstukbak om "overmatige" werkstukken op te kunnen nemen. Breng daarbij op de plaats waar de vonkbewerking plaatsvindt met behulp van PMMA (perspex) een afschermbak aan. "Bedonder" de nivo/temperatuurbewaking door deze b.v. in een bekersglas te dompelen. Bij

Figuur 7



deze toepassing is menselijk toezicht absoluut noodzakelijk in verband met het brandgevaar!

Een rotatiekop, standaard ingebouwd of als los toebehoren, is een zeer waardevolle toevoeging. Bij aanschaf moet wel op de rondloopnauwkeurigheid van de kop gelet worden. Roterend vonkboren (0-100 tpm) met een facet aan de elektrode geeft een sneller en beter resultaat, alleen al door de aanzienlijk verbeterde spoeling.

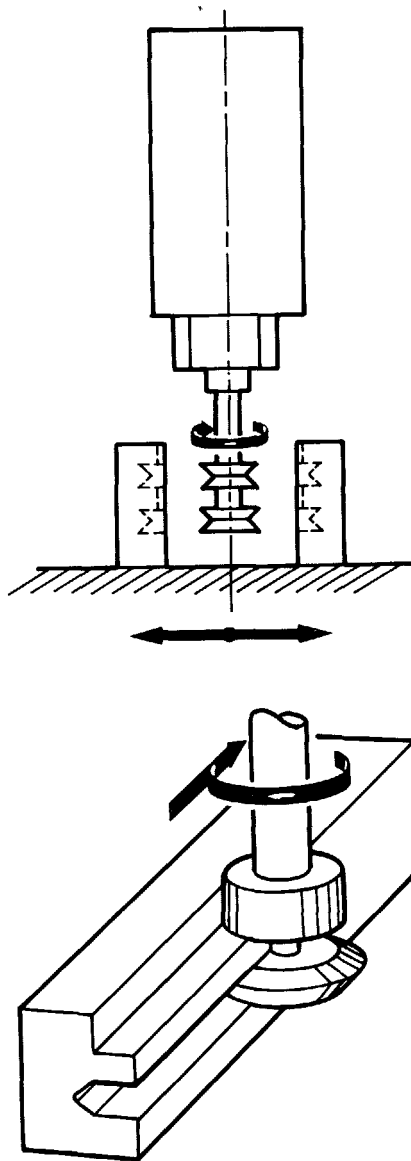
Denk eens aan het voordeel van roterend uitrichten met een taster in de rotatiekop. Dit heeft zeker ook voordelen indien een gat als referentie voor verder positioneren wordt gebruikt. Door de rotatiekop haaks op de servos op te nemen kan men als het ware vonkerosief slijpen (voordeel o.a. een eenvoudig te vervaardigen schijfvormige elektrode en een betere spoeling).

Bevestigd men bij vonkboren de kop, met daarin de elektrode (voorzien van een uitwendige spoed), op een radiaal-lager, dan is zonder probleem m.b.v. een tastpen de lineaire Z-beweging in een spoedvormige om te zetten. Door met de rotatiekop op tafel het werkstuk te laten roteren terwijl de buisvormige elektrode er vertikaal overheen zakt is een nauwkeurige bolvorm vonkend te genereren (\*6) van grote tot zeer kleine afmetingen toe. Vanuit een roterende verticale opstelling van het werkstuk is vonkerosief "draaien" te realiseren. Verstandig is het daarbij de haaks op de Z-as staande elektrode als ( $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{2}$ ) cirkelsegment uit te voeren in verband met een betere slijtageverdeling.

Met behulp van een rotatiekop en een speciaal hulpgereedschap is het mogelijk eerst een zeer dunne cilindrische elektrode te vonken en deze daarna, omgepoold als elektrode in de juiste positie in te zetten. Omspannen is hierdoor niet nodig terwijl grote L/D verhoudingen te realiseren zijn zonder veel moeite. Ook de mogelijkheid om horizontaal te vonken die in het "numeriek zinkvonktijdperk" sterk naar voren komt vanuit de tafelservo, vormt al jaren een specifieke toepassingsmogelijkheid voor de kiene vonker (ook horizontaal vonkslijpen) (figuur 8) NOGMAALS: Gebruik het vonkeroderen wat vrijer, wat creatiever dan alleen met een aanzet in de Z-richting!

## Apparatuur

- In de Mechanische Afdeling van het Philips' Natuurkundig Laboratorium bevinden zich naast Philips vonkma-



Figuur 8

chines een aantal aangekochte vonkerosiemachines van het Zwitsers fabrikaat AGIE (figuur 9) zowel voor zink als draadvonken).

Het hoge kwaliteitspeil van o.a. het elektronische deel van deze vonkbanken met de enorme verscheidenheid aan instelmogelijkheden en hulpfuncties heeft weloverwogen tot deze keuze geleid.

Een standaard voorziening is de schakelmogelijkheid om óf vertikaal (in de Z-richting) óf horizontaal (in de X-richting) te eroderen. De beide mogelijkheden doen qua servogedrag in Z<sup>+</sup>/Z<sup>-</sup> en X<sup>+</sup>/X<sup>-</sup> nauwelijks voor elkaar onder (zie figuur 10).

Op de AGIE BF-machines bevinden zich ingebouwde precisie-rotatiekoppen. Voor alle andere machines zijn als hulpgereedschap rotatiekoppen be-

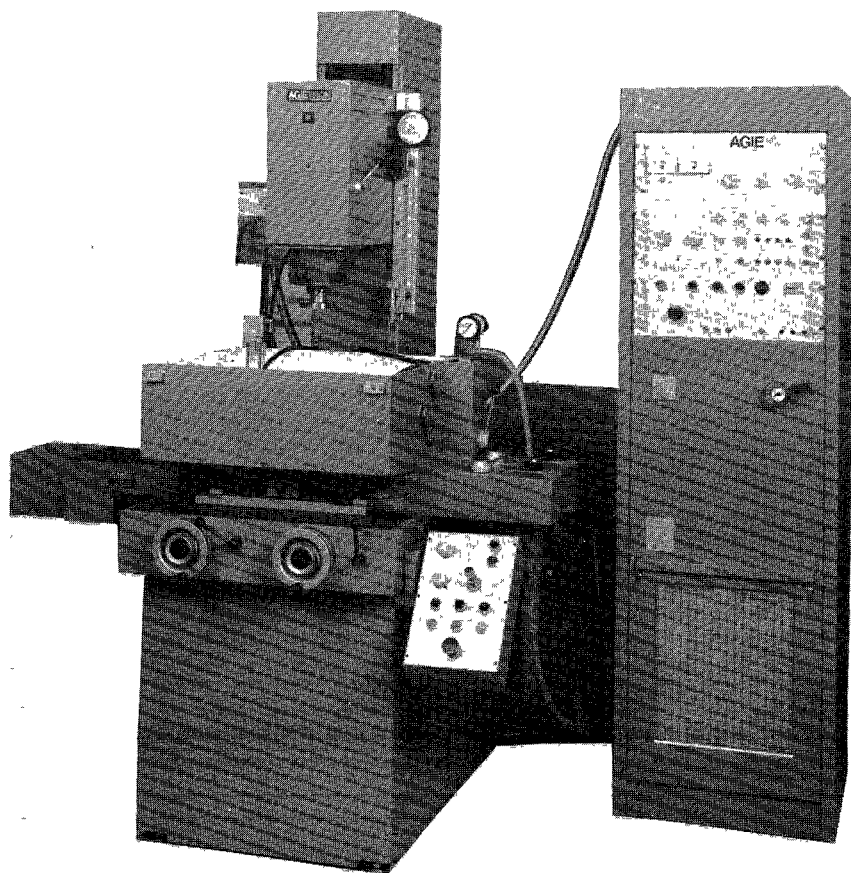
schikbaar. Deze beschikbaarheid geldt eveneens voor zgn. draadvonkhulpgereedschappen van eigen ontwerp of van het Zwitserse merk Istema. Hierbij wordt een voorraadklos, een tweetal op poten gemonteerde draadgeleiders/stroomtoevoeren en een opwikkelklos onder de pinole van de zinkvonkmachine gemonteerd. Veel voorkomende snijdende bewerkingen zijn hierdoor probleemloos te verrichten. Door bijzondere poten toe te passen zijn ook inwendige gleuven aan te brengen met dit hulpgereedschap. Verdeeltafels met rotatiemogelijkheid, speciale magneetopspanningen, spoelbakjes, enz. worden op de tafel toegepast. Een eigen schroefdraadvonker is als toebehoren ontwikkeld. Het Imea spansysteem dat toegepast wordt heeft z'n bruikbaarheid en kwaliteit bewezen.

- Vanuit het Philips concern bestond al vroeg de behoefte aan vonkerosiemachines die in staat waren om in harde en overwegend dunne materialen kleine en nauwkeurige bewerkingen uit te voeren. Op het Natuurkundig Laboratorium is hieraan o.a. t.b.v. diafragma's van elektronenmicroscopen en onderdelen van elektronenbuizen veel onderzoek verricht.

Een zorgvuldige beheersing van mechanische en elektrische parameters in het vonken was hiervoor een eerste vereiste. Ook de fabricage van de zeer kleine elektrode levert nog wel eens problemen op. Uit het Nat.Lab.-onderzoek kwam als resultaat dat verhoudingsgewijs lage energiehoeveelheden nodig waren gedurende korte ontladingstijden (puls-energie vanaf ca.  $10^{-8}$  J en pulstijden  $< 3 \mu s$ ) met hoge herhalingsfrequentie. Twee machinetypen zijn hieruit voortgekomen, de mikrovonker, speciaal gericht op nauwkeurigheid en de snelvonker, bedoeld om kleine bewerkingen tot  $\pm 60$  mm<sup>2</sup> snel uit te voeren. Figuur 11 toont de Philips snelvonker met de nieuwe EDM 81 generator. Bijzonder hierbij is eerstens de toepassing van gedeïoniseerd water, waardoor een veel hoger herhalingsfrequentie en een hogere energiedichtheid per puls wordt bereikt dan met koolwaterstof-dielektrica.

Ten tweede is de bereikbare pulsduur vanuit de pulsgenerator veel kleiner dan op andere vonkmachines, nl. tussen 0,2 en 3,2  $\mu sec$ . In de afgelopen jaren is veel werk verricht aan het ontwikkelen van een goede technologie. Tevens is het mechanische gedeelte vergroot om de inzetmogelijk-



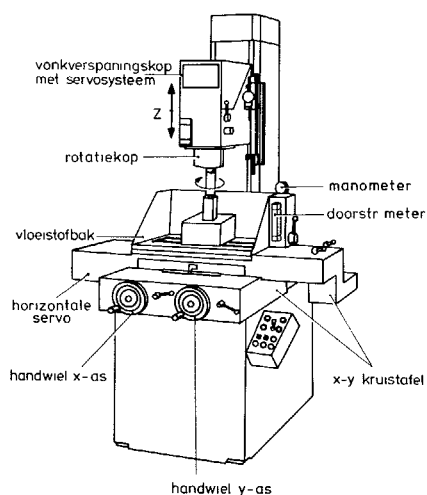


Figuur 9

heden beter aan te passen aan de generator. Meten en elektrode-vonken zijn nu mogelijk op de opspantafel naast het opgespannen werkstuk. In deze machines zijn de gestelde eisen verwezenlijkt. Tevens is gebleken dat het rendement van de materiaalverwijdering (= energiehoeveelheid/per hoeveelheid verspaand materiaal) gelijk is aan dat van de normale machines, terwijl de elektrode slijtage acceptabele waarden niet te boven gaat. Deze mikro- en snelvonkmachines vormen nog steeds zowel binnen als buiten Philips unieke machines. De invloed die deze techniek met z'n bijbehorende technologie heeft op het werkstuk(-ontwerp) kan als volgt samengevat worden:

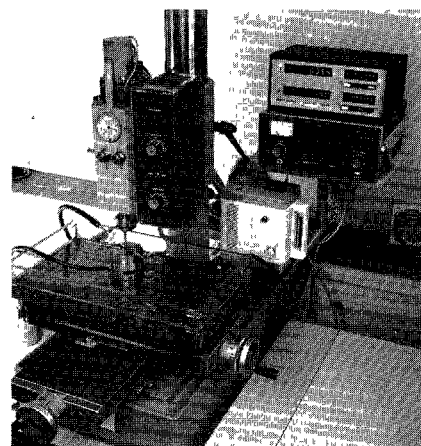
#### Vonkverspanen:

- geeft een grotere vrijheid in de materiaalkeuze en -uitgangstoestand;
- maakt rechthoekige constructies ge-



Figuur 10

- makkelijk te fabriceren (ook in blinde holtes);
- kan als eindbewerking toegepast worden op gefinishte produkten en/of verzwakte materiaaldoorsnedes;



Figuur 11

- ongedeeld kunnen complexe, nauwkeurige, inwendige vormen vervaardigd worden. Smalle hoge wandjes kunnen blijven staan;
- geeft een ongekend aantal inzetmogelijkheden met één "verspanings"-principe;
- opspannen/klemmen vraagt weinig of geen plaats (vacuummal) en veroorzaakt weinig mechanische spanningen;
- kleine profielen zijn te maken met grote lengteverhouding t.a.v. de breedtematen;
- is een oplossing om de verdergaande verhoging van de nauwkeurigheid bij gelijktijdige verkleining van de gewenste vormen te realiseren (via b.v. planetair/polijstvonken.)

#### Toekomstontwikkelingen

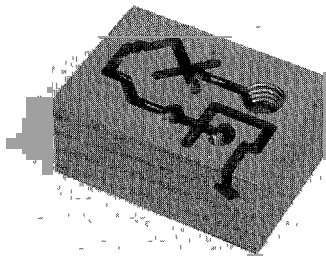
die te signaleren zijn:

1. Er bestaat een trend naar **kortere pulsduren**  
Gezien de elektronica-ontwikkeling zal deze ook voor laboratoria gunstige trend nog wel even doorzetten;
2. Men streeft naar slijtagevermindering of tracht door apparatuurontwikkeling de gevolgen ervan minder voelbaar maken (bv. slope control generator, planetair systeem);
3. Lagere ruwheden komen binnen bereik ( $< 0,5 \mu\text{m } R_a$ ), zg. polijstvonken;
4. Betere servo-systemen komen op de markt (uitvonken mogelijk!);
5. De verspaningssnelheid gaat nog omhoog;
6. Verhoogde aandacht voor het spoelen (o.a. zichtbaar in verbeterde dielektricum units, toepassing van doorstroommeters, evt. hogere haalbare drukken) zal aan de verhoging van de materiaalafname maatgevend gaan bijdragen;



7. Modulair opgebouwde mechanische en elektronische systemen: men kan zelf vrijwel zijn eigen vonkmachine samenstellen. Ook zinkmogelijkheden in de x- en y-as zijn relatief goedkoop aan te brengen.
8. Optimaliserings- en adaptieve systemen worden ontwikkeld (betere bewakingsystemen d.w.z. de kans op niet gewenste ontladingen wordt belangrijk kleiner). Bijgevolg stijgt verspaningssnelheid;
9. Numerieke besturing heeft z'n intrede gedaan in het vonkeroderen (automatisch uitrichten en positioneren, planetaire kruistafel, elektrode wisselaar, mogelijk zelfs meten op de vonkmachine!).

Nu zijn al vonkbanken in bedrijf die naast het X/Y/Z-as positioneren, ook een sturing van de generator en het planetair (omloop-)vonken in zich hebben (volledig dag- en nachtinzet). Gezien de grote verscheidenheid aan benodigde technologiegegevens in een lab. situatie zal laatstgenoemde ontwikkeling problemen opleveren. Alleen door eigen technologie ontwikkeling uitgaande van het werkpakket is hieraan een meer positieve richting te geven.



Figuur 12

De veel uitgebreidere mogelijkheden van deze NuBe-zinkmachines (X/Y/Z-as servo-bestuurd vonken (voorbeeld werkstuk-figuur 12), automatisch positioneren, planetair vonken, eventueel indexeren en vonken vanuit de C-as, het gladdere oppervlak dat te bereiken is) vormen op zich een aanwinst zeker gezien vanuit het gezichtspunt van de behoeften van een laboratoriumwerkplaats. De ontwikkelingen in het **mikrovonken** daarentegen staan op een laag pitje terwijl juist nu, o.a. bewerken van nog vreemdere materialen, het vonken van startgaten t.b.v. NC-draadvonken, het draadvonkenzeef en de vraag naar nog kleinere en nog nauwkeuriger profielen, de wens naar betere generatoren en machines sterker op de voorgrond doet treden in dit microgebied.

Al met al: De ontwikkeling in de richting van een veel meer universele inzet van het vonken binnen het werkplaatsgebeuren is op gang gekomen. Dit tesamen met de introductie van numerieke besturing in het vonken, nieuwe en betere technologie, betere spoelmethode, nieuwe elektrodematerialen, een praktisch bruikbare planetaire strategie, enz. zullen ervoor zorgen dat er nog een aantal woelige vonkjaren voor de boeg liggen!

#### Referenties

- \*1. V. Osenbruggen, Microvonkverspaning, Philips Technisch Tijdschrift 6/7-69.
- \*2: Wijers, NuBe Draadvonken, PTWerkuigbouw 6/82 JRG 37.
- \*3. Numeriek Bestuurd Zinkvonken, PTW 11/83 JRG 38.
- \*4: Brussee, Vlakvonken Retractiemessen, Constructeur 10/83.
- \*5: Brochure Uddeholm: F.E. Bearbeitung Werkzeugstahl.
- \*6: Wijers, Bijz. Gebruiksmogelijkheden Philips snelvonkmachines, Mikroniek, 6/82 Jrg 22.

## Robots

Bezoekers van Japanse bedrijven hebben, ook in MB, gemeld dat volgens hun waarneming de bezochte bedrijven wat de uitrusting betreft niet zo wezenlijk van de Europese verschillen. In MB is ook meermalen vastgesteld dat de implementatie van industriële robots technisch en organisatorisch en ook financieel geen sinecure is. Wellicht een verklaring voor het feit dat in Nederland zeg 100 IR's werken, waarvan dan nog het grootste deel als lasrobot.

Bij de cijfers over aantallen IR's in landen wordt, zoals in het TWA-rapport, noch duidelijk gedefinieerd, noch duidelijk aangegeven in welke toepassingsgebieden ze zijn ingezet. Bekend feit is dat die aantallen sterk worden bepaald door de automobiellindustrie

en dan met name voor puntlassen en pistoolsputten.

Wij citeren weer Technieus/Tokio: "Eind 1982 waren in de VS slechts 6300 robots in de industrie werkzaam tegenover meer dan vijfmaal zoveel, nl. 34000 in Japan. Hanteert men voor de telling de ietwat ruimere Japanse definitie van een robot, dan komt men op het aantal van 103.500 exemplaren. Dit aantal groeit jaarlijks met ongeveer 25.000."

Hoe de produktie van (Japans gedefinieerde) industriële robots in Japan zich heeft ontwikkeld en zal ontwikkelen laat bijgaand grafiekje zien, zoals afgedrukt in Technieus/Tokio.

Wie informatie wenst van het TWA-bureau in Tokio kan terecht bij: Royal Netherlands Embassy, Scientific Office, 17-35-4 Minami-Aoyama, Minato-ku, Tokyo 107, Japan. Tel: (09)-81-3-4034261, telex j 26475.

