

PLANETAIRE VONKerosIE-SYSTEMEN

Een nieuwe werkwijze bij het vonkverspanen, die met minder elektroden, dikwijls slechts met èèn, tot een zelfde resultaat leidt als het conventionele vonken. Bovendien zijn bij deze systemen de bewerkingsmogelijkheden uitgebreid.

Beknopt worden enige planetaire aanbouwsystemen beschreven, die geschikt zijn voor reeds bestaande vonkerosiemachines. Het gebied verkeert in een typische ontwikkelingsfase.

Samenvatting van een voordracht door H. Cornelissen en J. Kruth – Leuven-, gehouden voor de Nederlandse Contactgroep voor fysische- en chemische bewerkingsmethoden te Weert, op 31 maart 1978.

De – redactionele – keuze van de afgebeelde fabrikaten werd mede bepaald door geschiktheid voor reproductie.

De bovengenoemde contactgroep – NCFT – werkt binnen het kader van de Vereniging Voor Werkplaatstechniek – VVW – en is geïnitieerd door de FME-werkgroep Vonkerosie. De FME heeft, tot nu, uitgegeven de voorlichtingsbladen: VM26, Vonkerosie 'begrippen en technieken' en VM52, Vonkerosie 'technologie en machinekenmerken'.

Op deze plaats wordt natuurlijk nog eens uw aandacht gericht op de cursus 'Voncerosie', gehouden in het Mikrocentrum in samenwerking met de NCFC; hoewel de eerste les inmiddels werd gegeven, is door belanghebbenden deelname toch te overwegen, gezien de hieronder geschetste ontwikkelingen

1. Inleiding

Voncerosie (EDM – Electro Discharge Machining –) is heden een goed beheerste verspaningstechniek om nauwkeurige werkstukken economisch te vervaardigen in een relatief nauwkeurig bepaalbare produktietijd. EDM wordt daarom steeds meer gebruikt.

Er blijven nochtans nog enkele moeilijk te beheersen aspecten:

1. Bij het navonken, waar gestreefd wordt naar een nauwkeurige afwerking, treedt de grootste sleet op. Deze is geconcentreerd op de onderzijde van de elektrode zoals figuur 1 weergeeft.

Het gebruik van meerdere elektroden om na te vonken is daarom in vele gevallen noodzakelijk.

2. Op het eind van de bewerking, bij de laatste tienden-millimeter die verspaand worden, treden vaak kortsluit-en boogverschijnselen op.

Deze leiden dikwijls tot procesinstabiliteiten en werkonbrekingen, soms echter ook tot zulke beschadigingen, dat werkstuk en elektrode schroot worden.

Oorzaken van deze instabiliteiten zijn:

– bij navonken behoren kleine vonkspleten, dus moeilijke spoelvoorwaarden, met als gevolg ophoping van vuil en koolstofafzettingen.

– grote verticale of licht-conische wanden zorgen ervoor dat bij het reageren van de servobesturing de kortsluiting of de boog meeloopt.

Als remedie hiertegen laat men de elektrode pulseren en stelt de machine in op kleinere gemiddelde stromen, hoge gemiddelde werkspanningen en lange pulsintervaltijden; factoren die allen leiden tot een verlenging van de bewerkingstijd

3. Bij het wisselen van elektrodes in de afwerkingsfase moet men steeds rekening houden met positioneer-onnauwkeurigheden.

Het vervangen van de elektrode en de moeilijke afregeling van de elektrodepositie, betekenen eveneens een verlenging van de vervaardigingstijd.

Deze hinderlijke punten waren tot nu toe inherent verbonden aan het vonkerosieproces.

Planetaire erosie brengt daarin verandering.

2. Planetaire vonkerosie

2.1. Bepaling

Het is een moderne vonkerosietechniek, waarbij met behulp van een relatieve beweging van werkstuk en elektrode een equi-distante vergroting van een reeds vervaardigde holte wordt verkregen.

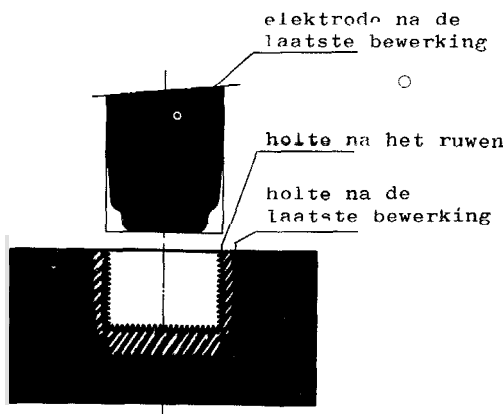
De gebruikelijke beweging die de elektrode hierbij ten opzichte van het werkstuk beschrijft is weergegeven in figuur 2.

In de tijd verplaatst de elektrode zich in de holte volgens een planetaire beweging, waarbij de elektrode op zichzelf niet verdraait, doch waarbij ieder punt van de elektrode een cirkel beschrijft.

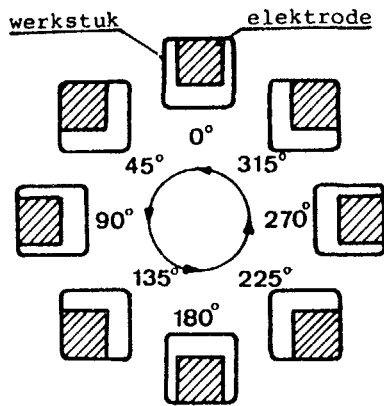
Hierdoor verplaatst het vonkoppervlak zich langs de wanden van de holte.

De straal van de beschreven cirkel is hierbij regelbaar en kan afhankelijk gemaakt worden van de erosiediepte.

Bij planetaire eroderen geschiedt de erosie dus niet alleen met het frontale oppervlak van de elektrode doch met frontale oppervlak en het manteloppervlak, figuur 3.



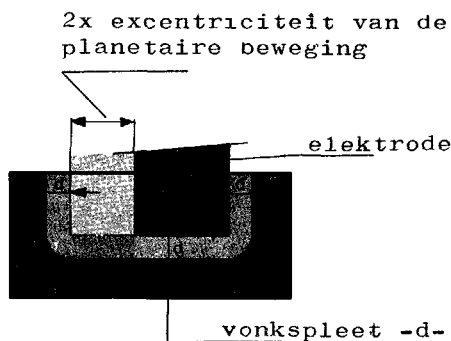
Figuur 1. Conventionele vonkerosie. Verdeling van de sleet bij de eindbewerking. (prosp. Schretlen en Gieskes)



Figuur 2. Planetaire vonkerosie. Cirkelbaan - baan of orbit - van de elektrode in het werkstuk of van het werkstuk om de elektrode. De straal van de baan bepaald mede de afrondingsstraal van de hoeken. (prosp. Schretlen en Gieskes)

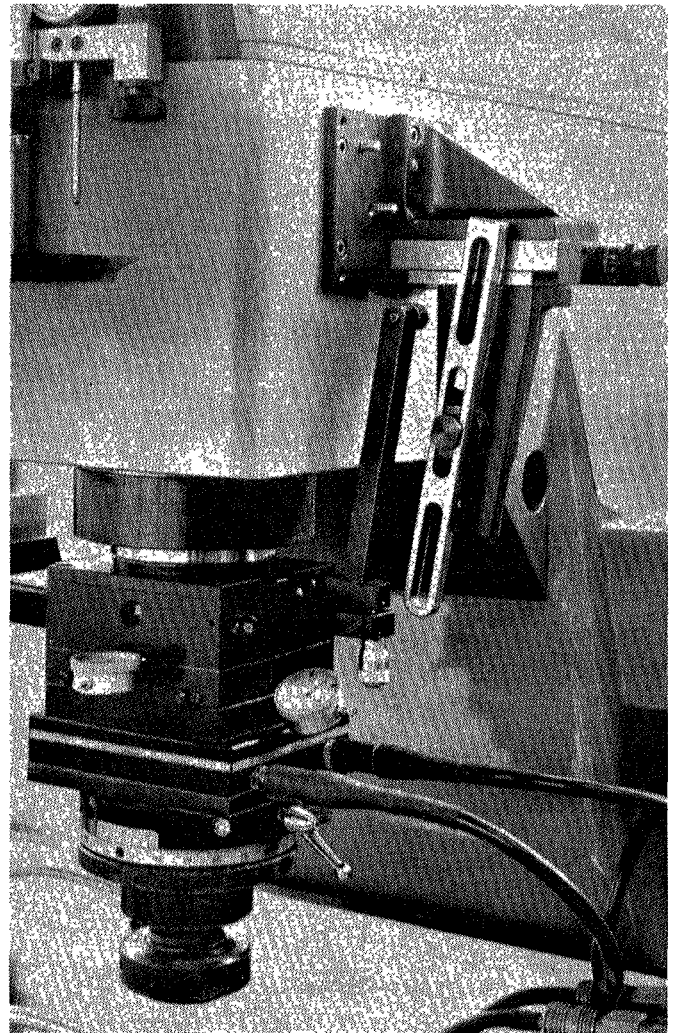
2.2 Voordelen

- a. Door de relatieve beweging van elektrode en werkstuk worden kortsluitingen en bogen sneller onderbroken.
- b. De excentrische beweging verbetert de spoelvoorwaarden. De afstand tussen elektrode en werkstuk, op de plaats diametraal tegenover het ogenblikkelijk vonkoppervlak, is immers gelijk aan de vonkspleet vermeerderd met tweemaal de excentriciteit van de beweging, figuur 3. Op die plaats is dan een goede spoeling mogelijk. Tijdsverlies door een slechte spoeling is dan ook sterk vermindert en pulseren van de elektrode is vaak overbodig.
- c. Het vonkoppervlak is verlegd naar het manteloppervlak van de elektrode, dat bij het navonken meestal veel groter is dan het frontale vonkoppervlak zonder planetaire erosie. Hierdoor ontstaat een veel gelijkmatiger sleet, een hogere stroomdichtheid is toelaatbaar en een hogere spaanproductie mogelijk.

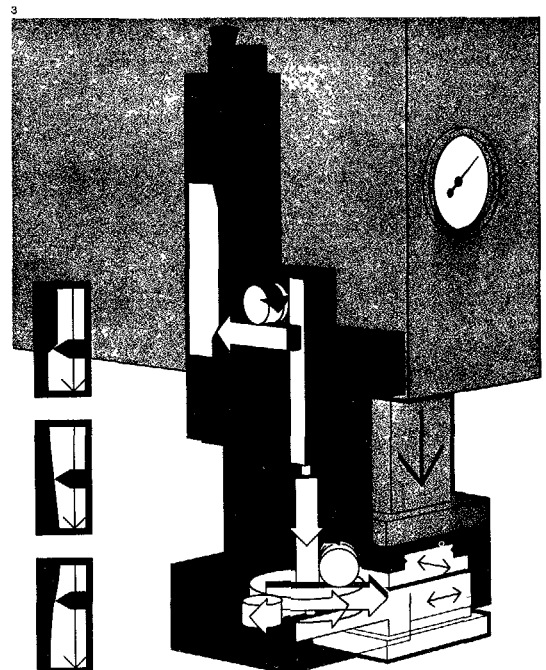


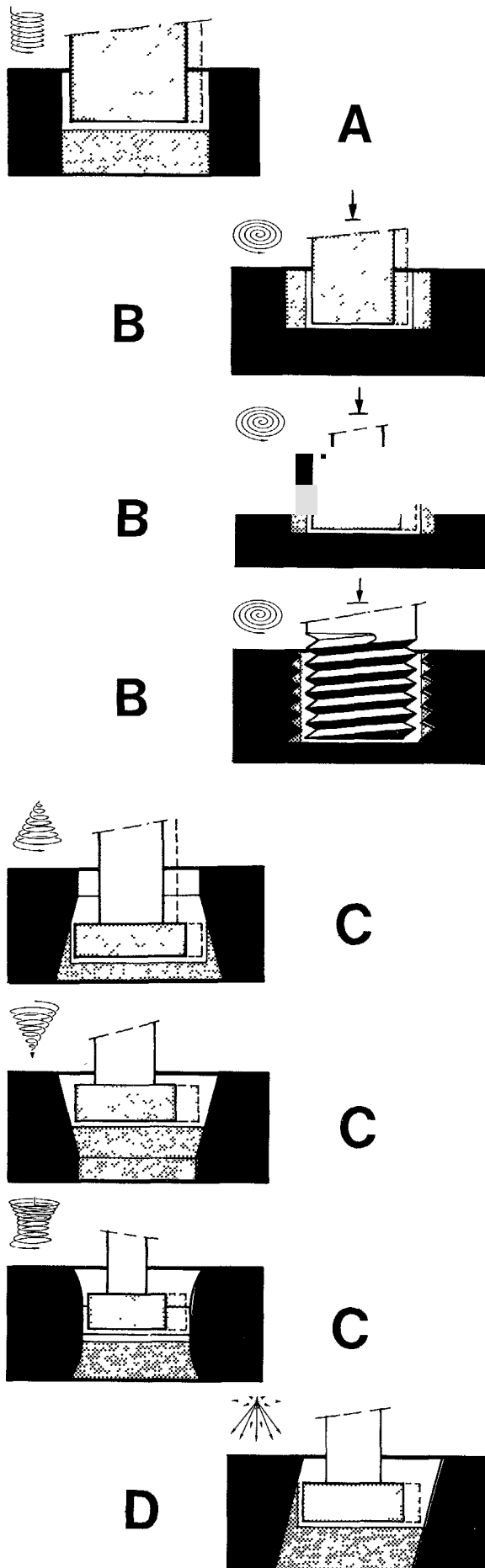
Figuur 3. Elektrode en werkstuk bij planetaire vonkerosie. (prosp. Schretlen en Gieskes)

Agiecop van Agie. Met behulp van de schematisch aangegeven kinematische overbrengingen kunnen alle bewerkingen plane-tair worden uitgevoerd. (prosp. Esmeijer)



Variocop. Planetaire elektrodehouder voor aanbouw. In het bijzonder bij de vonkerosie-machine Elbomat van AEG-Elotherm. (prosp. Stokvis)





d. Gezien de meer gelijkmatige verdeling van de sleet en doordat de ondermaat gecompenseerd kan worden door het vergroten van de excentriciteit, wordt het benodigde aantal elektroden voor het nabewerken verminderd.

Eveneens bestaat de mogelijkheid met dezelfde elektrode, of elektrodes van gelijke afmetingen, de verschillende platen van een matrijs te vervaardigen.

e. Het ruwen en de half-nabewerkingen kunnen, gezien de meer gelijkmatige sleetverdeling, met geringere ondermaten uitgevoerd worden.

Indien met dezelfde elektrode gewerkt wordt, kunnen ook meer bewerkingspassen gekozen worden, zodat enkel bij de laatste honderdsten millimeter het nabewerken plaats vindt.

Ook de tijd om de elektrode in te spannen en uit te richten wordt hiermee drastisch ingekort.

f. Een betere maatnauwkeurigheid is haalbaar, daar een correctie op de elektrode-ondermaat steeds mogelijk is door het bijstellen van de excentriciteit.

g Het aantal mogelijke bewerkingen wordt uitgebreid, figuur 4.

Conische gaten en kamers, kunnen nu eveneens vonkerosief vervaardigd worden.

2.3. Praktische uitvoeringen van planetaire erosiesystemen

De bewegingsmogelijkheden van een planetair systeem kunnen als volgt gegroepeerd worden, figuur 4:

A baanbeweging van de elektrode met constante excentriciteit;

B baanbeweging van de elektrode met toenemende excentriciteit, bij een vergrendeld elektrode-voedingsmechanisme;

C baanbeweging van de elektrode met veranderlijke excentriciteit als functie van de diepte;

D gestuurde elektrodebeweging in een gekozen richting.

Een universeel planetair erosiesysteem heeft een drie-assige besturing, met een servosysteem voor iedere as.

Het is dan mogelijk in iedere ruimtelijke richting de spleet te vergroten en de elektrode weg te trekken loodrecht op het vonkvlak.

De servo-instructies om een dergelijk drie-assig systeem zodanig te sturen zijn echter complex en worden slechts partieel toegepast in de tot nu toe bestaande, praktische uitvoeringen.

De bestaande systemen worden in twee groepen ingedeeld:

2.3.1. Systemen met planetaire tafelbeweging

Principieel kan iedere kruistafel die met servomotoren gestuurd wordt een vlakke planetaire beweging uitvoeren, mits ze is uitgerust met de nodige stuurstrategie.

Een dergelijke oplossing biedt de firma Dieter Hansen met het systeem Eromat, figuur 5.

Bij processtorings zorgt het systeem voor een elektrodebeweging van het vonkoppervlak weg. Alle bewerkingsmogelijkheden A, B, C en D kunnen met dit systeem verwezenlijkt worden.

2.3.2. Afzonderlijke planetaire systemen

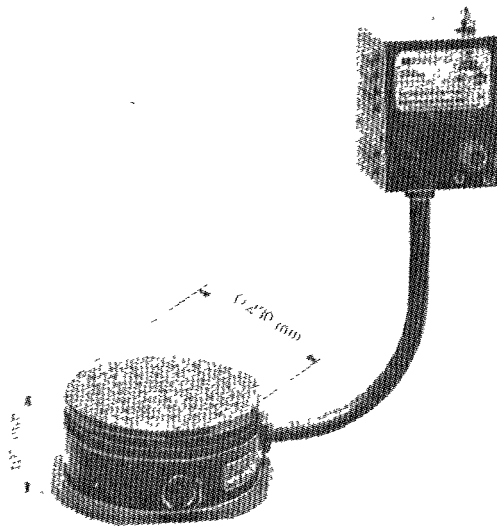
De tabel op de pagina hiernaast geeft een overzicht van deze opbouw-systemen.

Het Orbital-systeem wordt op de werktafel bevestigd en geeft een planetaire beweging aan het werkstuk. De andere systemen worden op de servokop aangebouwd en verzorgen een planetaire beweging van de elektrode.

Uit de tabel blijkt dat er een ganse verscheidenheid van systemen op de markt wordt aangeboden met sterk uiteenlopende kostprijzen.

De kostprijs wordt bepaald door de verschillen in karakteristieke grootheden, in bewerkingsmogelijkheden, in aantal bijkomende voordelen en in de doeltreffendheid bij het onderbreken van storingen.

Figuur 4. Bewerkingsmogelijkheden met behulp van planetaire vonkerosie-systemen. (prosp. Esmeijer)



Figuur 5. Eromat planetaire opspantafel. Hermetisch gesloten voor montage in het diëlektricumbad. Aandrijving door luchtdrukturbine. Straal van de baan 0 tot 0,04 mm. De ononderbroken beweging in de X- en Y-richting wordt te gelijkertijd verticaal gestuurd door het servomechanisme van de machine met behulp van de rechts afgebeelde stuureenheid. (prosp. Alectro)

- Alectro**
 EDM-ORBITAAL f 10.000 bh. ? exc. 2,5 A+, B-
 ORBITAAL-tafel f 15.000 bh. 107 exc. 0,4 A?, B?
Systeem-3R
 ORBICUT-simplex f 6.000 bh. 80 exc. 2 A+, B-
 ORBICUT-mini f 14.000 bh. 80 exc. 2 A+, B-, Cp×, Cc+, D+
 ORBICUT-maxi f 30.000 bh. 90 exc. 5 A+, B, Cp×, Cc+, D+: Prototype. Mogelijkheid B automatisch.

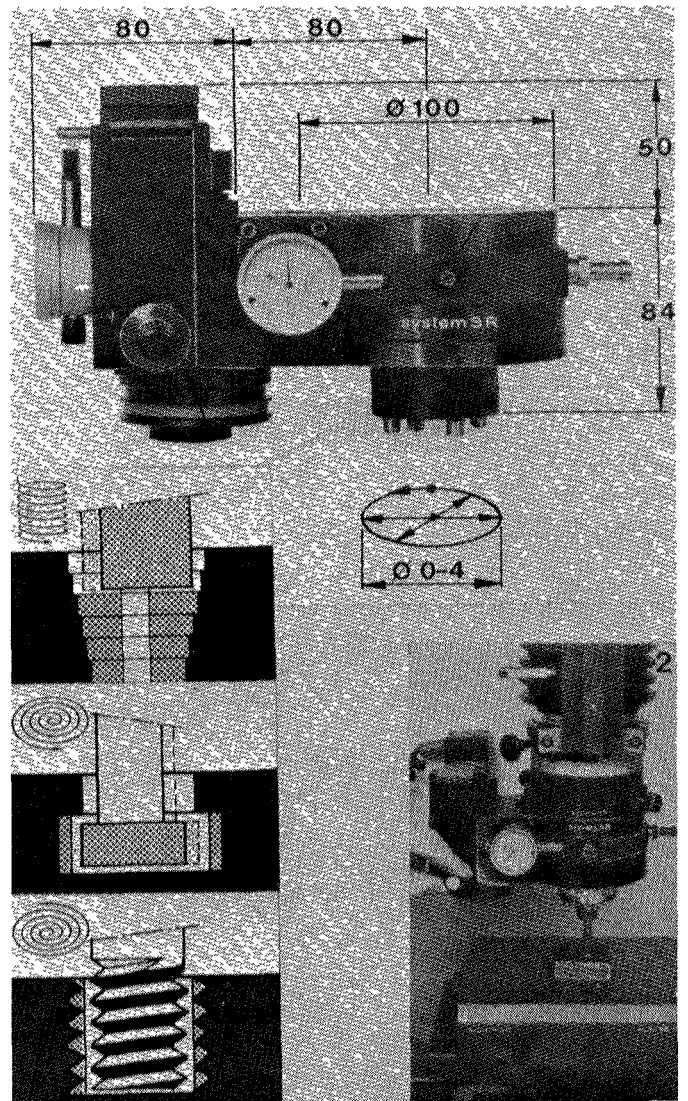
- Agie**
 AGIECOP f 25.000 bh. 85 exc. 3 A+, B-, Cp×, Cc+, D+ Veranderende snelheid bij leegloop of kortsluiting.

- AEG-Istema**
 VARIOCOP f 20.000 bh. 110 exc. 2 A+, B-, Cp×, Cc+, D+ h=180 indien de boring in servokop te klein is. Veranderde snelheid bij leegloop of kortsluiting.

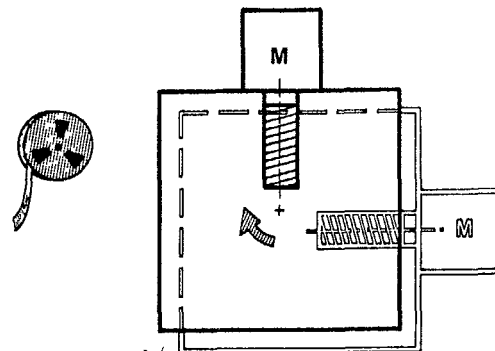
- Charmilles**
 ISOCUT f 33.000 bh. 150 exc. 2 A×, B, Cp×, Cc×, D× Kostprijs van het systeem voor de machine D20. Systeem geschikt voor automatisch utrumpen volgens 'denneboom'-structuur. Veranderende snelheid bij leegloop of kortsluiting.

bh.: aanbouwhoogte in mm. exc.: maximum excentriciteit in mm.
 A, B, C en D: bewerkingen volgens figuur 4; Cp pasboringen, Cc conische boringen.
 -: geen servoverking, manuele ingreep is voor onderbreking noodzakelijk. +: servoverking volgens gevonkt oppervlak, gevaar voor meelopende boog of kortsluiting. ×: servoverking trekt de electrode van het oppervlak weg, geeft snelle onderbreking.

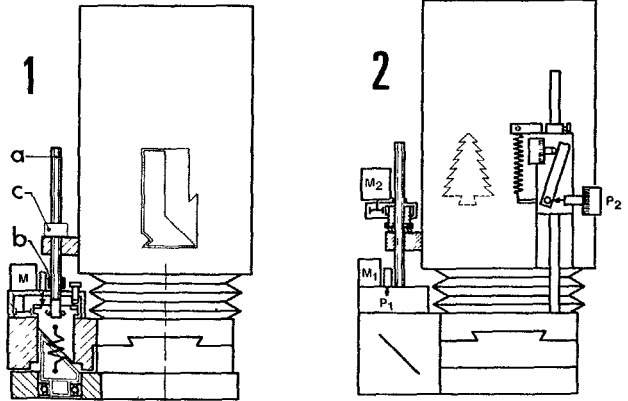
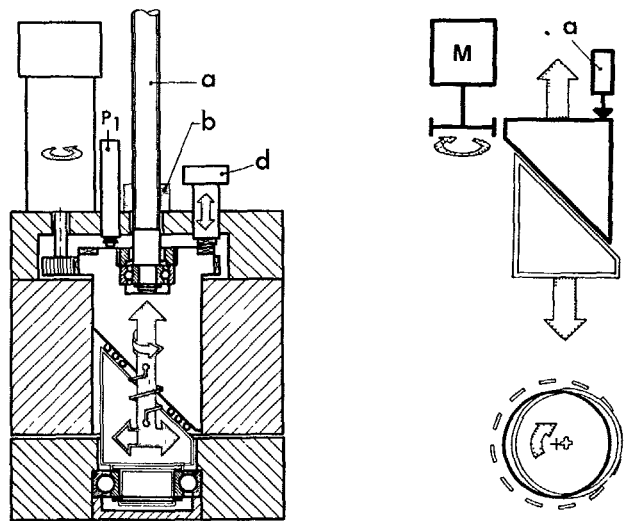
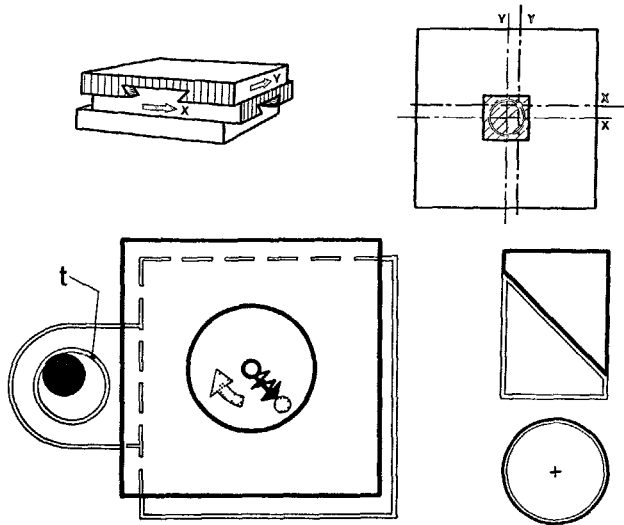
Tabel. Beknopte momentopname van enige planetaire vonkersystemen. De gegevens zijn oriënterend. Bovendien betreft het hier opbouwsystemen met variatie in uitvoering en aanpassing.



Orbicut. Afgebeeld is de eenvoudigste planetaire elektrodehouder van System-3R: de Orbicut Mini-simplex. De drie voorbeelden laten zien dat hiermede reeds de meest voorkomende werkzaamheden planetair kunnen worden uitgevoerd. Maximum elektrodegewicht 5 kg. (prosp. Esmeijer)



Gewezen wordt op de mogelijkheid een planetaire beweging te verwezenlijken met behulp van stappen-motoren voor de X- en Y-richting gekoppeld met de Z-richting. De vorm van de planetaire baan kan dan vrij worden gekozen, bijvoorbeeld rechthoekig. Dit vereist in ieder geval een computer met flinke capaciteit en het niet waarschijnlijk dat deze mogelijkheid zal worden gebruikt voor planetaire systemen die geschikt zijn voor een reeds aanwezige vonkersmachine.



Het kinematische schema van de, voor planetaire aanbouwsystemen typisch mechanische, uitvoering van de Isocut-elektrodehouder van Charmilles, afgebeeld op de volgende pagina gemonteerd op hun machine.

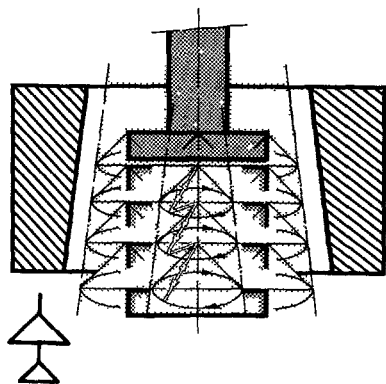
Een exenterbeweging in de 'translator' *t*, geeft aan de kruistafel een gedwongen, cirkelvormige beweging.

Door de constructie met een schuin doorgesneden cilinder en vast verbonden kogellijsten, is de exenterslag van nul tot een zeker maximum in te stellen.

Het, bij voorbeeld, omhoog brengen van de trekstang *a*, figuur 1, geeft een exentervergroting naar rechts volgens de donkere, haakse pijl. Instelmoer *b* begrenst de kleinste uitslag, terwijl door instelmoer *c* tegen een aanslag aan het machineframe, de uitslag wordt vergroot als de hoofdspil met de planetaire elektrodehouder naar beneden beweegt.

Bij het voortschrijden van de erosie wordt de vonkspleet dus in horizontale richting constant gehouden.

Figuur 2 toont een additionele constructie met een conuslineaal en een aandrijving voor de instelmoer *c*. Met behulp van elektronisch gekoppelde verplaatsingsopnemers, *P1* en *P2*, worden de bewerkingsmogelijkheden verkregen genoemd onder *C* in de tekst. (prosp. Schretlen en Gieskes)



Figuur 6. Eroderen volgens een 'denneboom'-figuur. Onder meer mogelijk met het systeem Isocut; afstand tussen de 'takken' 0,1 tot 0,2 mm. (prosp. Schretlen en Gieskes)

Zo is het systeem Orbicut-maxi het enige systeem dat toelaat de bewegingsmogelijkheid *B* automatisch uit te voeren.

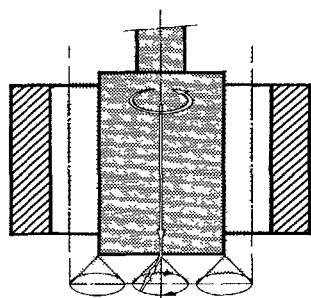
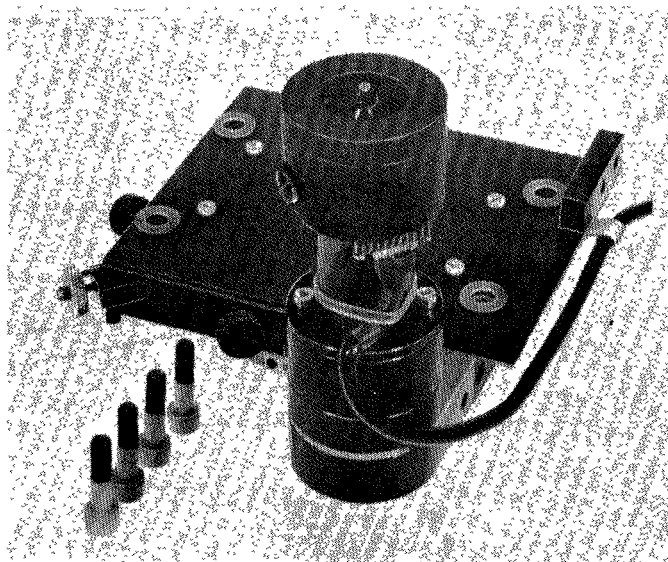
Het systeem Isocut laat een erosie in 'denneboomstructuur' toe, zoals figuur 6 weergeeft. Het uitruimen van een diepe holte kan hierdoor progressief geschieden, zodat ook bij het ruwen de sleet op het manteloppervlak geschiedt en goede spelvoorwaarden behouden blijven.

Overigens laat dit systeem het toe om een konische holte naar boven toe uit te vonken, hetgeen ook weer met het manteloppervlak van de elektrode gebeurt, met als gevolg een betere verdeling van de sleet en minder elektroden.

De systemen Variocop, Agiecop en Isocut laten een automatisch aanpassen van de planetaire omwentelingssnelheid toe, afhankelijk van het gebeuren in de vonkspleet.

Schakelt men deze mogelijkheid in, dan zal bij Variocop en Agiecop bij normale bewerkingsvoorwaarden de omwentelingssnelheid gelijk zijn aan de ingestelde waarde; bij het optreden van kortsluitingen wordt de draai beweging uitgeschakeld en bij leegloop wordt de maximale omwentelingssnelheid ingeschakeld.

Bij het systeem Isocut wordt naar een ingestelde maximale omwentelingssnelheid overgeschakeld bij het optreden van een pauze tussen de ontstekingen.



Isocut. Inrichting voor het axiaal draaien – spinnen – van de elektrode.

Deze beweging, waarbij de elektrode om zijn eigen as draait, is gesuperponeerd op de planetaire cirkelbeweging. De elektrode beweegt nu zoals bijvoorbeeld de slijpsteen van een coördinaatslijpmachine.

De radiale aanzet geschiedt door de verplaatsing langs het kegelvlak – zie schets – en de elektrode kan een cilindrische boring pasvonken (prosp. Schretlen en Gieskes)

Dergelijke voorzieningen verwezenlijken een aanzienlijke werktijdverkorting.

Bij het planetair eroderen van een vierkante opening zijn de weg te nemen hoekvolumes veel kleiner dan de weg te nemen flankvolumes.

De hoeken zullen het eerst uitgevonkt zijn, waarna het systeem bij het voorbijgaan van de hoeken snel doordraait en dan langs de nog te eroderen flanken voorbij gaat met de normale ingestelde snelheid.

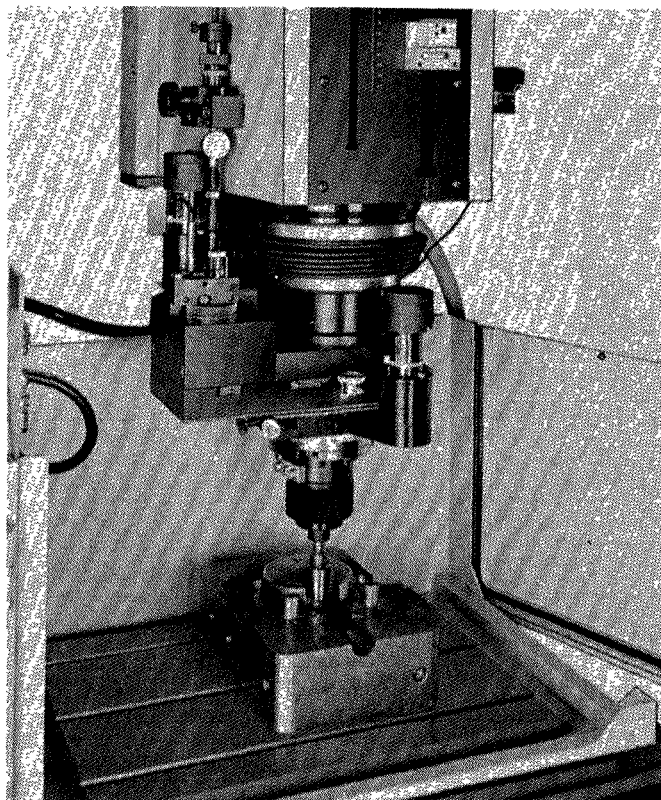
De tabel geeft voorts een overzicht van de effectiviteit voor het onderbreken van processtoringen.

Uit de tabel blijkt dat de eenvoudige systemen van Alectro en de Orbicut-simplex een verbetering brengen die enkel te wijten is aan de planetaire beweging en dat bij mogelijkheid B manueel onderbreken noodzakelijk is.

Bij het conisch eroderen verzekert enkel het systeem Isocut een goede werking zo lang de coniciteit kleiner is dan 45° .

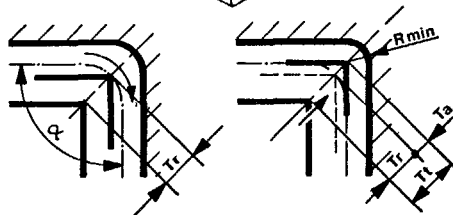
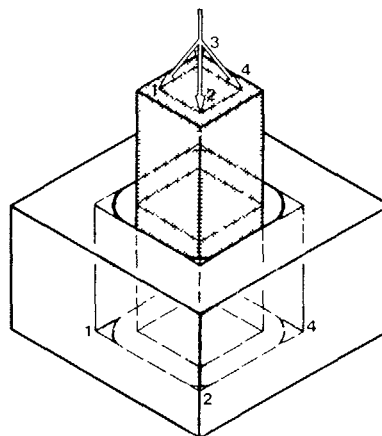
Om een nadere indruk te geven van planetair vonkeroderen zijn enige afbeeldingen uit prospectussen van importeurs overgenomen.

H.H.



Isocut. Planetaire elektrodehouder van Charmilles bevestigd op hun eigen machine.

Op de vorige pagina wordt het kinematische schema van deze elektrodehouder gegeven. Onder de planetaire bewegingsinrichting is een inrichting voor 'inwendig vonkslijpen' gemonteerd; hiernaast afzonderlijk afgebeeld. Straal van de baan 0-2 mm. (prosp. Schretlen en Gieskes)



De afrondingsstraal in hoeken wordt bepaald door de radiale, planetaire verplaatsing – translatie – Tr .

Om een scherpe hoek te verkrijgen moet deze translatie in de hoek worden vergroot tot Tt , om de kleinste afronding die is bepaald door de breedte van de vonkspleet te kunnen maken.

Het nabewerken van de hoek geschiedt dan met een stilstaande elektrode in een doorgang over de hoogte. (prosp. Schretlen en Gieskes)