

## Onderzoek van het vonkerosie-proces

**Citation for published version (APA):**

Claessens, C. J. L., & Veenstra, P. C. (1963). Onderzoek van het vonkerosie-proces. *Metaalbewerking*, 29(8), 182-184.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1963

**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](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

## Onderzoek van het vonkerosie-proces

door dipl. ing. C. J. L. Claessens en prof. dr. P. C. Veenstra

Laboratorium voor Werkplaatstechniek Technische Hogeschool Eindhoven

### Inleiding

Tot de nieuwere verspanende bewerkingstechnieken rekent men de vonkerosie. Hieronder verstaat men zeer in het algemeen een materiaalafname van elektroden als gevolg van een elektrische ontlading daartussen. Ofschoon dit fenomeen reeds lang bekend was duurde het nog tot 1942 alvorens men dit bij vele andere processen hinderlijke bijverschijnsel benutte voor praktische metaalbewerking.

Daartoe wordt in principe een elektrisch circuit gebruikt, bestaande uit een gelijkspanningsbron met daaraan in serie aangesloten een weerstand en een condensator. Parallel aan de condensator wordt een vonkbrug aangesloten, bestaande uit twee, op enkele honderdste millimeters van elkaar geplaatste metaal-elektroden. Deze vonkbrug wordt door een vloeibaar dielektricum omgeven.

De condensator wordt door de gelijkspanningsbron geladen en vervolgens via de vonkbrug ontladen met als gevolg elektrodeslijtage. De als gereedschap fungerende elektrode is daarbij meestal aangesloten aan de negatieve, de werkstuk-elektrode aan de positieve pool van de condensator.

Voor praktische metaalbewerking worden de elektroden door een voedingsmechanisme, gecommandeerd door de brandspanning over de elektroden, ten opzichte van elkaar bewogen. Deze brandspanning varieert namelijk met de grootte van de vonkspleet.

Sinds de ontdekking van deze wijze van metaalbewerking is op de markt een keur van metaalbewerkingsmachines verschenen die alle wat het elektrische gedeelte betreft in principe volgens ditzelfde schema zijn opgebouwd. Een toepassing van deze machines is uitvoerig beschreven door ir. H. Huizing [4], waarbij tevens het probleem van de elektrode-slijtage in het licht is gesteld.

Aan het hierbij veelal toegepaste elektrische circuit kleven diverse bezwaren met als voornaamste het lage rendement. Slechts gedurende een procent van de totale tijd treden de ontladingen op, terwijl gedurende de rest van de tijd de condensatoren opgeladen worden.

De vraag rijst dan: is men aan dit elektrische schema gebonden? Een afdoend antwoord hierop geven is, zelfs na bestudering van de inmiddels uitgebreide literatuur over dit onderwerp, tot nog toe niet mogelijk gebleken om de eenvoudige reden dat niet duidelijk is hoe de verspaning bij dit proces tot stand komt. In de literatuur vindt men een heel stel oorzaken opgesomd: Solotych [1] meent dat het verspaningsproces van elektrothermisch-mechanische aard is en bouwt op grond daarvan een compleet model op. Kathode en anode slijten daarbij volgens het zelfde mechanisme. Williams [2] daarentegen meent dat de anode-erosie voor het grootste gedeelte wordt veroorzaakt door de hoge elektrische veld-

krachten die het materiaal mechanisch overbelasten. De kathode-slijtage (gereedschapsslijtage) zou volgens zijn opvatting een gevolg zijn van het bombardement door positieve ionen. De idee, oorzaken van thermische aard te kunnen aannemen, wordt door hem geheel verworpen. Hinnüber en Rüdiger [3] menen dat door kort durende warmtestoten van hoge intensiteit enorme warmtespanningen kunnen ontstaan in het materiaal, die het afscheuren van kristallen of kristalgroepen veroorzaken. Weer andere schrijvers opperen als mogelijke verspaningsmechanismen: elektrolytische werking, gekoppeld aan elektrodynamische krachten; explosieve krachten, gesteund door de fakkelerwerking van een metaaldampfakkel van hoge temperatuur; cavitatiekrachten; aanstoten van de atomen in het rooster door elektronen waardoor deze atomen, in resonantie gebracht, spontaan uit het rooster treden; e.d.

Sinds enige tijd is men in het Laboratorium voor Mechanische Technologie en Werkplaatstechniek van de Technische Hogeschool te Eindhoven een onderzoek begonnen met als doel het verschijnsel te bestuderen van een verhoging van de verspaningsnelheid bij een verlaagde slijtage van de als gereedschap fungerende elektrode. Dit doel tracht men te benaderen door vooral aandacht te besteden aan de fysica van de verschijnselen in het vonkanaal en aan de elektroden om op grond van deze bevindingen tot een geëigende circuit-opbouw te komen.

Bij dit onderzoek werd uitgegaan van het model zoals dat is opgesteld door B.N. Solotych [1] zonder dat de door andere schrijvers genoemde verspaningsmechanismen als proces-beïnvloedende factoren verworpen worden.

Verskillende feiten billijken het aannemen van een verspaningsmodel van thermische aard. In de eerste plaats het bij iedere ontlading optredende plasma van hoge temperatuur. Vervolgens het feit dat een microscopisch onderzoek van een door vonkerosie bewerkt oppervlak sporen van gesmolten en weer gestold metaal vertoont. Verder dat de structuur van een dergelijk oppervlak bij onderzoek sterk kan verschillen van de oorspronkelijke materiaalstructuur. Er zijn meerdere soortgelijke feiten op te noemen.

Solotych onderscheidt twee fasen bij de verspaning. In de eerste wordt van een bepaalde hoeveelheid elektrodemateriaal de binding aan het oppervlak verzwakt; gedurende de tweede fase wordt dit materiaal weggeslagen door krachten die op diverse wijzen zijn ontstaan. De verzwakking van de bindingen van de eerste fase wordt ingeleid door de warmte die vrijkomt als gevolg van een elektronen-, respectievelijk ionenbombardement en voortgezet door de hierdoor optredende warmtespanningen in het materiaal. Metaaldeeltjes zouden daarbij

door elektrostatische en elektromagnetische krachten worden weggeslingerd, gesteund door de drukstoten die worden veroorzaakt doordat tengevolge van de vermeerde hoge temperatuur in het vonkkanaal het diëlektricum plotseling verdampt. Solotych neemt aan dat slechts een klein percentage elektrode-materiaal hierbij zuiver verdampt.

### De proefopstelling

Voor de uitvoering van de proeven is een elektrisch circuit opgebouwd dat beoogt te onderzoeken of het gehele proces een elektronen- of een ionenproces is, dan wel een combinatie van beide. Het verdere doel van het onderzoek is de relatieve invloed van elk der twee processen te bestuderen. Daartoe is in eerste instantie een 50 Hz wisselstroomcircuit, via een autotransformator rechtstreeks uit het net gevoed, aan de elektroden aangesloten. Is het verspaningsproces in hoofdzaak een elektronen/ionenproces en zijn de elektrische omstandigheden bij gebruik van een zuivere sinusstroom voor

beide elektroden gelijk, dan moet bij gebruik van elektroden van hetzelfde materiaal en bij geometrische symmetrie de verspaning van beiden ook gelijk zijn.

Als vervolgens de stroomsymmetrie over de elektroden verbroken wordt door in het circuit een gelijkspanningsbron in serie op te nemen, dan moet dit resulteren in een verspaningsasymmetrie der elektroden. Deze stroomsymmetrie is in grootte variërend instelbaar door middel van een, via een autotransformator varieerbare en via een Graetz-schakeling gelijkgerichte, wisselspanning uit het net.

Deze werkwijze geeft een globaal inzicht in de mate waarin de elektronen en de ionen aan het verspaningsproces deelnemen. Aangezien de elektronen een grotere bewegelijkheid en een langere levensduur hebben dan de ionen, zal voor het verkrijgen van een verder inzicht in de werking van deze ladingsdragers variatie van de frequentie mogelijkheden bieden. Met dat doel is een tweede circuit opgebouwd met een machinegenerator die een frequentiebereik heeft van 200 tot 3000 Hz. In voorbereiding is verder de bouw van een hoogfrequent-generator tot 1 MHz met een vermogen van  $\pm 3$  kW.

De experimenten worden uitgevoerd in een cuvette (figuur 1) met elektroden van 6 mm diameter, hefgeen een gunstige afmeting is met betrekking tot een goede diëlektricumdoorspoeling van de vonkspleet. De elektroden bevinden zich in horizontaal beweegbare spatangen die door middel van veren en met tot op één micrometer reproducerend instelbare micrometers van en naar elkaar toe bewogen kunnen worden. De voedingsbeweging van de elektroden wordt aan de hand van de brandspanning over de elektroden, die lineair met de grootte van de vonkspleet varieert, door middel van handbediening uitgevoerd. Het diëlektricum is petroleum dat alvorens in het cuvette te komen door een filter wordt gepompt. Door middel van overlopen in het cuvette wordt voor een voldoende grote doorstroming van de vloeistof zorg

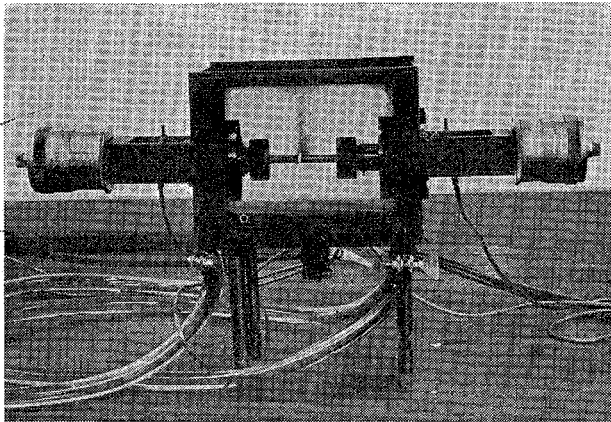


Fig. 1. Cuvette met vonkende elektroden

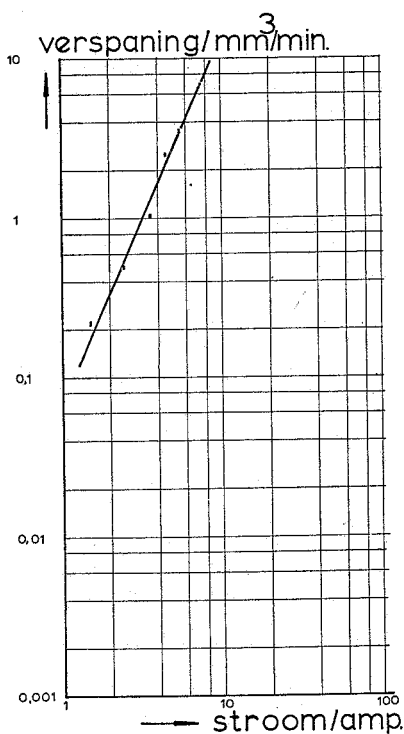


Fig. 2. Verspaningssymmetrie aan mes-singelektroden. Samenvallende curven van beide elektroden

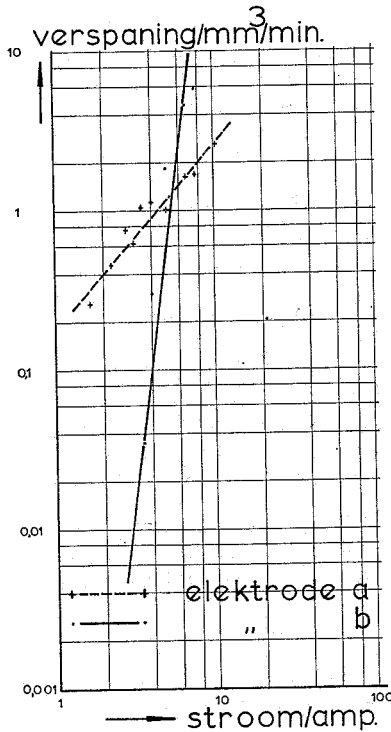


Fig. 3. Verspaningsasymmetrie aan mes-singelektroden. Elektrode a verbonden met de positieve pool van de gelijkspanningsbron

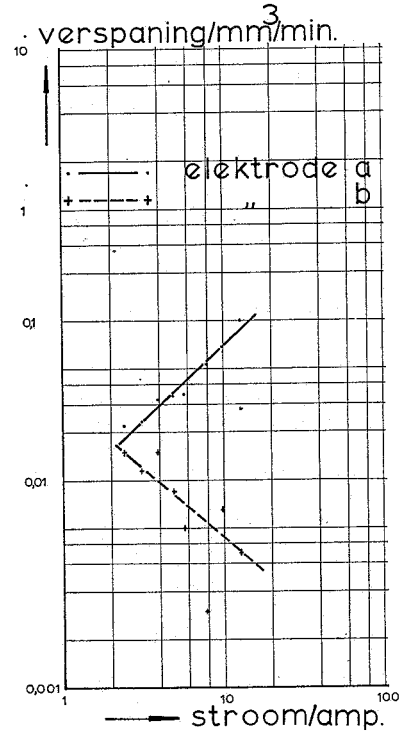


Fig. 4. Verspaningsasymmetrie aan koper-elektroden. Elektrode a verbonden met de negatieve pool van de gelijkspanningsbron

gedragen. Stroom- en spanningskarakteristieken worden zichtbaar gemaakt op een over de elektroden aangesloten oscilloscoop; kwantitatieve waarden worden op aparte stroom- en spanningsmeters afgelezen. De verspaning zelf wordt gemeten door gewichtsafname.

De eerste uitgevoerde experimenten tonen de verspaningssymmetrie bij stroom-/spanningsymmetrie duidelijk aan, evenals de verspaningsasymmetrie bij dienovereenkomstige elektrische asymmetrie. Hogere stroomwaarden, dat wil zeggen meer elektronen respectievelijk ionen in de vonkspleet, zouden de verspaning volgens de gestelde hypothese steeds moeten doen toenemen. Hierin treden bij stroomasymmetrie echter enige onregelmatigheden op, zoals blijkt uit de figuren 2, 3 en 4.

In figuur 2 is de verspaning van messing-elektroden tegen de stroomsterkte bij elektrische symmetrie aan de vonkspleet uitgezet op dubbellogaritmisch papier. Figuur 3 toont hetzelfde verband als figuur 2, maar dan voor volkomen stroomasymmetrie, dat wil zeggen dat hierbij de sinusvormige wisselstroom door een gesuperponeerde gelijkstroom zover over de nullijn wordt gedrukt dat deze nog slechts geraakt wordt. Figuur 4 is analoog met figuur 3, maar dan voor koper-elektroden.

Een meer uitgebreide beschrijving van de experimentele resultaten is nog voorbarig, aangezien de totale serie proeven nog niet afgewerkt is. Om namelijk materiaalinvloeden te kunnen bepalen worden deze experimenten uitgevoerd met een groot aantal materialen die onderling in soortelijke warmte, warmtegeleidingsvermogen, smelt- en kookpunt en smelt- en verdampingswarmte sterk verschillen. Het vermoeden bestaat dat deze materiaalconstanten een rol spelen met betrekking tot de verspaningssnelheid. Op een later tijdstip zal over het totaal van de experimentele resultaten nader worden bericht in deze rubriek.

#### Literatuur

1. B. N. Solotych: Physikalische Grundlagen der Elektrofunkenbearbeitung von Metallen. V.E.B. Verlag Technik Berlin 1955.
2. E. M. Williams: Theory of Electrical Spark Machining. Electrical Engineering March 1952.
3. J. Hinnüber, O. Rüdiger: Nevere Verfahren der Metallbearbeitung, insbesondere die Elektroerosion. Werkstatt und Betrieb 87 (1954) H.2 S. 53/57.
4. Ir. H. Huizing: Vonkverspanen voor de fabricage van snijstempels. Metaalbewerking 5 juli 1962.

## NIEUWE WERKPLAATSUITRUSTING

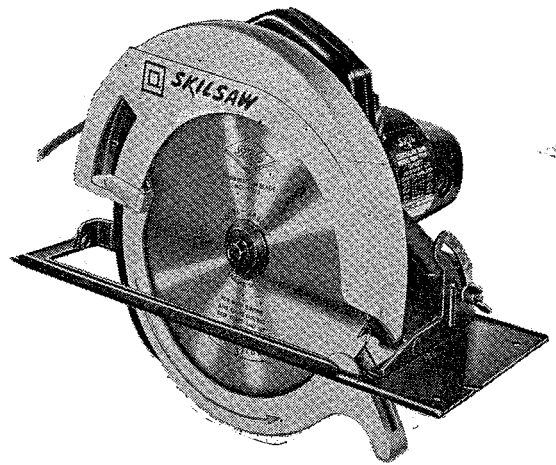
UDC 621.934 — 182.4

### SKIL cirkelzaag machines in dubbel geïsoleerde uitvoering

De elektrische handcirkelzaag, die tegenwoordig in vele bedrijven wordt gebruikt, is vrijwel onmisbaar geworden voor het snel zagen van allerlei soorten hout en andere materialen.

In Amerika fabriceert SKIL nu drie verschillende series cirkelzagen, n.l. de qua prestatie zeer zware types met wormwielaandrijving, de serie Super Duty machines voor continu industrieel gebruik en de wat lichtere modellen voor kleinere bedrijven, die zoveel werk verzetten dat het lonend is een aparte zaagmachine aan te schaffen.

Sinds de oprichting van SKIL (Nederland) N.V. te Breda is men tot de conclusie gekomen, dat het nodig was, ook cirkelzagen in dubbel geïsoleerde uitvoering te brengen. Er zijn thans twee types in deze uitvoering verkrijgbaar, n.l. met zaagblad-diameters van resp. 8¼" (210 mm) en 9¼" (235 mm). De maximum zaagdieptes



Cirkelzaagmachine, type 554H-555H

zijn respectievelijk 73 en 86 mm. De machines zijn voorzien van kogellagers en zijn bedoeld voor continu industrieel gebruik. Tot de standaard-uitrusting behoren een spouwmes, een breedtegeleider, een combinatie-zaagblad en een 2-aderig snoer met Nederlandse stekker. De cirkelzaagmachines bezitten de volgende eigenschappen: radio- en televisie-ontstoring, handige diepte-instelling, verstek-instelling tot 45° met graadverdeling, drukknop om de zaagas vast te zetten bij het verwisselen der zaagbladen, verende onderbeschermer die niet kan klemmen, slipkoppeling die het gevaarlijke terugslaan van de machine voorkomt wanneer het zaagblad zou vastlopen en speciale bescherming tegen het doorbranden van het anker. De wikkelingen zijn in een hooggebonden polyesterhars gedoopt, zodat de draden bestand zijn tegen hoge temperaturen en vocht. Verder zijn bij de SKIL-motoren de ankerdraden aan de collector gelast en niet gesoldeerd, waardoor de verbinding ook bij sterke verwarming niet los zal laten.

Een uitgebreid sortiment zaagbladen en doorslijpschijven is verkrijgbaar voor het bewerken van tal van materialen. De distributie van alle SKIL producten geschiedt via erkende dealers.

Fabrikant: SKIL (Nederland) N.V. te Breda.

UDC 621.861 — 831

### Een nieuw elektrisch takel

De rem is één van de essentiële delen van een takel. Daarvan hangen de nauwkeurige werking en de veiligheid van het apparaat af. Het toenemende tempo in de productie vereist steeds grotere snelheden en maakt een doelmatige en snel werkende rem noodzakelijk, die bestand is tegen veelvuldig gebruik.

In het nieuwe „Eurobloc“-takel van de firma Verlinde is een schijfrem op het einde van de trommelas aangebracht.

Het „Eurobloc“-takel is een produkt van lange studie, zowel theoretisch als praktisch, berustende op een eeuw ervaring.

Behalve de werking van de rem, stellen de zware eisen waaraan de mechanische delen en de motor moeten voldoen, de constructeur voor een belangrijk probleem, temeer omdat de noodzakelijkheid het apparaat zo klein mogelijk te houden maakt, dat de verschillende delen van geringe afmeting moeten zijn. Op de volgende wijze is hieraan bij het „Eurobloc“-takel voldaan.

De geventileerde elektromotor (6) met één of twee snelheden is zodanig ontworpen, dat het arbeidstempo kan worden opgevoerd.