

Het boren van kleine gaten : literatuuronderzoek

Citation for published version (APA):

Tops, P. J. C. (1963). *Het boren van kleine gaten : literatuuronderzoek*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Laboratorium voor mechanische technologie en werkplaatstechniek : WT rapporten; Vol. WT0078). Technische Hogeschool Eindhoven.

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

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.



rapport van de sectie: Gereedschappen en gereedschapsontwikkeling.

codering:

titel:

Het boren van kleine gaten.

Literatuuronderzoek.

P.7.b.6

auteur(s):

P.J.C. Tops

trefwoord:

boren

sectieleider: ir. L.A.J. van Bergen

hoogleraar: prof. ir. C. de Beer

samenvatting

Van de voorkomende technieken voor het maken van kleine gaten zijn de meest gebruikelijke bestudeerd, en wel: ultrasoon boren, vonkverspanen, boren met behulp van een lichtstraal, boren met behulp van een electronenstraal en tot slot het boren door gebruik te maken van roterend gereedschap.

Van elk der genoemde technieken is het principe van het proces en van de installatie benevens het uit de literatuur bekende toepassingsgebied aangegeven.

prognose

datum:

10-9-1963

aantal blz. 19

geschikt voor publicatie in:

Ultrasoon boren.

Principe van het proces.

Bij ultrasoon boren wordt het niet roterend gereedschap in axiale richting in hoogfrequente trilling gebracht. Trilfrequentie 20 tot 30 KHz, amplitude 20 tot 100 micrometer. Op deze wijze beweegt het gereedschap zich onder toevoer van een vloeistof waaraan een slijpmiddel is toegevoegd, door het werkstuk heen.

Vloeistof en slijpmiddel worden gedurende het proces toegevoerd, bijv. door deze combinatie op het werkstuk te spuiten en via het hart van de boor weg te pompen, zoals te zien is in nevenstaande figuur.

Soms zijn werkstuk en gereedschap in een bak slijpvloeistof geplaatst.

Werkstuk en gereedschap worden met een bepaalde gemiddelde kracht op elkaar gedrukt.

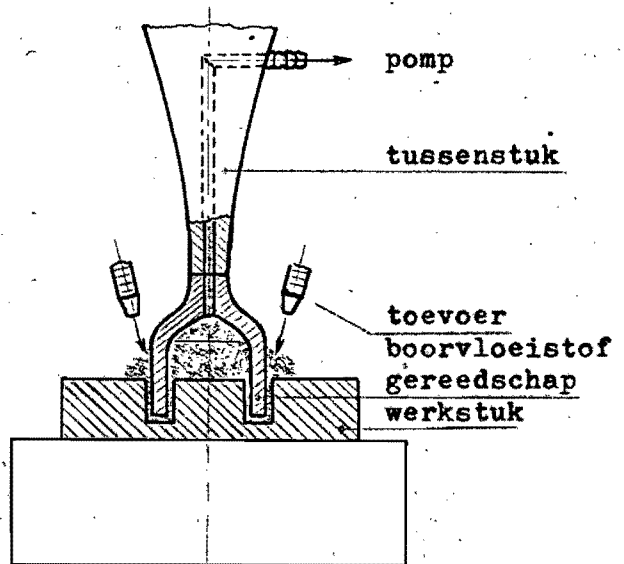
Slechts gedurende een relatief klein deel van een trillingsperiode zijn gereedschap, slijpkorrels en werkstuk met elkaar in contact.

Principe van de installatie.

Het gereedschap wordt in trilling gebracht door gebruik te maken van de magnetostriktieve eigenschap^{pen} van nikkel-ijzer legeringen. De lengte van een staaf van een van deze materialen verandert namelijk onder invloed van een magnetisch veld.

De machine bestaat uit een kern van ^{een} nikkel-ijzer legering (gelamelleerd), die is voorzien van een aantal windingen van koperdraad, waardoorheen m.b.v. een hoogfrequent generator een elektrische stroom wordt gestuurd. Ten gevolge van het magnetisch wisselveld geraakt de kern in een staande longitudinale trilling, met de dubbele frequentie van de stroom door de spoel.

Aan de onderzijde van de kern is via een speciaal gevormd tussenstuk het gereedschap gemonteerd en het geheel is verend opgehangen in het frame van de machine. Om de trillingsamplitude voldoende groot te maken wordt de kern in zijn eigenfrequentie aangestoten.



Het tussenstuk en de onderzijde van de kern hebben een exponentieel verlopende diameter. Aan het tussenstuk is "niet losneembaar" het eigenlijke gereedschap bevestigd, bijv. door solderen. Deze delen samen vormen een massa-veersysteem, waardoor de amplitude van het gereedschap wordt vergroot. Het ophangen van het systeem kan het best geschieden op de plaats waar zich een knoop bevindt.

Datzelfde geldt voor de bevestigingsplaats van het te verwisselen gereedschap (zie figuur).

De lengte van het tussenstuk moet overeenkomen met een kwart golflengte der longitudinale trilling en de diameter moet, zoals reeds vermeld werd, ongeveer exponentieel verlopen. In dat geval verhouden de amplituden van de trilling van de boven- en onderkant van het tussenstuk zich omgekeerd evenredig met de bijbehorende doorsneden.

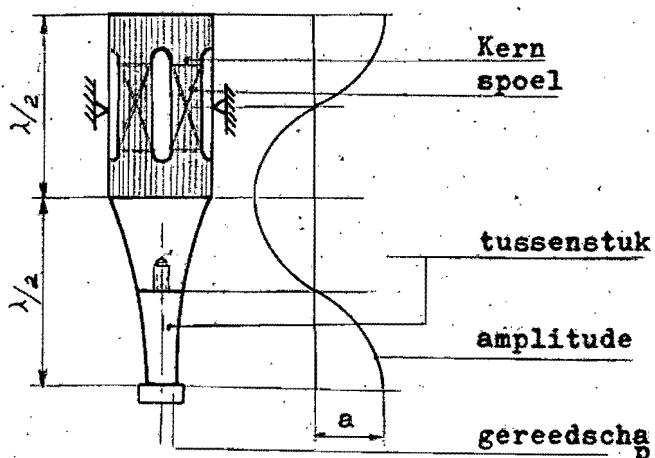
Toepassing.

Het zijn vooral de harde brosse vaak electrisch niet geleidende materialen, zoals glas, kwarts keramische materialen, edelstenen, etc., die op deze manier goed te bewerken zijn. Zachte, maar vooral taaie materialen, bv. sommige kunststoffen, laten zich op deze wijze zeer slecht verspanen. De slijpkorrels slaan dan vast in het materiaal en maken het boren onmogelijk. Om deze reden wordt het gereedschap zelf liefst gemaakt van zacht staal of ongehard gereedschapstaal.

De slijtage van het gereedschap is sterk afhankelijk van het te boren materiaal en varieert van ongeveer 1 % bij het boren van glas tot ongeveer 50 % bij het boren van hardmetaal. Genoemde percentages zijn volume-procenten van het verspaande materiaal.

De minimale afmeting van de diameter van een te boren gat, wordt bepaald door de afmetingen van het gereedschap en de minimale speling tussen gereedschap en werkstuk.

Uit onderzoeken is gebleken dat op deze wijze gaten tot een minimale diameter van 0,16 mm kunnen worden geboord. In verband met de daarvoor noodzakelijke zeer geringe aanzetkracht wordt de kern vast opgehangen en het werkstuk wordt m.b.v. een veer tegen de boor gedrukt.



Deze aanzetkracht kan dan m.b.v. de voorspanning van de veer geregeld worden. Op deze wijze worden gaten geboord in trekstenen van diamant of metaalcarbide.

In de halfgeleiderindustrie wordt het ultrasoon verspanen gebruikt om uit platen germanium of silicium in één bewerking zeer vele schijfjes te maken. Het gereedschap is in dat geval meervoudig uitgevoerd.

Voor wat betreft de boorsnelheid kan worden opgemerkt, dat deze lineair afhankelijk is van de aanzetkracht en nagenoeg onafhankelijk van de diameter van de boor.

Bij kleine gaten bedraagt deze boorsnelheid ongeveer 0,5 mm/min.

Ten gevolge van het feit dat de gaten enigszins conisch worden, is het voor het boren van cilindrische gaten noodzakelijk, de bewerking in twee of drie fasen uit te voeren, telkens met oplopende diameter.

Ook ten gevolge van voorkomende dwarstrillingen van het gereedschap wordt de maat- en vormnauwkeurigheid beïnvloed. Vermeld kan worden dat de maatnauwkeurigheid bij eenmalige boringen ongeveer $\pm 0,05$ mm bedraagt, en bij tweemaalige boringen loopt deze op tot $\pm 0,01$ mm.

Literatuur.

- Bearbeitungsverfahren mittels Ultraschall in der Feinwerktechnik.
"Das Industrieblatt" (1962) no. 8.
W. Lehfehd und R. Sievers.
- Einfluss der Betriebsbedingungen auf die Spanmengenleistung beim Stossläppen mit Ultraschallfrequenz.
"Microtecnic" (1962) vol. XVI no. 2
Dipl.Ing. D. Blanck.
- Modern Fertigungsverfahren im feinmechanisch-optischen Gerätebau.
Feingerätetechnik 10 (1961) no. 12.
Dipl. Ing. Grünwald K.D.T. VEB. Carl Zeiss, Jena.
- Ultraschall in der Werkstatttechnik
"V.D.I. Nachrichten" 13 (1959) no. 25
E.A. Neppiras

Vonkverspanen.

Principe van het proces.

Een condensator ontladst zich over gereedschap en werkstuk.

Werkstuk en gereedschap zijn door een spleet gescheiden, waartussen zich een diëlectricum bevindt (zie figuur 1).

Door en tijdens dit ontladen wordt zowel van het werkstuk als van het gereedschap materiaal afgenomen.

Het te maken gat neemt op deze wijze ongeveer de vorm van het gereedschap aan.

Omtrent de manier waarop de erosie tot stand komt bestaan verschillende

theorieën. Volgens de meeste onder- figuur 1.

zoekers is het een electrothermisch fenomeen. Solotych *) onderscheidt twee fasen in de bewerking:

- a) gedurende de eerste fase van de overslag wordt de samenhang der deeltjes plaatselijk verzwakt en verbroken.
- b) gedurende de tweede fase worden de losgeraakte deeltjes afgevoerd.

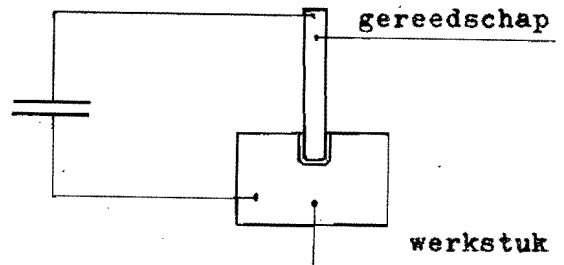
Het losmaken van de deeltjes is een gevolg van de sterke plaatselijke verhitting door ionen en electronen botsingen. De losgeslagen deeltjes worden afgevoerd door electrostatische en electromagnetische krachten. Een belangrijke rol spelen hierbij de in de vloeistof optredende drukgolven, die ontstaan ten gevolge van plotselinge plaatselijke verdamping.

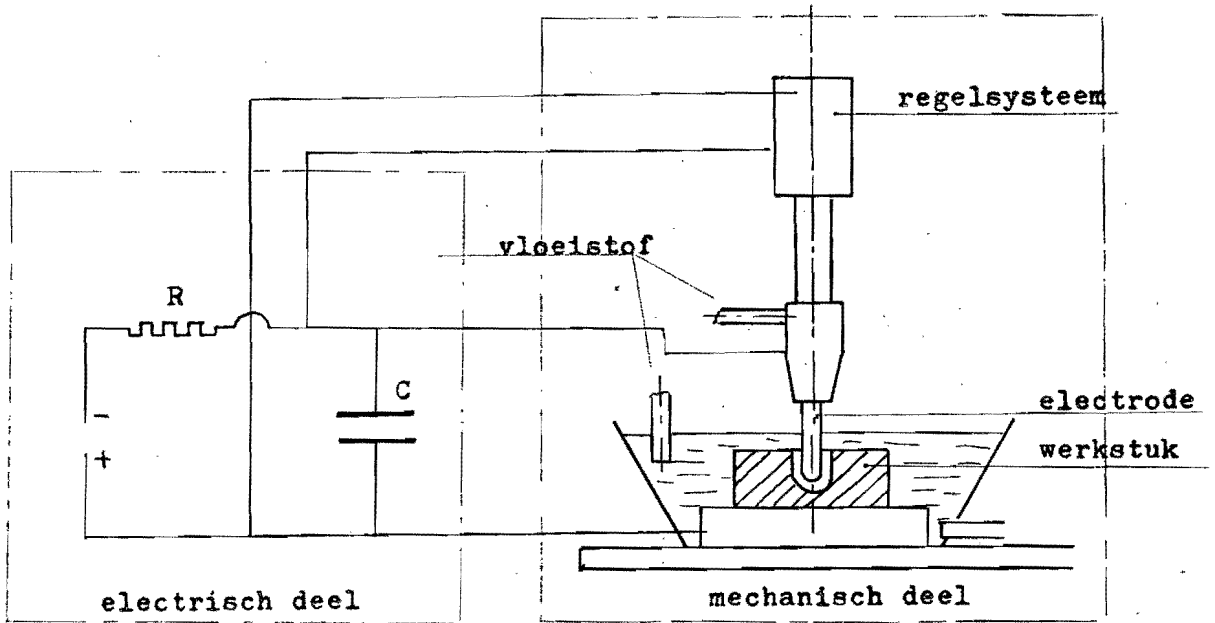
Principe van de installatie.

De installatie bestaat in hoofdzaak uit een electricch circuit, een regelsysteem, het gereedschap (electrode) en een bak met diëlectricum, geplaatst op een coördinatentafel. (zie figuur 2).

*) B.N.Solotych: Physikalische Grundlagen der Elektrofunktensbearbeitung von Metallen.

V.E.B.-Verlag Technik, Berlin, Bd. 175.

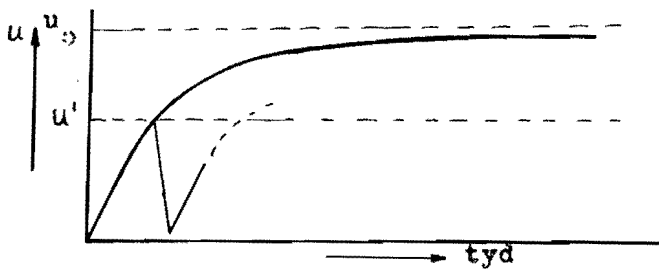




figuur 2

Het electrisch systeem bestaat in principe uit een gelijkspanningsbron, een weerstand en een condensator. De condensator is parallel over de elektroden (werkstuk-gereedschap) geschakeld.

De condensator laadt op via de weerstand R tot de doorslagspanning is bereikt. Dit opladen geschiedt volgens onderstaand exponentieel verloop, afhankelijk van R en C.



$$U = U_0 (1 - e^{-\frac{t}{RC}}).$$

Op het moment dat de doorslagspanning u' wordt bereikt, ontladde de condensator zich zeer snel over het diëlectricum. Een regelsysteem zorgt er voor dat de spleet tussen werkstuk en gereedschap op de ingestelde grootte blijft. De grootte van deze spleet en het diëlectricum bepalen de doorslagspanning. R, C, de spleetbreedte en het diëlectricum bepalen de frequentie en de energie van de vonk. Het gereedschap is prismatisch uitgevoerd en wordt niet roterend in langsrichting door het werkstuk gevoerd.

Door het diëlectricum, petroleum bijvoorbeeld, blijft de vonk voldoende geconcentreerd en wordt vlamboogvorming voorkomen. Ook heeft het diëlectricum een afkoelende en spoelende werking. Ten behoeve van de spoelende werking worden de elektroden wel eens axiaal doorboord uitgevoerd. Bij zeer kleine elektroden is dit wel bezwaarlijk.

Dan wordt de spoeling gestimuleerd door de electrode in verticale richting met kleine amplitude (0,1 mm) te laten trillen.

Als electrode ~~materialis~~ dat materiaal geschikt, dat niet te veel slijt. Wolframkoper, koper en messing voldoen in dit opzicht beter dan perlitisch gietijzer. Dit laatste kan echter door zijn magnetische eigenschappen beter bewerkt worden.

Toepassing.

Op deze wijze kunnen alle geleiders worden geboord. De minimale diameter van het te boren gat wordt bepaald door de afmetingen van het gereedschap en de grootte van de vonkspleet, welke laatste regelbaar is van 0,015 mm tot 0,2 mm.

De hardheid van het materiaal is geen bezwaar. Gereedschap en werkstuk oefenen nagenoeg geen krachten op elkaar uit hetgeen belangrijk is bij het boren van gaten met een kleine diameter. In verband met de afmetingen van het gereedschap is het boren voor gaten met een diameter kleiner dan 0,05 mm wel erg bezwaarlijk. De oppervlakteruwheid die kan worden bereikt is afhankelijk van de machine-instelling en de aard van het te boren materiaal. Een ruwheid van ongeveer 10 ru C.L.A. kan wel als onderste grens genoemd worden.

Een zeer belangrijk toepassingsgebied vormt de fabricage van stempels, daar in dat geval de later te gebruiken nippel als boorelectrode dienst kan doen bij de vervaardiging van het gat in de snijplaat.

Literatuur.

- Feinbearbeitung metallischer Werkstoffe durch funkenerosives Senken. Dissertatie van Dipl.Ing. K.Ganser - juni 1961.
- Erodieren und Stosslappen - zwei neuzeitliche Fertigungsverfahren "Fertigungstechnik und Betrieb" 12 (1962) Heft 11
Dipl.Ing. Hans Müller.
- Recent Developments in Spark-Machining Techniques and Equipment. "The Engineers' Digest (1962) vol. 23 no. 5.
- Ein Beitrag zur Anwendung der Funkenerosion bei der Fertigung kleiner metallischer Bauteile. "Feinwerktechnik" 64 (1960) Heft 12.

Met een electronenstraal boren.

Principe van het proces.

Een electronenstraal treft het werkstuk loodrecht ter plaatse van het te maken gat. De straal wordt geconcentreerd op een oppervlakte van enkele tientallen vierkante micrometers of minder. De kinetische energie van de electronen wordt ter plaatse van de botsing, afgezien van de secundaire emissie, geheel omgezet in warmte. Deze warmte is zodanig geconcentreerd, dat het materiaal verdampt.

Teneinde de verhitting zeer plaatselijk te houden en te voorkomen dat langs de rand van het gat structuurveranderingen of smelten optreedt, wordt de straal niet continu op het werkstuk gericht, maar pulserend. Het overgangsgebied kan beperkt worden tot een breedte van 1 micrometer. Een groot deel van de warmte wordt afgevoerd door het verdampte materiaal.

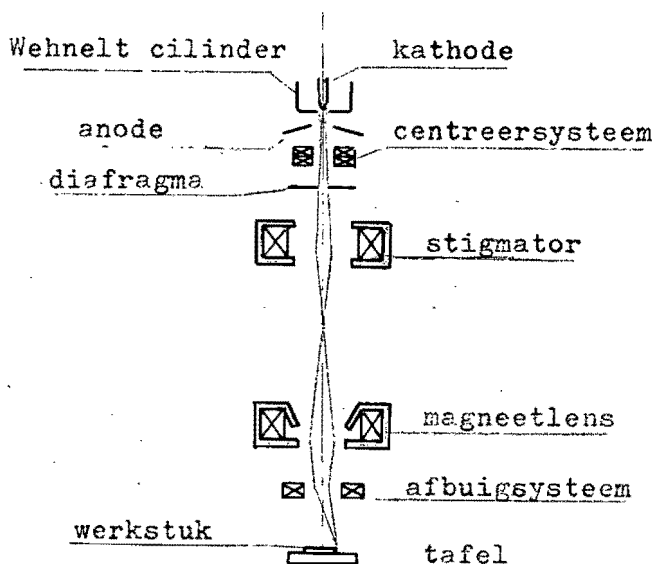
Bij dit proces heeft de straal ter plaatse van het te boren materiaal een vermogensdichtheid van meer dan 10^6 Watt per cm^2 en een diameter van 10 tot 100 micrometer.

Principe van de installatie.

De stralingsbron bestaat uit een kathode, een Wehneltcilinder en een doorboorde anode.

De anode is geaard en de kathode en Wehneltcilinder liggen aan een negatieve hoogspanning van ongeveer 150 KV. De aan de kathode uittredende electronen worden door het elektrisch veld versneld. Met de Wehneltcilinder wordt de straal in eerste instantie gestuurd en gebundeld en d.m.v. een impulsgenerator impulsvormig gemoduleerd.

Door een onder de anode liggend centresysteem wordt de straal volgens de as van het systeem gericht, terwijl het daaronder liggend diafragma en de stigmator ervoor zorgen dat de doorsnede van de stralenbundel cirkelvormig blijft. M.b.v. een magneetlens kan de straal scherp gesteld worden en met een afbuigstelsel in de gewenste



positie op het werkstuk worden gericht. Afbuiging tot enkele millimeters is mogelijk. Voor het sturen van de straal worden verschillende afbuigsystemen gebruikt. Voor het maken van ronde gaten kan met succes een magnetisch draaiveld worden gebruikt. Dit veld zorgt er dan voor dat de electronenbaan een cirkel beschrijft op het werkstuk. Bovenstaande elektrische apparatuur is ingebouwd in een cilindrische zuil. Het systeem werkt onder hoog vacuum, n.l. 0,1 tot 0,01 μ m kwikkolom.

Toepassing.

Met dit systeem kunnen normaal gaten geboord worden tot een minimale diameter van enkele micrometers en een diepte tot ongeveer 100 x de diameter. Zowel ronde als profielvormige, cilindrische en conische, doorlopende en blinde gaten kunnen op deze wijze gemaakt worden in alle mogelijke materialen en met zeer hoge nauwkeurigheid.

De boorsnelheid ligt in de orde van grootte van 1 mm per minuut.

De gecompliceerdheid van de installatie, de hoge spanning, het vacuum, en de noodzaak tot afscherming tegen secundaire emissie (röntgenstraling) beperken het praktische toepassingsgebied.

Enkele toepassingsmogelijkheden zijn: gaatjes in diamanten om draad te trekken, spuitdopjes voor de fabricage van kunststofvezels, verstuivers voor verbrandingsmotoren, lagersteentjes van diamant en de gaatjes in opdampmaskers voor de halfgeleidertechniek.

Literatuur

Der Elektronenstrahl als thermisches Mikrowerkzeug.

"Nachrichtentechnik" - 13 (1963) Heft 4.

S. Schiller, S.K. Panzer und Heisig, Dresden.

Der Elektronenstrahl als neuartiges Werkzeug.

Werkstattstechnik - 51 (1963) Heft 9.

W. Opitz.

Met een elektronenstraal boren en lassen.

Metaalbewerking 26 (1960) nr. 11.

ir. H. Huizing.

Electron Beam Machining.

American Machinist. (1959) maart.

Boren met behulp van een lichtstraal (Laser).

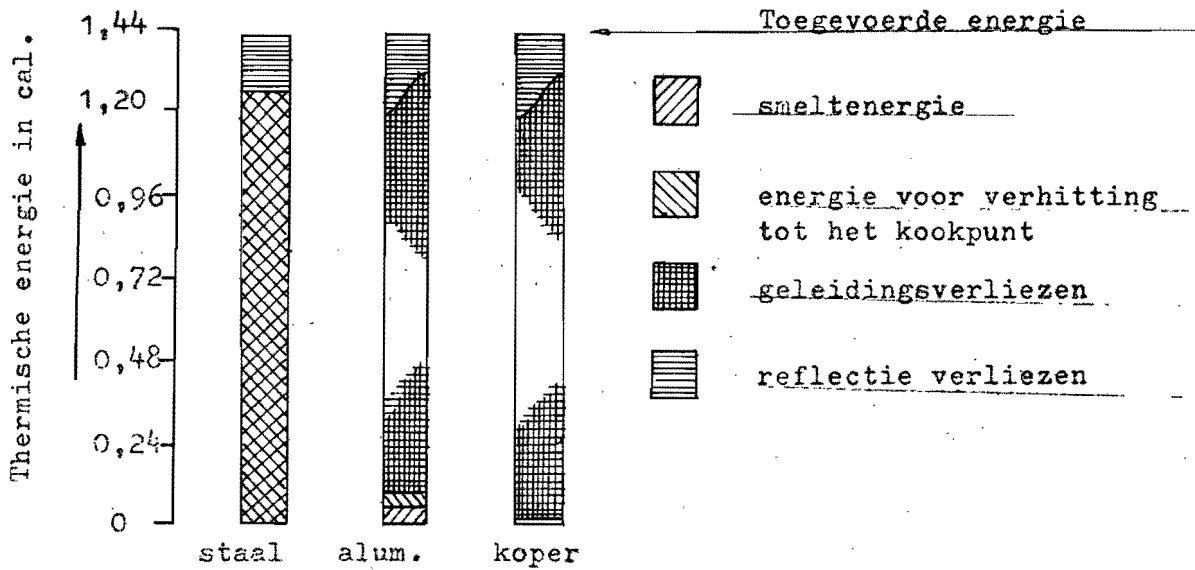
Principe van het proces.

Een lichtstraal van voldoende grote intensiteit kan een materiaal plaatselijk zo sterk verhitten, dat snelle plaatselijke verdamping van dat materiaal optreedt. De per oppervlakte eenheid overgedragen energie moet dan voldoende groot zijn. Op deze wijze zijn temperaturen van 8000°C . bereikt.

Om smelten of structuurverandering in het randgebied t.g.v. de temperatuur tot een minimum te beperken wordt niet continu, maar intermitterend geboord. Het warmtegeleidingsvermogen en het kookpunt van het materiaal zijn bepalend voor de intensiteit en de impulsduur van de lichtstraal.

Het apparaat waarmee een dergelijke geconcentreerde lichtstraal kan worden gemaakt wordt "Laser" genoemd, zijnde de afkorting van "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation". De eerste door Schawlow en Townes in 1958 ontworpen en in het Hughes Research Laboratorium ontwikkelde Laser was de robijn-laser.

Recente onderzoeken, uitgevoerd door C.J. Bakum en R.D. Engquist voor het Technology Department, Hughes Aircraft Company in California, hebben aangetoond dat de boorbaarheid van materialen sterk beïnvloed wordt door het warmtegeleidingsvermogen. Daarnaast spelen ook de reflectieverliezen, het smeltpunt en het kookpunt van de materialen een rol. Indien het materiaal een groot warmtegeleidingsvermogen heeft is het i.v.m. de snelle warmteafvoer noodzakelijk met grote intensiteit en korte pulsduur te werken. Bovenstaande houdt in dat ijzer, ondanks het hoge kookpunt, gemakkelijker verdampt dan koper en aluminium. Het relatief lage warmtegeleidingsvermogen van ijzer compenseert in ruime mate het effect van het hoge kookpunt. Bij het maken van gaten op deze wijze speelt ook de grootte van het gesmolten gebied een belangrijke rol. Bovenstaande onderzoekers kregen hieromtrent een juist inzicht door van verschillende metalen (ijzer, aluminium en koper) de isothermen op te nemen behorende bij resp. het smeltpunt en het kookpunt van deze metalen, indien in een bepaalde tijd, bijvoorbeeld 0,01 of 0,001 seconde, een bepaalde hoeveelheid warmte (nl. 1,4 calorieën) d.m.v. een lichtstraal als continue puntlading werd geïnduceerd. De bijbehorende warmtekalansen voor de drie metalen zijn in fig. 1 gegeven.

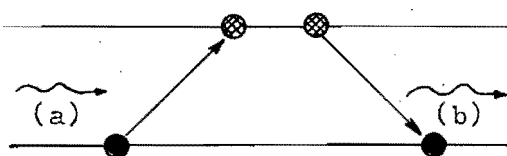


figuur 1.

Principe van de installatie.

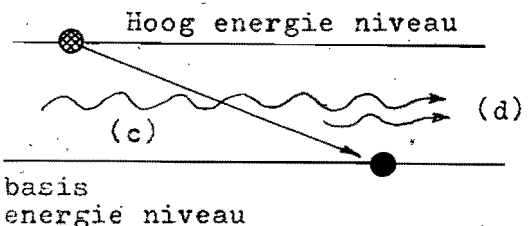
Atomen die thermisch in evenwicht zijn bezitten normaal het laagste energieniveau. Zij kunnen op een hoger niveau gebracht worden door toediening van bepaalde energiekwanta, bijvoorbeeld d.m.v. electromagnetische straling. Dit is echter een niet stabiele toestand voor het atoom, zodat het weer op zijn basisniveau terugvalt. Hierbij zendt het een "foton" electromagnetische straling uit. Dit verschijnsel wordt fluorescentie genoemd en is in principe in figuur 2 afgebeeld.

Indien een atoom in het hoogste energieniveau wordt getroffen door een foton van de juiste energie, zal het terugvallen naar het basisniveau en tegelijk een "foton" electromagnetische straling uitzenden die de oorspronkelijke straling versterkt. Beide stralen zijn coherent, d.w.z. ze hebben dezelfde richting, zijn in fase en hebben dezelfde golflengte. Het resultaat is dus een versterking van een enkele golflengte van de oorspronkelijke straling. Dit is het laser-principe, hetwelk in principe is afgebeeld in figuur 3



a = opgenomen energie kwantum
b = geëmitteerd energie kwantum

figuur 2.



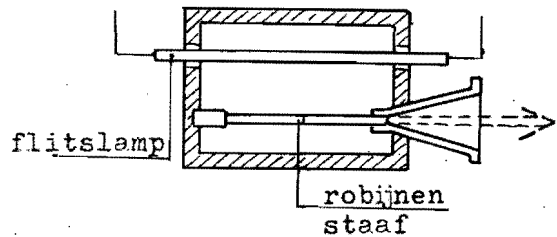
basis energie niveau

c = energiekwantum van bepaalde golflengte

d = versterkte energie (straling)

figuur 3.

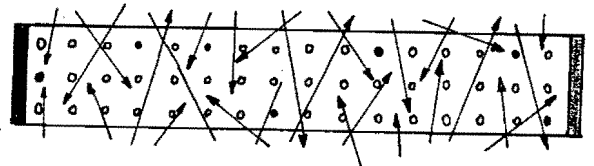
Bovenstaand principe is verwezenlijkt door gebruik te maken van een, tegenwoordig vaak kunstmatig gemaakte, robijnen staaf met een bepaald percentage "actieve" chroom ionen. De staaf is aan het ene eind 100% spiegelend, aan de andere kant 50% spiegelend gemaakt. Deze staaf wordt in een inwendig spiegelende ruimte trillingsvrij opgehangen, samen met een flitslamp, zoals afgebeeld in figuur 4. De flitslamp levert de energie in de vorm van licht met een zeer hoge impulsintensiteit, ook wel het zg "pompen" genoemd.



figuur 4.

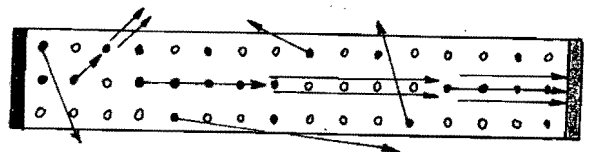
In figuur 5a t/m d is weergegeven hoe het systeem werkt.

Figuur 5a geeft weer hoe de actieve ionen door het flitslicht worden "opgepompt" tot een hoger energieniveau door het opnemen van energie uit het flitslicht. In figuur 5b is weergegeven het terugvallen tot basisniveau, waarbij fotonen van een zeer bepaalde golflengte worden uitgezonden.



figuur 5a

De fotonen niet evenwijdig aan de as van de robijn verdwijnen, die welke wel de asrichting hebben, worden geheel of gedeeltelijk teruggekaatst. Waar deze laatste fotonen een aangestlagen atoom treffen, gaan deze ook weer coherente straling uitzenden, zodat er als het ware een kettingreactie ontstaat.



figuur 5b

In figuur 5c en d is dit in principe weergegeven.



figuur 5c

Het gevolg is een lichtstraal van zeer hoge intensiteit, die uit-treedt aan de halfspiegelende kant van de staaf.



figuur 5d

Met behulp van optische lenzen kan de intensiteit van de straal dan nog verder vergroot worden.

Naast het robijn als laser materiaal zijn inmiddels andere materialen ontdekt die aanmerkelijk effectiever werken. Als voorbeeld kan genoemd worden het door Dr. Sorokin en Stevenson gebruikte Uran-III kristal en het samarium kristal, waarbij als "pomp" een Xenonlamp dienst doet. Het nodige "pompvermogen" was hier slechts 1/500 deel van dat bij gebruik van een robijnen staaf.

Daarnaast is pas kortgeleden de zg gas-laser ontwikkeld door Javan en Benett jr. Dit is een gasontladingsbuis met helium en neongas gevuld, waardoor een elektrische stroom loopt.

Onderstaende tabel maakt een vergelijking mogelijk tussen het boren met een electronenstraal en met behulp van licht voor wat betreft de minimum straaldiameter en het maximum vermogen per oppervlakte eenheid van de straaldoorsnede.

soort machine	electronenstraal	lichtstraal
d min. in 10^{-6} mm	11	17
vermogen in Watt/m ²	$1,7 \cdot 10^{13}$	10^{16} of meer

Toepassing.

Met behulp van deze methode kunnen gaten geboord worden in nagenoeg alle materialen. Het toepassingsgebied ligt, naast het lassen, vooral bij het boren van kleine gaten in vrij dunne metalen. Als voorbeeld kan genoemd worden het boren van gaten met een diameter van ongeveer 0,02 mm in metaalplaat tot ongeveer 1 mm dikte. Een voordeel t.o.v. het boren met de electronenstraal is dat niet geboord hoeft te worden in vacuumruimte. Wel moet het proces plaats vinden in een inert gas.

Als specifiek toepassingsgebied kan nog genoemd worden het maken van zeer nauwe groeven, het bewerken van poreus refractie-materiaal zoals emitterschijfjes van electronenbuizen en in het algemeen de bewerking van microminiatuur electronische apparatuur.

Literatuur

Metallurgical Applications of Lasers.

Proceedings of the National Electronics Conference vol.18 (1962)

C.J. Bahun and R.D. Engquist.

Electron, Ion and Light Beams as present and Future Material Working Tools.

Proceedings of the National Electronics Conference vol. 18 (1962)

H. Schwarz and A.J. De Maria.

Light beams jab holes in metal.

American Machinist 106 (1962) no. 7.

Das Prinzip des "Laser"

Feinwerktechnik 66 (1962) Heft 12.

Boren met behulp van roterend gereedschap.

Alleen het boren van kleine gaatjes wordt gezien.

"The Material Jet Corporation" in Amerika brengt machines en gereedschap in de handel waarmee gaten geboord kunnen worden met een diameter tot minimaal 0,0025 mm. ??

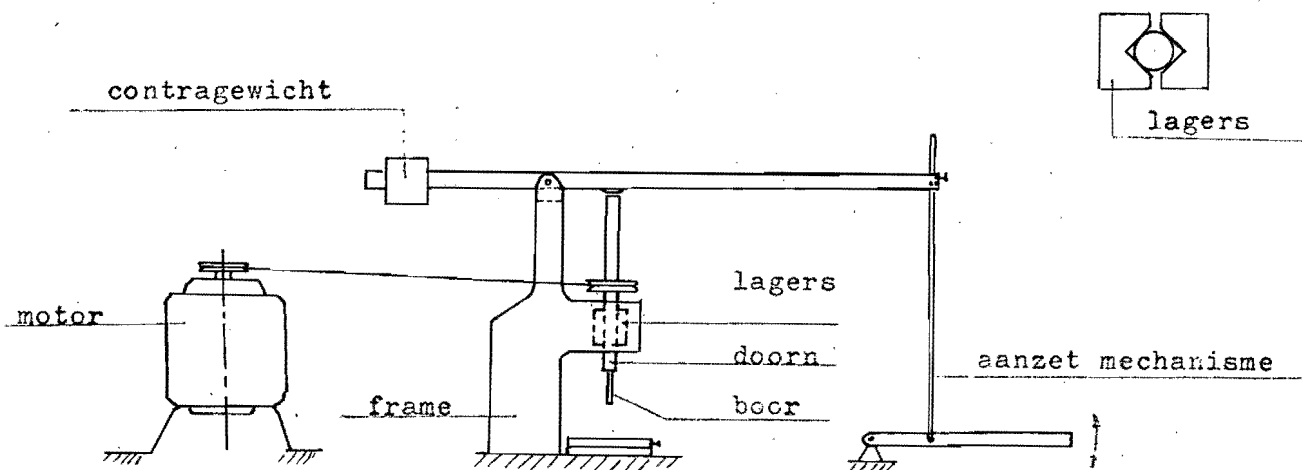
Principe van het proces.

Het boren geschiedt op de traditionele wijze met behulp van een boor met één of meer snijkanten. De boor krijgt een roterende hoofdbeweging en een aanzet in de langsrichting.

Principe van de apparatuur.

De eigenlijke boor is opgenomen in een doorn, welke in de machine is gelagerd tussen twee V blokjes van diamant of saffier. Om een nauwkeurig centrisch roterende boor te krijgen wordt deze, na in de doorn te zijn gemonteerd, in de machine geplaatst en aldaar geheel afgewerkt.

Het gereedschap wordt aangedreven met behulp van een nylon snaar, die loopt over een snaarschijfje hetwelk met behulp van een soort spantang op de doorn is gemonteerd. De aandrijvende motor is op een aparte fundatie geplaatst. De snaarschijf van de motor is wat hoger geplaatst dan de snaarschijf op de doorn. Daardoor houdt de gemiddelde trekkracht in de snaar de doorn tegen een hefboom van het aanzetmechanisme gedrukt.



figuur 1.

Het aanzetmechanisme bestaat uit een hefboomsysteem met een overbrengingsverhouding 1 : 20 (vertraging). Een en ander is in figuur 1 weergegeven.

Bij de installatie behoort een stereoscopische microscoop met een 20-voudige vergroting, zodat de aanzetbewegingen van de boorpunt ogenschijnlijk van dezelfde orde van grootte zijn als die van de aanzethefboom.

Toepassing.

Het bedienen van deze machine moet geschieden door uiterst vakkundig personeel. Dit ondermeer in verband met het feit dat ten gevolge van de vertraging in de aanzetbeweging de krachten op het gereedschap 20 maal zo groot zijn als de op de aanzethefboom uitgeoefende kracht.

Als toepassingsgebied kan onder andere genoemd worden de fabricage van brandstofsproeiers voor dieselmotoren en de instrumenten- en horlogeindustrie.

Het maken van spindoppen voor de productie van kunstzijde bijvoorbeeld maakt het boren van gaten met een diameter van 0,04 tot 0,05 mm noodzakelijk. Een speciaal toepassingsgebied vormt de analyse van materialen met behulp van spectroscopie. Daartoe wordt in het te analyseren materiaal een gaatje geboord en de aldus verkregen spaantjes worden door het spectroscopie geanalyseerd. Op deze wijze is het zelfs mogelijk om oppervlaktelagen van 0.05 mm dikte te analyseren.

Evenals bij het boren met spiraalboren met een grotere diameter is de verhouding gatdiepte/diameter beperkt, terwijl alleen niet te harde materialen geboord kunnen worden.

Literatuur

Micro-drilling
Development Ultra - High - Precision Steel and Tungsten - Carbide Drills for Extremely Small Diameters.
Aircraft Production, January 1963.

Micro drilling with National Jet Equipment.
Machinery vol. 88 (1956).

Nabeschuwing.

Op bladzijde 18 zijn van de genoemde technieken voor zover bekend is uit de literatuur, de kleinst te boren gatdiameter, de maximale boorsnelheid en de te boren materialen in tabelvorm weergegeven.

Bij al deze technieken geeft het maken van relatief lange gaten nog bepaalde problemen.

Bij het ultrasoon boren geeft dit moeilijkheden in verband met het doorvoeren van het slijpmiddel, terwijl bovendien het gat conisch wordt. Vooral bij kleine gatdiameters geeft het transport van het slijpmiddel problemen, daar in dat geval massief gereedschap wordt gebruikt.

Bij het vonkverspanen geeft het maken van lange gaten moeilijkheden i.v.m. het afvoeren van het "verspaande" materiaal, terwijl ook hier het gat iets conisch wordt. Bij het maken van gaten m.b.v. een electronenstraal en een lichtstraal, is de beperking voor wat betreft de maximaal mogelijke diepte waarschijnlijk een gevolg van de convergentie van de straal. Toch kunnen op deze wijze gaten geboord worden met een lengte/diameter verhouding van 50 à 100.

Bij het boren met behulp van roterend gereedschap, zijn de spanafvoer en de stijfheid van de boor nagenoeg geheel bepalend voor de maximaal mogelijk te boren gatlengte.

Niet alle voorkomende technieken op dit gebied zijn besproken. Volledigheidshalve worden nog genoemd: ponsen, etsen en coinen.

Methode	Kleinste gatdiameter in mm.	Maximale boorsnelheid in mm/min.	Materiaal	Beperkingen
Ultrasoon	0,16	0,5	Vooral harde brosse materialen.	Geen taaie materialen. Beperkte gatdiepte.
Vonkverspanen	0,05	?	Alle electrisch geleidende materialen.	Geen electrische isolatoren.
"Laser"	0,017	?	Alle materialen, vooral slechte warmte geleiders.	Goede warmte geleiders vrij moeilijk.
Electronen straal	0,010	1	Alle materialen.	Hoog vacuum.
Roterend gereedschap	0,003	?	Goed verspaanbare materialen	Beperkte gatdiepte. Breuk van het gereedschap.

INHOUDSOPGAVE

	blz.
Samenvatting	1
Ultrasoon boren	2
Vonkverspanen	5
Met een electronenstraal boren	8
Boren met behulp van een lichtstraal	10
Boren met behulp van roterend gereedschap	15
Nabeschouwing	17