

DK 621.9.018.5

Elektroerozivna obdelava kovin

FRANC GOLOGRANC

(Nadaljevanje in konec)

III. ELEKTROEROZIVNE NAPRAVE

Naprave za elektroerozivno obdelavo kovin sestojijo v glavnem iz dveh bistvenih delov:

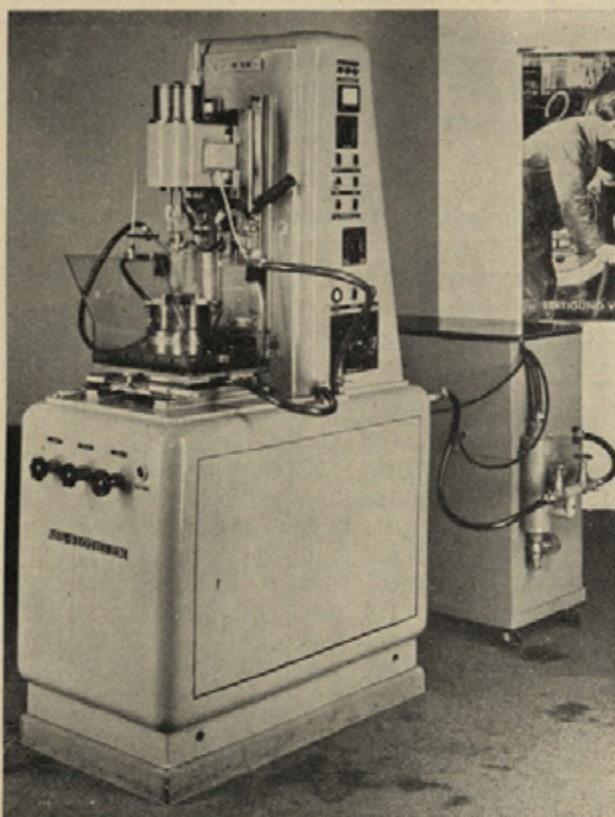
1. električnega,
2. mehaničnega.

Električni del sestavljajo predvsem pretvornik izmenične napetosti v enosmerno oziroma visokofrekvenčni generator za proizvodnjo električnih impulzov, usmerniki, transformatorji, upori, indukcijske tuljave ter krmilne naprave in kontrolni instrumenti. Kakor je že omenjeno, je sestava določenih električnih elementov (kondenzatorjev, uporov itd.) odvisna od električne vezave. Električni del je običajno spravljen v posebni omari, ki je popolnoma ločena od mehaničnega dela. Kontrolni instrumenti in krmilne naprave so pri večini erozivnih naprav nameščene v komandnem pultu, ki omogoča enostavno in pregledno nastavljanje delovnih pogojev, potrebnih za obdelavo. Pri napravah z elektronskim krmiljenjem sestavlja električni del zelo zapleteno aparatur, ki jo je treba skrbno upravljati in nadzorovati.

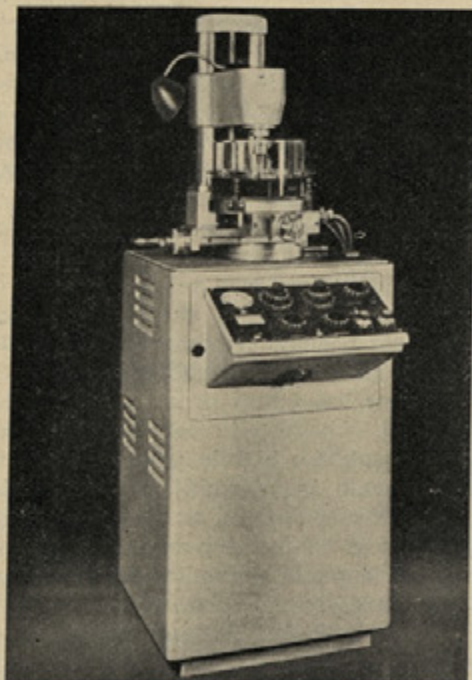
Mehanični del sestoji v bistvu iz:

- a) ogrodja ali stojala z iskriščem, ki ga tvorita obe elektrodi — obdelovanec in orodje; izvedba orodja, dispozicija in možnosti za medsebojno gibanje med obdelovancem in orodjem, so lahko različne in znanih je več variant, ki so značilne za nekatere postopke;
- b) avtomatične regulacijske naprave za pristanavljanje orodja;
- c) naprave za obtok in čiščenje dielektrične tekočine, ki je v glavnem sestavljena iz črpalke in filtra, posode za dielektrično tekočino in ustreznih cevodov.

Po zunanjem videzu spominjajo elektroerozivne naprave na nekatere vrste obdelovalnih strojev za



Sl. 20. Elektroerozivna naprava ELBOMAT 406 (AEG-Elotherm)



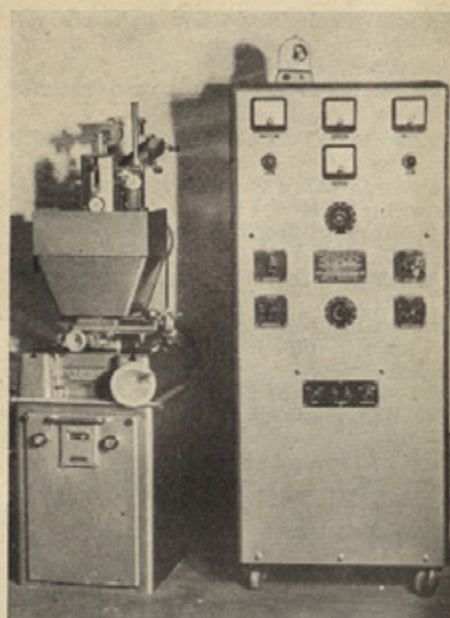
Sl. 19. Elektroerozivna naprava za finomehanična dela (AEG-Elotherm)

mehansko obdelavo. Tako obstaja določena analogija n. pr. glede načina relativnega gibanja med orodjem in obdelovancem. Med seboj se posamezne erozivne naprave razlikujejo zlasti glede na kinematične razmere, velikost in namen uporabe, povrh razlik v izvedbi električnega dela, o katerih smo govorili že v začetku.

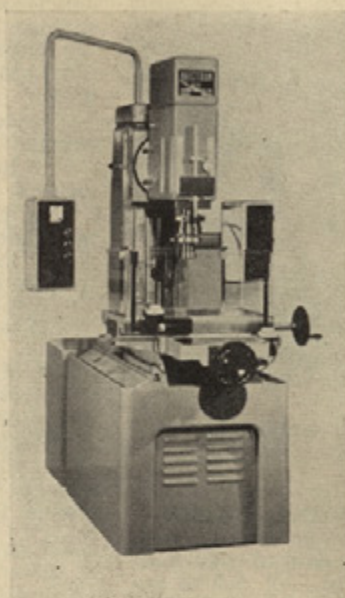
Najobičajnejši primer glede na dispozicijo kinematičnih delov je elektroerozivno vrtanje, pri katerem se pristavlja elektroda pri hkrati mirujočem obdelovancu. Razen tega glavnega gibanja, ki poteka največkrat v vertikalni smeri, lahko damo elektrodi še dodatno rotacijsko gibanje okrog vzdolžne osi, krožno gibanje itd. Ker lastnosti erozivnega postopka ne zahtevajo, da bi morala elektroda rotirati, je s pomočjo ustreznih elektrode možno vdlati v obdelovanec vsako poljubno obliko. Mehanična sestava take erozivne naprave je podobna vrtnemu ali navpičnemu frezalnemu stroju.

Ker so mehanične sile, ki se pojavljajo pri erozivnem procesu, zelo majhne, elementi erozivne naprave niso izpostavljeni kakim posebnim mehaničnim obremenitvam. Potrebna je le zadostna odpornost proti vibracijam, kar velja zlasti za naprave za fino obdelavo. Po konstrukcijskem vidiku je posvečeno največ pozornosti oblikovanju glave za avtomatično pristanavljanje elektrode.

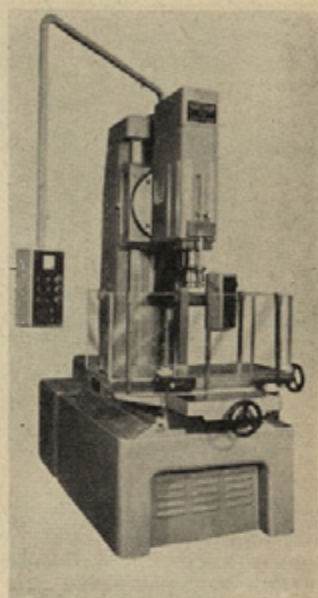
Pravilen in kontinuiran potek erozivne obdelave terja avtomatično regulacijo razstojja med elektrodo in obdelovancem, ki se ravna po načinu obdelave in mora med obratovanjem ostati nespremenjen. Glede



Sl. 21. Elektroerozivna naprava
SPARCATRON MK III — 6,5 kW
(Nassovia)



Sl. 22. Elektroerozivna naprava
AGIE — BL6



Sl. 23. Elektroerozivna naprava
AGIE — BQ12

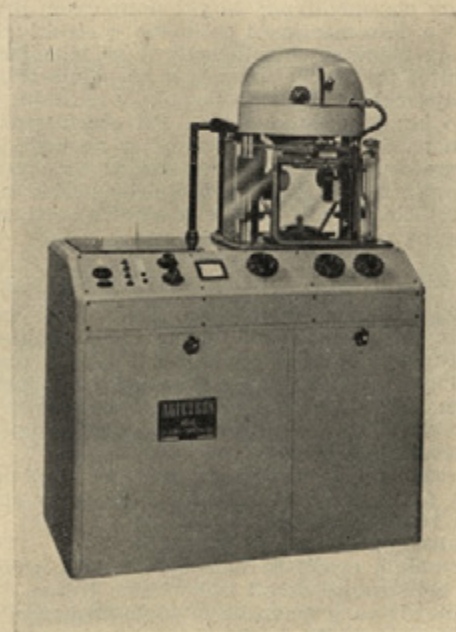
na relativni pomik je možno pristavljati elektrodo k mirujočemu obdelovancu ali obratno — mizo z obdelovancem proti mirujoči elektrodi. Zaradi neenakomernosti in neekonomičnosti ročnega pristavljanja skrbi posebna krmilna naprava za stalno regulacijo primikanja elektrode, tako da delujejo erozivne naprave popolnoma avtomatično. Ko napravo vključimo, se elektroda približa obdelovancu ter se po nekaj razelektrenjih naravna na prej nastavljeno želeno razdaljo. Erozijski obdelovalec in elektrode uravna stalen relativni primik elektrode, tako da ostane razdalja med njima konstantna. V primeru kratkega stika ali nastanka električnega loka se elektroda takoj odmakne v izhodiščni položaj. Kakor je že omenjeno, obstaja več izvedb za krmiljenje podajalnega gibanja. Preciznost in občutljivost podajalne naprave povečujeta v znatni meri natančnost obdelave.

Primer erozivne naprave za finomehanska dela z instalirano močjo 0,5 kW prikazuje slika 19. Predmet je pritrjen na mizo, ki je pomična v dveh koordinatah v vodoravni ravnini. Natančnost nastavljanja znaša 0,01 mm. Vrh tega je miza vrtljiva okrog navpične osi za 360°, s čimer sta omogočena natančno vpetje in precizna nastavitve obdelovanca. Na mizo je pritrjena posoda iz plexi stekla, ki se da z lahkoto snemati, kar je potrebno zlasti pri vpenjanju obdelovanca. Dvodielektrične tekočine v posodo je skozi vpenjalno mizo. Elektroda je centrično vpeta v nihanjski glavi s pomočjo posebne vpenjalne stročnice. Avtomatični pomik elektrode se izvaja elektromehanično, možen pa je tudi ročni pomik, ki je potreben pri nastavljanju elektrode. Elementi za upravljanje električnega dela so nameščeni v komandnem pultu na čelni strani naprave, kjer so tudi vsi instrumenti za kontrolo poteka napetosti pri razelektrenju, toka itd. Za nastavitve potrebnih delovnih pogojev je možno spreminjati napetost in jakost toka pri razelektrenju, razdaljo med elektrodo in obdelovancem, amplitudo mehničnega nihanja nihanjske glave in frekvenco iskrenja.

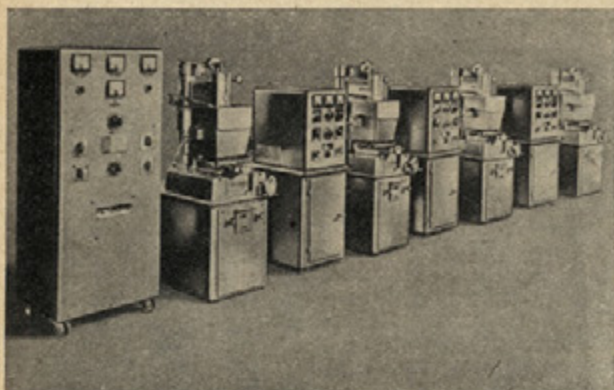
Druga, nekoliko večja naprava iste vrste, ki je namenjena predvsem izdelavi rezalnih orodij, utopov za kovanje in stiskanje itd., je prikazana na sliki 20. Z instalirano močjo 6 kW dopušča maksimalno erozijo okrog 300 mm³/min — pri obdelavi jekla z bakreno

elektrodo. Natančnost pri fini obdelavi dosega $\pm 0,01$ mm. Obraba elektrode pri grobi obdelavi je manjša od 15 %. Iz posnetka je lepo razvidna smotrna in pregledna namestitev elementov za upravljanje in kontrolo delovnih operacij. Naprava je opremljena tudi s pripomočkom za vrtenje elektrode, ki se uporablja pri izdelavi zelo natančnih okroglih izvrtin.

Slike 21 do 24 predstavljajo nekaj drugih inozemskih tipov erozivnih naprav. Primer erozivne naprave za obdelavo karbidnih trdin pa je bil prikazan že v SV 1956, štev. 2, str. 56, slika 17. V množinski proizvodnji daje hkratna uporaba več erozivnih naprav



Sl. 24. Elektroerozivna naprava za ostrenje frezal
AGIE — CA 48



Sl. 25. Vzoredna vezava štirih erozivnih naprav SPARCATRON MK III (Nassovia)

številne možnosti za razne kombinacije pri obdelavi. Slika 25 prikazuje izvedbo, pri kateri so štiri erozivne naprave vzoredno priključene na skupen napajalni agregat. Vsaka naprava zase ima le svoj del za regulacijo erozivnega poteka.

Razen opisanega je možen tudi drug način relativnega gibanja med elektrodo in obdelovancem, ki po kinematični strani ustreza razmeram pri brušenju. Elektroda je izoblikovana kot brusna plošča, in sicer iz kovine, ter je nasajena na vodoravnem vretenu. Predmet je zopet nameščen na mizi v posodi z dielektrično tekočino, v katero sega tudi elektroda. Podajanje se izvaja s pomočjo primikanja delovne mize. Načelo delovanja je torej enako kakor pri brušenju. Pri tem se lahko predmet premika vzoredno z osjo brusa ali pa pravokotno na os, t. j. v smeri mize, kar ustreza čelnemu ali obodnemu brušenju. Z ustrezno namestitvijo rotirajoče elektrode in obdelovanca je možno izvajati vsak poljuben brusni postopek, ne glede na to, ali gre za zunanje brušenje, brušenje navojev, zobnikov itd.

Prednost elektroerozivnega brušenja je v tem, da material obdelovanca ni izpostavljen mehničnim in termičnim obremenitvam, ki pri normalnem brušenju povzročajo deformacije in poškodbe v strukturi mejnega sloja površine. Zlasti nevarne so termične preobremenitve pri brušenju orodij iz karbidnih trdin, ker povzročajo makro in mikro razpoke v karbidni trdini, ki lahko kmalu uničijo orodje. Pri elektroerozivnem brušenju pa do takih preobremenitev ne prihaja, ker ni neposrednega mehničnega stika oziroma površinskega trenja med elektrodo in obdelovancem in vpliv iskrne toplote zaradi izredne kratkotrajnosti iskrnih impulzov ne gre v notranjost kovine.

IV. PRIMERI ELEKTROEROZIVNE OBDELAVE

Elektroerozivna metoda je dandanes v uporabi predvsem pri izdelavi orodij za preoblikovanje in odrezovanje ter v mnogih specialnih primerih obdelave v množinski proizvodnji, zlasti tam, kjer so potrebne zapletene oblike konstrukcijskih elementov.

V proizvodnji orodij se erozivna metoda uporablja v glavnem za izdelavo:

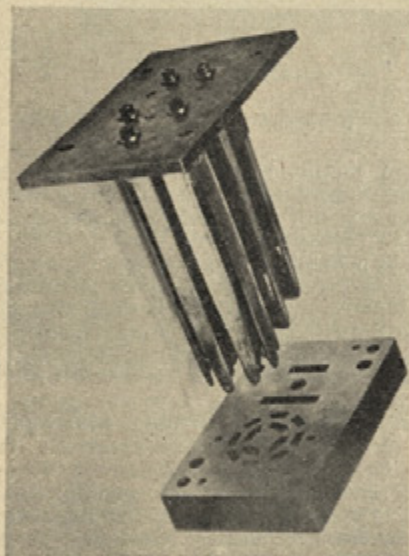
- vsakovrstnih orodij za rezanje in štančanje, rezal za obrezovanje in luknjanje, prodorov rezalnih plošč in rezalnih pestičev,
- stiskalniških orodij in matric,
- rezalnih orodij in vložkov, stružnih nožev, zapleteno oblikovanih dolbil iz karbidne trdine,
- matric za pramensko in toplo stiskanje, železa in šob za vlečenje itd.,
- utopov za kalibriranje in kovanje najrazličnejših geometričnih oblik, poglobitev izdolbin pri utopih v zakaljenem stanju,

- utopov in oblikovalnih vložkov za toplo stiskanje,
- preciznih gravur ter za
- spremembe in popravila vseh zgoraj naštetih orodij.

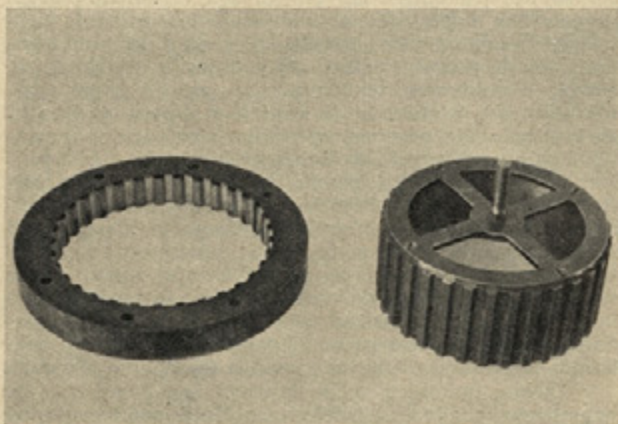
Nadaljnje področje uporabnosti erozivne metode obsega:

- luknjanje raznih delov iz trdih in žilavih materialov, zlasti izvrtine izpod $\varnothing 1$ mm in nad $\varnothing 50$ mm,
- zunanje in notranje profiliranje delov iz trdih materialov,
- izdelavo ozkih rež, ravno ali neravno rezanje trdih in žilavih materialov,
- plano, okroglo in profilno brušenje,
- izdelavo zelo majhnih izvrtin ($\varnothing 0,01$ mm) in navojev v karbidne trdine,
- obnavljanje skrhanih in zlomljenih orodij, odstranjevanje zalomljenih spiralnih in navojnih sve-drov itd.

Našteti primeri so seveda le del tehnoloških operacij, ki jih je možno izvajati s pomočjo elektroerozivne metode. Z nenehnim izpopolnjevanjem postopka se utegne njena uporabnost razširiti še na daljnja področja.



Sl. 26. Primer sestavljene profilne elektrode za več prodorov (Nassovia)

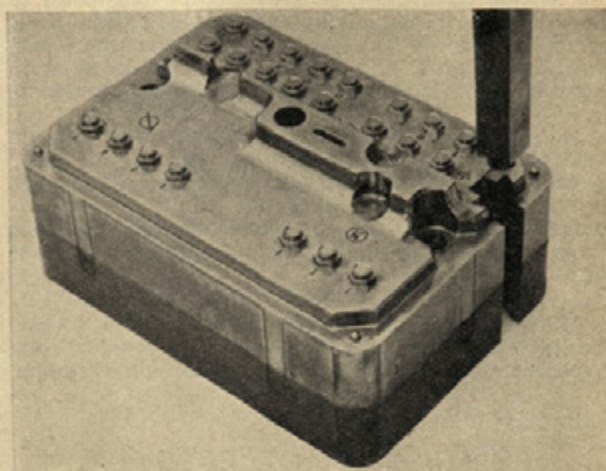


Sl. 27. Obroč za štančanje lamelne pločvine za sklopke (Nassovia)

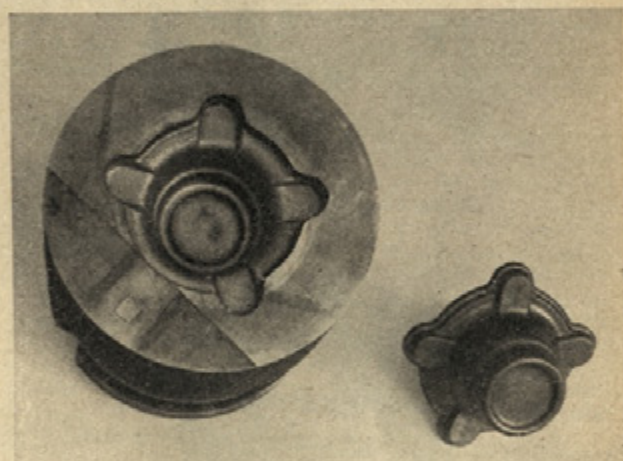
Prednosti in možnosti za vsestransko uporabo erozivnega načina obdelave naj osvetli še nekaj posnetkov iz prakse. Slike 26 do 29 predstavljajo primere orodij za rezanje in štančanje, ki so izdelana iz kaljenega jekla. Kaljenje orodij ne povzroča več težav, ker se orodja lahko kalijo v celoti in se prodori rezalnih orodij ter vdolbine pri orodjih za stiskanje vdoljavajo neposredno v kaljeni material. Tako ni več morebitnih deformacij in napetosti v nevarnih prerezi, ki čisto povzročajo razpokanje jekla pri kaljenju. Pri naknadni obdelavi ali obnavljanju izrabljenih orodij le-tih ni treba več izžarevati in ponovno kaliti, ker se lahko obdelavajo v kaljenem stanju. Slika 30 prikazuje primer zapletenega orodja, na katerem so bile po kaljenju izvršene še nekatere spremembe s pomočjo elektroerozivne metode.

Elektroerozivni način obdelave omogoča ceneno izdelavo orodij tudi v množinski proizvodnji. Izmenjava orodij, ki so izdelana iz jekla in so iz tehnoloških razlogov šele nato kaljena, povzroča v množinski proizvodnji nezaželene prekinitve v obratovanju in je združena z določenim številom rezervnih orodij. Njihove oblike in profili se kmalu obrabijo oziroma pokvari in potrebno je izdelati nova orodja. S pomočjo elektroerozivne metode ni možno samo popraviti ozir. poglobiti izrabljena orodja, temveč izdelati orodja iz kvalitetnejšega materiala z mnogo večjo obstojnostjo.

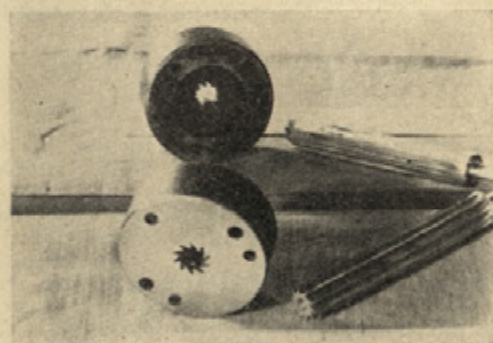
Izdelava izdolbin za utope se izvaja s pomočjo ustrezno oblikovanih elektrod. Običajno je za izdelavo ene oblike potrebnih več elektrod. Naloga prve elektrode je, dati formi grobo obliko, t. j. odvzeti pretežni del materiala, ne glede na natančnost dosežene površine. Naslednje elektrode služijo za fino obdelavo,



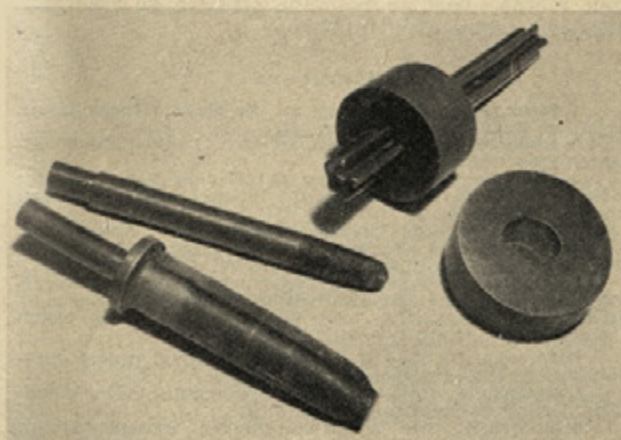
Sl. 30. Popravilo izgotovljenega in kaljenega orodja (Nassovia)



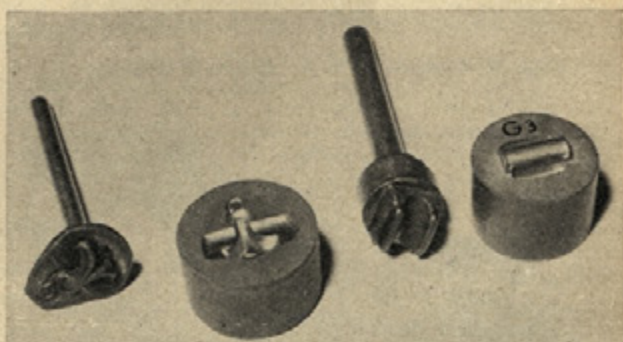
Sl. 31. Utop za avtomobilski del (AEG-Elotherm)



Sl. 28. Matrica za štančanje (AGIE)



Sl. 29. Profilna votlica z elektrodami in matrico za rezanje (AEG-Elotherm)



Sl. 32. Dva majhna utopa z elektrodama (AEG-Elotherm)

t. j. za dosego zahtevane merske in oblikovne natančnosti ter dobre površine. Slike 31 do 35 predstavljajo nekaj utopov za stiskanje, ki so izdelani s pomočjo elektroerozivne metode.

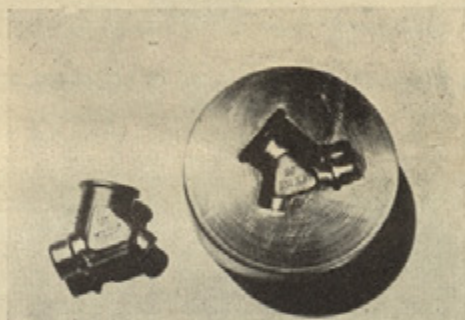
Mnoga orodja, ki so se iz tehnoloških ozirov dala obdelovati samo deljena in so zaradi sestavljanja ter-

jala izredno natančnost, je sedaj možno izdelovati iz enega kosa. Pri izdelavi ur, aparatov in raznih finomehaničnih naprav so pogosto potrebne izvrtine z zelo majhnimi premeri, n. pr. $\varnothing 0,05 \dots 1$ mm, ki se dajo elektroerozivno izdelovati zelo natančno in dovršeno, sl. 36.

S pomočjo elektroerozije je možno vrtati luknje in navojne izvrtine tudi na večjih težkih strojnih delih, če tega dela zaradi trdnosti materiala ni mogoče opraviti z navadnimi orodji. V tem primeru si je treba pomagati s primernim pripomočkom, ki omogoča ustrezno namestitev elektrode in posode za dielektrično tekočino.

Zaključek

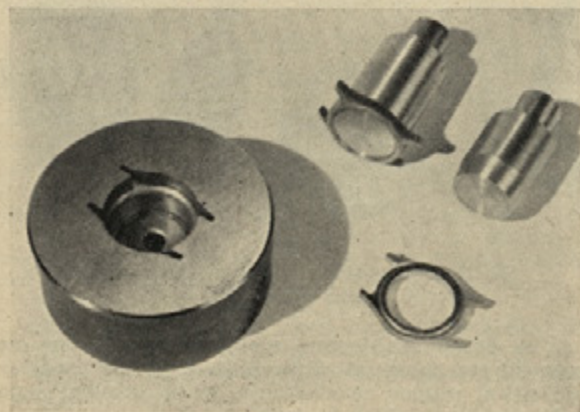
Elektroerozija je zamotan kompleksen pojav. Teorija je še v razvojni fazi, a tudi do sedaj zbrana eksperimentalna izkustva so še razmeroma skromna.



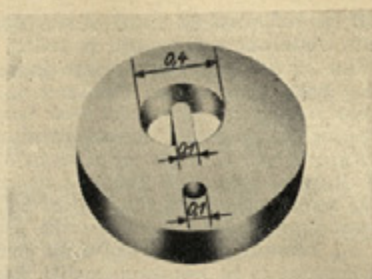
Sl. 33. Utop za fittinge (AGIE)



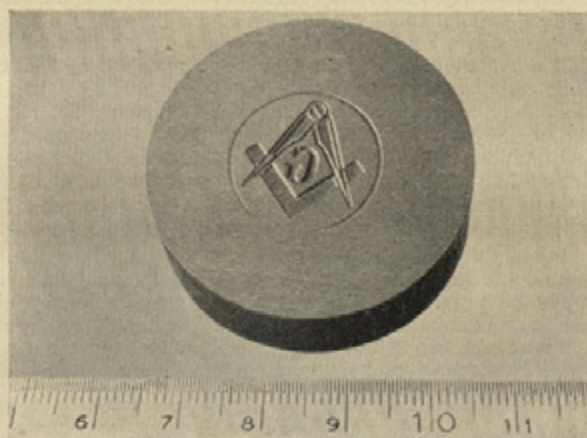
Sl. 34. Matrica za toplo stiskanje (AGIE)



Sl. 35. Utop za okrov zapestne ure (AGIE)



Sl. 36. Ploščica s šobo (AGIE)



Sl. 37. Podstavek za značko (AGIE)

Številne vplivne veličine in njihova medsebojna funkcionalna odvisnost zelo otežkočajo rešitev problematike v erozivnem procesu. Nekatera inozemska podjetja, ki so osvojila proizvodnjo erozivnih naprav, delajo zato zraven raznih inštitutov intenzivno pri problemih, ki jih je treba še rešiti. Kljub temu se je elektroerozija kot obdelovalni postopek hitro uveljavila v industriji. Razne erozivne naprave, ki so zdaj že v obratu, in doseženi rezultati dokazujejo, da erozivna metoda ne izpopolnjuje samo že znanih načinov mehanske obdelave, temveč v mnogih primerih šele odpira možnosti za uspešno in ekonomično obdelavo trdih in najtrših kovin ter bo v doglednem času postala morda neogibno potrebno sredstvo za reševanje nekaterih tehnoloških problemov.

Literatura

1. Meek, J. M.: The nature of the electric spark Trans. Liverpool Engng. Soc. 1950. Str. 122.
2. Rudorff, D. W.: Das Sparcatron Funkenschneidverfahren ETZ 1963, št. 6, str. 195.
3. Hinnüber, J. — Rüdiger, O.: Neuere Verfahren der Metallbearbeitung, insbesondere die Elektroerosion. Werkstatt und Betrieb 1954, št. 2.
4. Urbach, J.: Die Elektroerosion und ihre Anwendung. 4. Forschungsbericht »Zerspanung II« des Laboratoriums für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre TH Aachen, 1956.
5. Opitz, H. — Axer, H.: Untersuchung und Weiterentwicklung neuartiger elektr. Bearbeitungsverfahren. Forschungsberichte des Wirtschafts- und Verkehrsministeriums Nordrhein-Westfalen, Köln 1956, št. 295.
- Lazarenko, B. R. — N. I.: Elektro-iskrovyy proces obrabotki metalov. Gosenergoizdat 1950. Moskva.
- Lazarenko, B. R.: Elektro-iskrovyy sposob obrabotki metalov. Vestnik mašinostroenia 1947, št. 1.
- Schierholt, H.: Der Einsatz von Funken-Erosions-Maschinen und die Ermittlung ihrer Eigenschaften. Werkstatt und Betrieb 1956, št. 10.

Avtor: ing. Franc Goligranc, Oddelek za strojništvo Univerze v Ljubljani