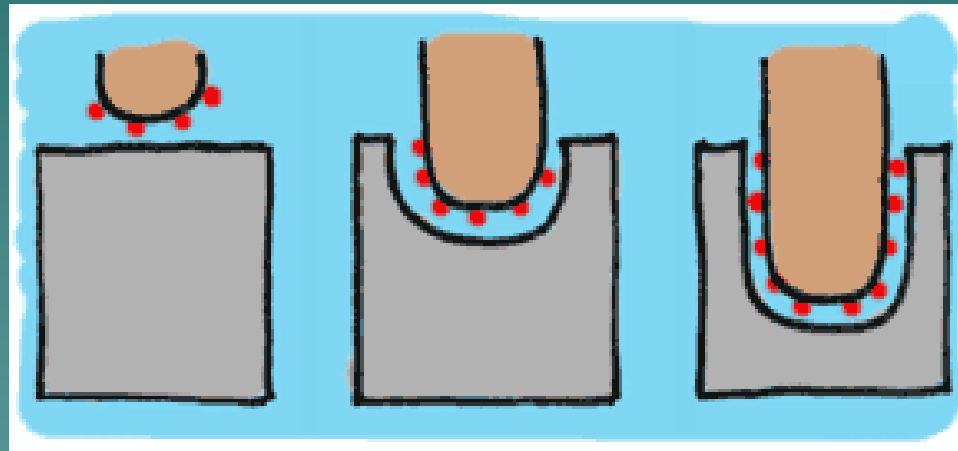


ELEKTROEROZIONA OBRADA



EDM - Electric Discharge Machining

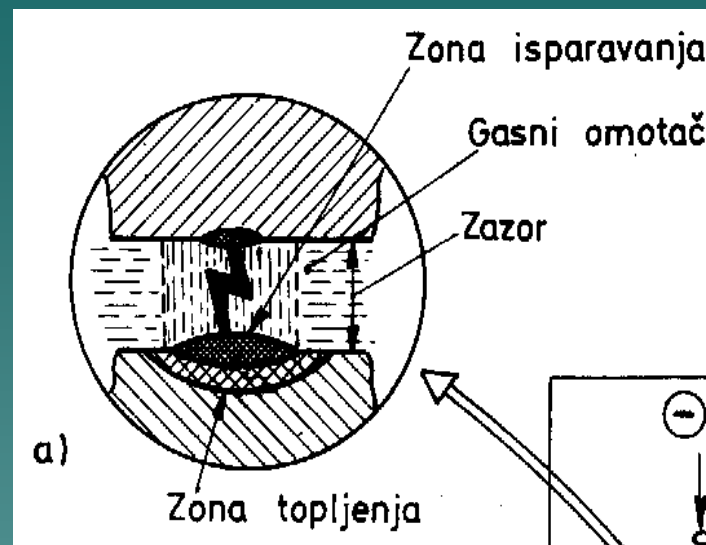
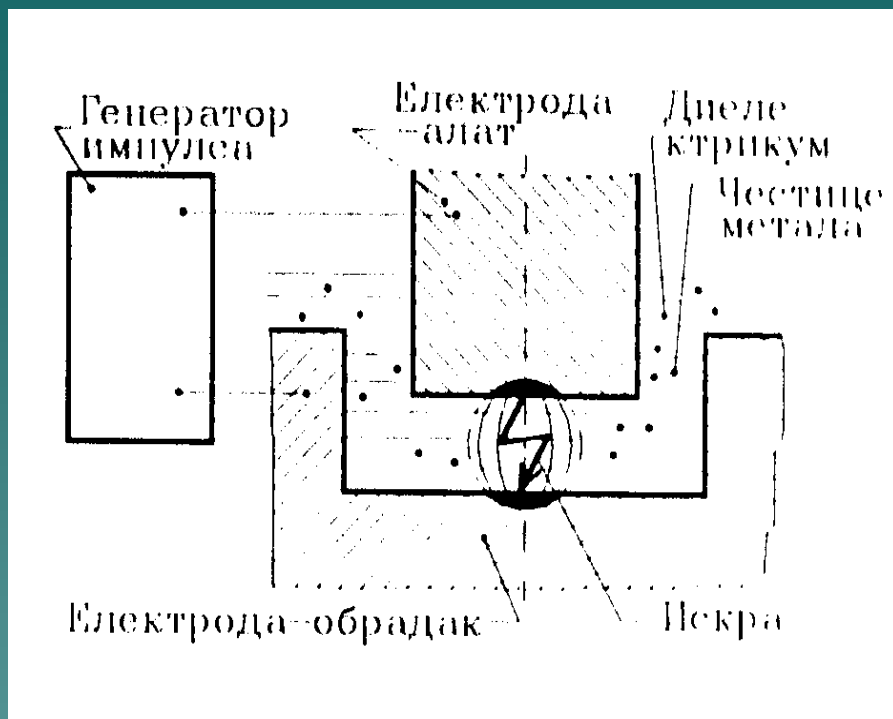
Delovi izrađeni elektroerozionom obradom



Delovi izrađeni elektroerozionom obradom



PRINCIP ELEKTROEROZIONE OBRADJE



Elektroeroziona obrada je jedna od najbržih metoda nekonvencionalnih metoda obrade odnošenjem materijala. Zasnovana je na korištenju energije električnog pražnjenja u zazoru između elektroda koje su potopljene u dielektrikumu.

Strujanjem dielektrikuma između elektroda vrši se odnošenje skinutog materijala iz zone obrade. Oblik alatne elektrode odgovara željenom obliku otvora u izradnom obliku tj. elektrodi.

Velike zasluge za ostvarenje i razvoj ove obrade imaju B. R. Lazarenko i N. I. Lazarenko. Oni su 1943. godine razvili elektrovarničnu metodu obrade provodnih materijala što je poslužio kao osnova za razvoj drugih metoda ove obrade.

Prednosti elektroerozione obrade su:

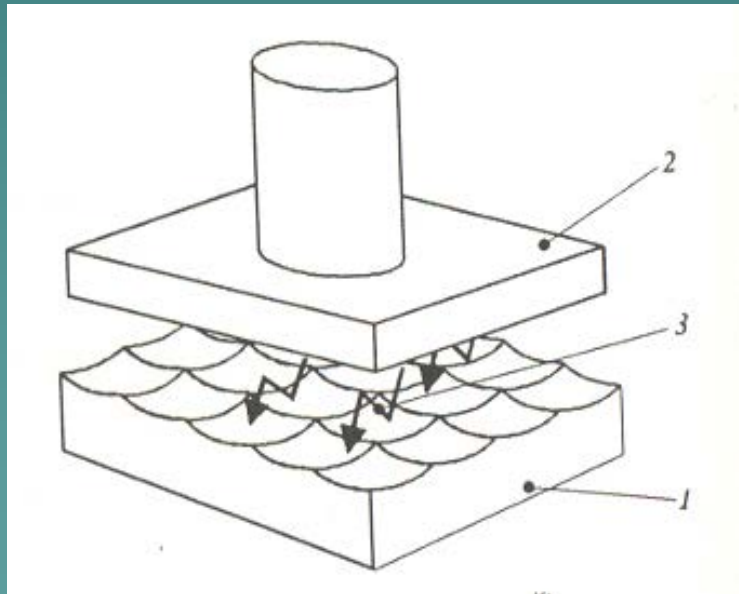
- mogućnost obrade elektroprovodnih materijala bez obzira na mehaničke osobine (tvrdoća, žilavost, krutost),
- široki dijapazon parametara režiμα, što omogućava različit kvalitet obrađene površine,
- mogućnost obrade delova složene forme,
- odsustvo potrebe za specijalnim visoko otpornim alatima,
- relativno prosta izrada elektroda (alata),
- nema mehaničkog dejstva alata na obrađivani predmet,
- značajno smanjivanje vremena rada za obradu proizvoda iz teško obradivih materijala,
- mogućnost automatizacije i mehanizacije procesa.

Nedostatci elektroerozione obrade su:

- direktna zavisnost između provodnosti, hrapavosti i tačnosti obrade,
- neophodnost ostvarivanja obrade pri potopljenim elektrodama (alat i predmet) obrade u dielektrikumu,
- zavisnost tačnosti i hrapavosti obrade od velikog broja faktora od kojih se neki mogu uvek proračunati,
- niska proizvodnost pri obradi materijala male tvrdoće (meki čelik, obojeni metali).

Kod elektroerozije obrade odnošenje materijala sa predmeta obrade (elektroda) vrši se dejstvom električnog pražnjenja iskrom u zazoru δ između elektrode alata i elektrode obradka koje su uronjene u dielektrikum koji je smešten u posudi. Pri pojavi kratkotrajne iskre u zazoru između elektrode stvara se toplota koncentrisana na lokalizovanoj površini metala koji se topi i delimično isparava. Tako se električna energija koju daje generator impulsa u međuelektrodnom zazoru pretvara u toplotu. Pri tome dolazi do znatnih mehaničkih udarnih delovanja koja nastaju zbog jonizacije dielektrikuma u zazoru između elektroda, što takođe utiče na proces odnošenja materijala. Odnošenje metala se zasniva na termičkom i mehaničkom dejstvu impulsa električnog pražnjenja na predmet koji se nalazi u dielektrikumu.

Odnosenje materijala jednom iskrom ogleda se u obliku plitkog kraterskog udubljenja ~ija je dubina nekoliko stotih delova milimetra. Pošto je kod ove obrade jasno izra`en polaritet elektroda, to se materijal intenzivnije odnosi sa elektrode – obradka. Samo se jedna iskra probija u datom trenutku i to u ta~ke na obe elektrode, gde je zazor trenutno najmanji. Dve iskre se istovremeno nikada ne pojavljuju.



1. elektroda obradak,
2. elektroda alat,
3. iskra.

Iskre se ponavljaju neprekidno, ali uvek u drugoj tački, gde je trenutno zazor najmanji, sa velikom frekvencijom i brzinom kretanja po površinama elektroda. Ako iskrenje (obrada) traje dovoljno dugo, cela površina na elektrodama biva pokrivena kraterima koji su pravilno i ravnomerno raspoređeni. Iskre uzastopno udaraju i na ivice kratera i tako, polako ali sigurno, materijal biva erodiran sa obratka.

Tokom procesa erodiranja, dolazi do povećanja zazora δ između elektroda, što bi u slučaju prekoračenja graničnog rastojanja došlo do prekida procesa. Zato je potrebno obezbediti konstantno pomeranje elektrode – alata ka površini obradka kako bi se održao konstantan zazor. Zazor između elektroda δ , tj. dužina iskre, je vrlo mali, iznosi nekoliko stotih do nekoliko desetina delova milimetra (10-200) μm .

Oblik elektrode – alata odgovara radnoj operaciji i željenom obliku izradnog dela. Dielektrikum kao radni fluid stvara električnu izolaciju kod početnih napona i rastojanja elektroda i tako sprežava prolaz električne struje. Kada napon između elektroda poraste i postigne kritičnu vrednost, pri kojoj dielektrični fluid postane joniziran, formira se visokoprovodni kanal za jaku struju – plazmu. Tada nastupa proboj iskre u kratkom trajanju od nekoliko mikrosekunde (μs) do nekoliko milisekunde (ms).

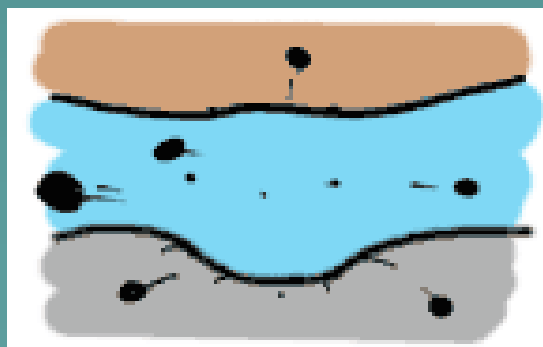
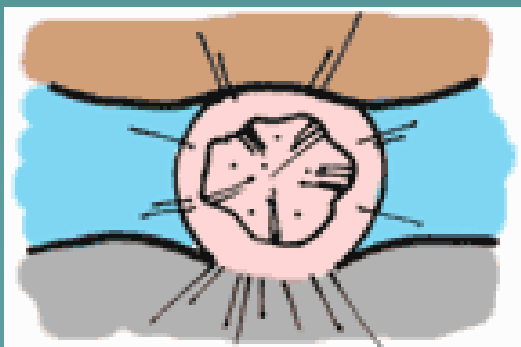
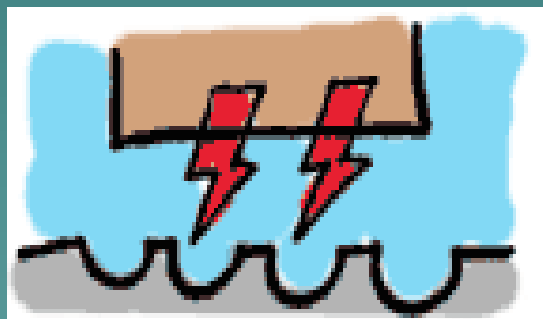
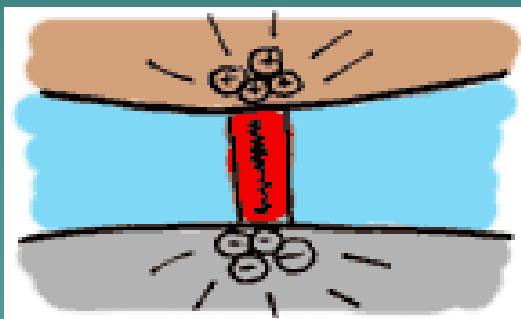
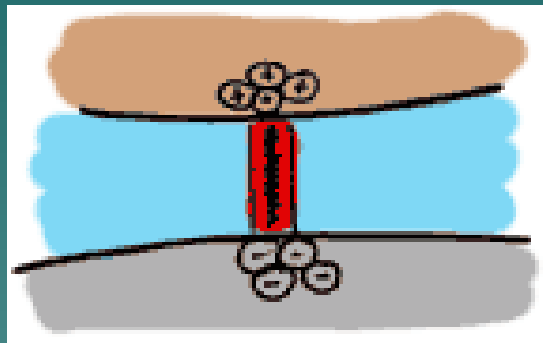
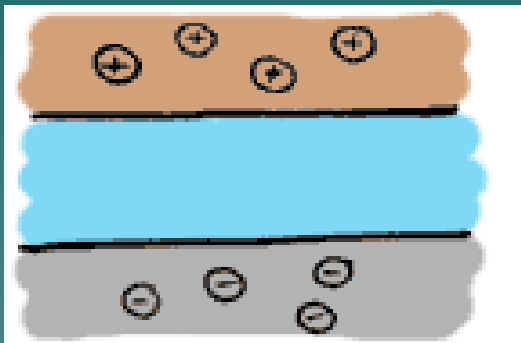
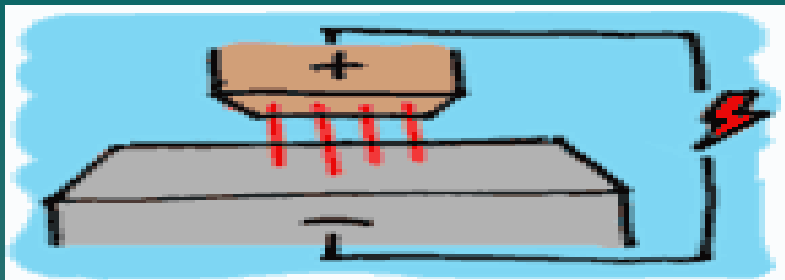
U koncentrisanom jezgru plazme razvija se temperatura do $40.000^{\circ}C$, a u tačkama proboja iskre na površini elektroda do $10.000^{\circ}C$. Probojem iskre gustina struje u uskom jezgru plazme dostiže do $10^6 A/mm^2$. Prenos toplote rezultira lokalnim topljenjem i isparavanjem u tankom površinskom sloju alata i obratka. Ćim se napon smanji ili padne na nulu, prekida se električna iskra i dielektrikum odmah uspostavlja stanje električne izolacije, tj. dejonizuje se u zazoru.

U toku pauze između dve iskre, cirkulacijom dielektrikum odvođi skinute o~vrsle ~estice metala i istovremeno hladi alat i obradak. Materijal izlu~en iz pojedinih kratera, u dodiru sa relativno hladnim fluidom, trenutno o~vrsne u sferi~nom obliku. Odvod skinutih o~vrslih ~estica iz zone obrade je neophodan jer, ukoliko bi ostale između elektroda, iskra bi se tro{ila na njihovo ponovno topljenje i isparavanje, a pri nekoj grani~noj vrednosti bi se naru{ila stabilnost procesa (pojava luka, kratak spoj).

Odvodom ~estica strujanjem dielektrikuma između elektroda odnose se iz zazora i gasni mehuri kao i oksidne soli nastale jonizacijom dielektrikuma. Osnovni zahtev za elektroerozioni proces je da nikakva struja ne sme da prođe kroz zazor između elektroda u vremenu između dve uzastopne iskre, tj. tokom pauze. U protivnom struja }e te{i kontinualno i dobi}e se stacionarni elektri~ni luk koji }e o{tetiti strukturu i kvalitet obra|ene povr{ine.

MEHANIZAM ODNOŠENJA MATERIJALA

Mehanizam odnošenja materijala iskrom u tečnom dielektrikumu može se približno predstaviti modelom do koga se došlo audio-vizuelnom studijom procesa erozije. Prvu ovakvu studiju obavio je B. R. Lazarenko na elektrovarničnoj mašini, pomoću veoma brze filmske kamere. Slična studija je obavljena kasnije u Švajcarskoj na elektroimpulsnoj mašini. Prema ovim istraživanjima mehanizam odnošenja materijala jednom iskrom pri elektroimpulsnoj metodi može se približno prikazati modelom koji se sastoji iz 3 faze, odnosno 9 pojedinačnih faza.



1. FAZA PALJENJA

- stvaranje električnog polja
- koncentracija čestica
- formiranje visokoprovodnog kanala

2. FAZA PRA@NENJA

- širenje visokoprovodnog kanala
- početak pražnjenja iskrom
- pražnjenje iskrom, topljenje

3. FAZA PAUZE

- kraj pražnjenja iskrom
- dejonizacija u zazoru
- stanje posle kraja pražnjenja

Uzrok izbacivanja čestice metala iz rastopljenog kratera još uvek nije utvrđen. Prema jednoj teoriji izbacivanje čestice iz kratera nastaje usled dejstva elektro-magnetnih sila i trenutno proizvedenog termičkog udara koji daje ubrzanje čestici iz kratera.

Po Lazarenku prema opisanom mehanizmu odnošenja, smatra se da pregrejani rastopljeni metal u kretanju koji je prilikom pražnjenja na velikom pritisku, nakon prestanka struje i pada pritiska počinje da vri i isparavanjem se izbacuju kapi rastopljenog metala iz kratera. Pri tome se smatra da elektrodinamičke i hidrauličke sile nisu dovoljne za izbacivanje čestica iz kratera, jer su male.

VRSTE PRA@NJENJA

Pra`njenje u zavisnosti od du`ine impulsa pra`njenja se manifestuje kao:

- elektrovarni~no,
- elektrolu~no (elektroimpulsno).

Nakon proboja u radnoj sredini formira se kanal pra`njenja koji predstavlja usku cilindri~nu oblast ispunjenu plazmom. U prvom trenutku pra`njenja nave}u kineti~ku energiju poseduju elektroni (“vru}i”), dok su joni i neutralne ~estice (“hladne”). Nosioi energije su prete`no elektroni. Ukoliko se proces pra`njenja prekine u toj fazi, radi se o **elektrovarni~nom** pra`njenju.

Produ`enjem impulsa pra`njenja lako pokretni elektroni putem bezbroj sudara prevode mnogo masivnije jone u neutralne ~estice u vi}e energetske stanje. Temperatura do tada vru}ih elektrona i hladnih jona i neutralnih ~estica brzo se izjedna~ava i proces pra`njenja prelazi u drugi oblik koji se naziva **elektrolu~ni**.

Za prelaz iz elektrovarničnog u elektrolučno praćenje nije dovoljno samo produženje impulsa, već je potrebno imati veoma jake izvore struje koji će biti sposobni da održe ovaj proces. Odnos temperatura čestica u jonizovanom kanalu zavisi od oblika praćenja. U elektrovarničkoj fazi temperatura elektrona je mnogo veća od temperature ostalih čestica:

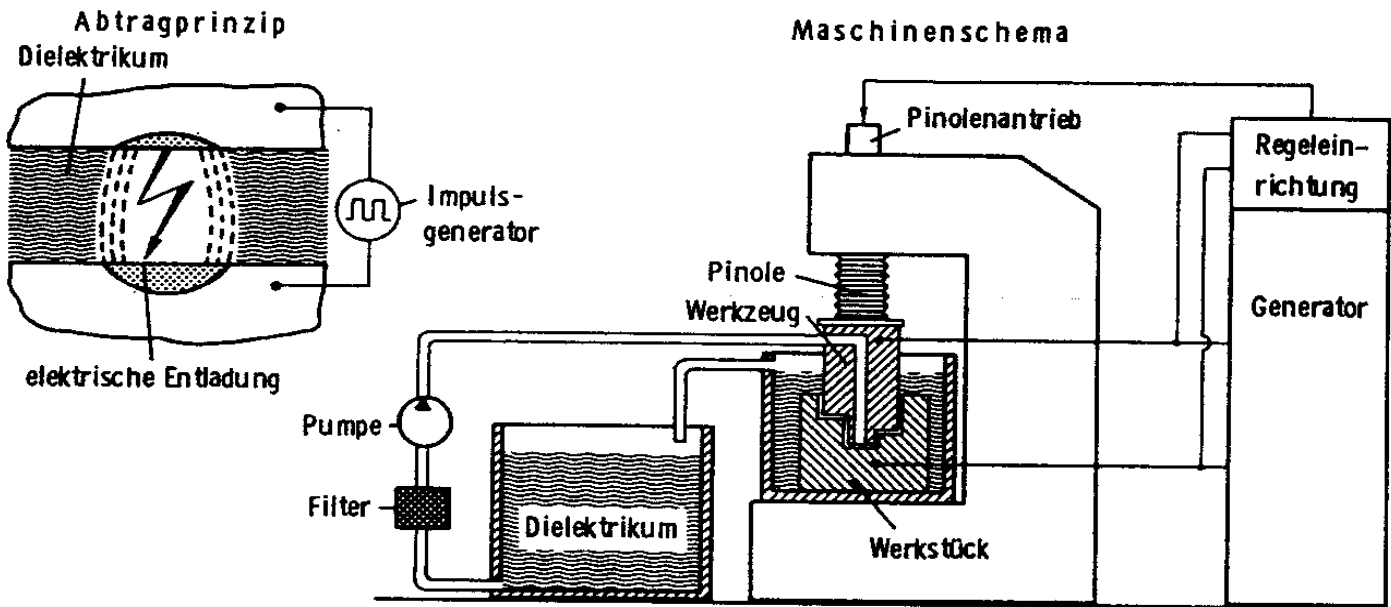
$$Q_e \gg Q_j \quad Q_e \gg Q_n$$

Prelazni stadijum od elektrovarničnog ka elektrolučnom praćenju karakteriše se izjednačavanjem toplotnih energija čestica:

$$Q_e = Q_j = Q_n.$$

U fazi elektrolu~nog pra`njenja temperatura u kanalu je manje ili vi{e ujedna~ena. Elektrovarni~ni stadijum karakteri{e veoma veliki pad napona i velika temperatura elektrona (do $10^5(^{\circ}\text{C})$). Tako velika temperatura elektrona omogu}ava isparavanje materijala anode na mestu njegovog udara. Vreme pra`njenja elektrovarni~ne faze traje do $10^{-4}(\text{s})$. Zbog tako kratkog impulsa pra`njenja oslobo|ena energija je mala, pa je i skidanje materijala malo. Za vreme elektrovarni~nog pra`njenja prvenstveno erodira anoda.

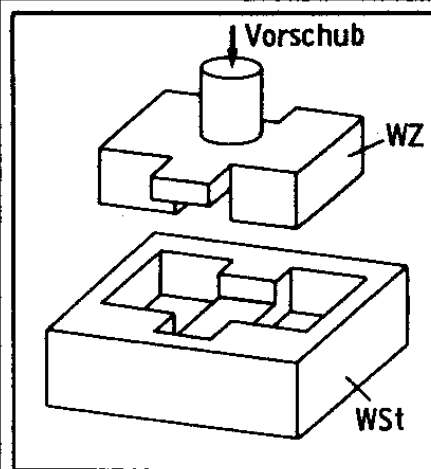
ELEMENTI ELEKTROEROZIONE OBRADE



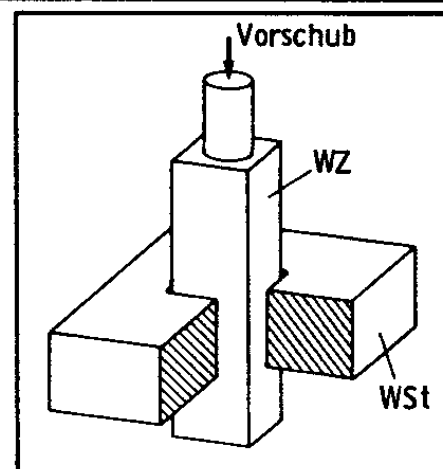
Arbeitsmedium : Dielektrische Flüssigkeit		Leerlaufspannung : 60-300 V
Werkzeugelektroden- verschleiß :	Elektrodenwerkstoff	Impulsfrequenz : 0,2-500 kHz
	Kupfer Graphit	Bearbeitungsspalt : 0,005-0,5 mm
Schichten :	< 5 % < 10 %	spez. Abtragrate : ca. 8 mm ³ /A·min
Schruppen :	< 20 % < 1 %	

METODE ELEKTROEROZIONE OBRADÉ

Funkenerosives Senken

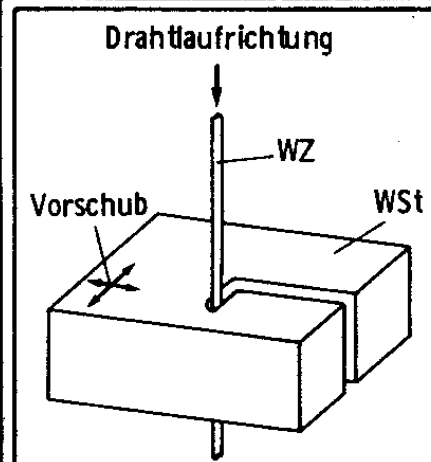


Graviranje

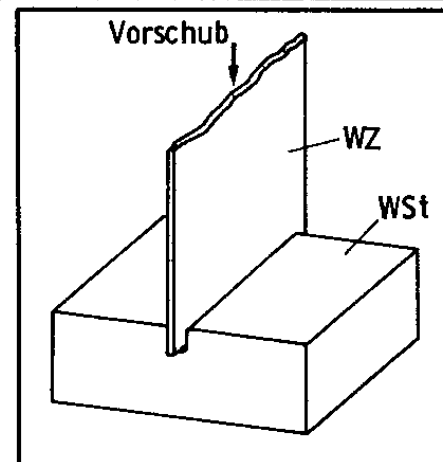


Buženje

Funkenerosives Schneiden

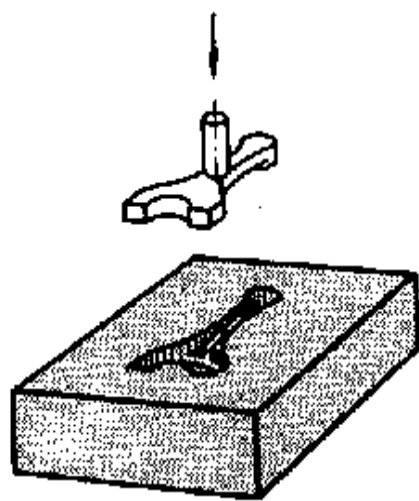


Konturno sečenje

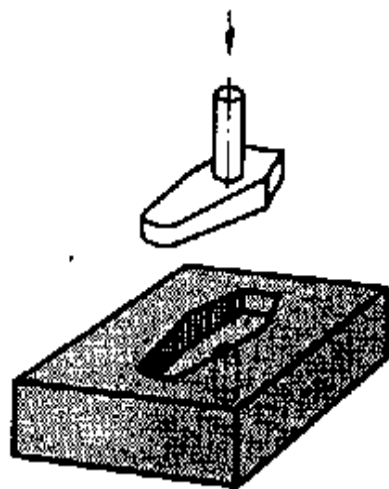


Otsecanje

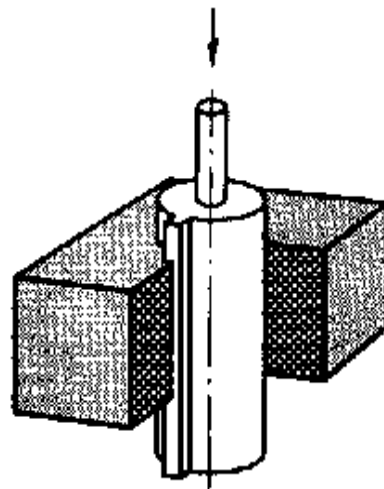
OSNOVNE TEHNOLO[KE OPERACIJE



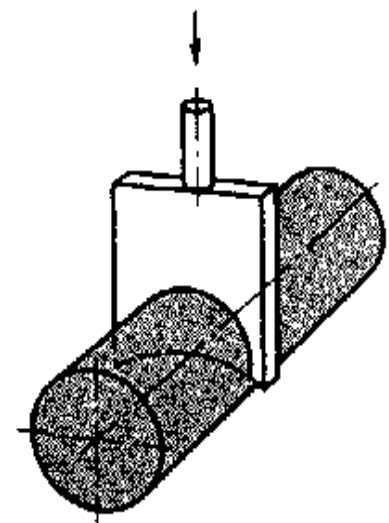
a)



b)



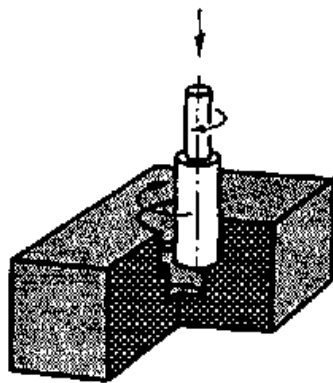
B)



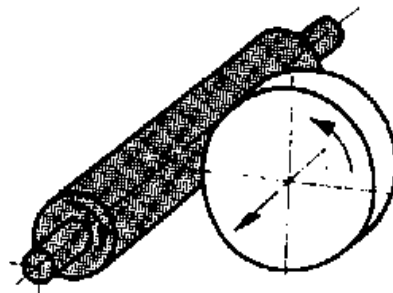
r)

PROSTO PRAVOLINIJSKO KRETANJE ELEKTRODE - ALATA

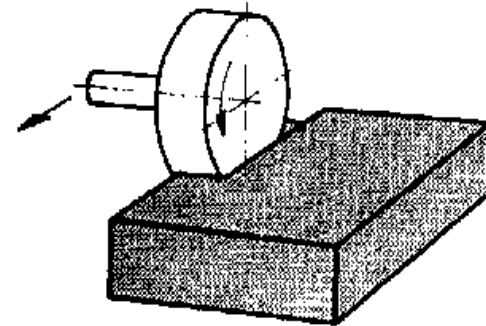
OSNOVNE TEHNOLO[KE OPERACIJE



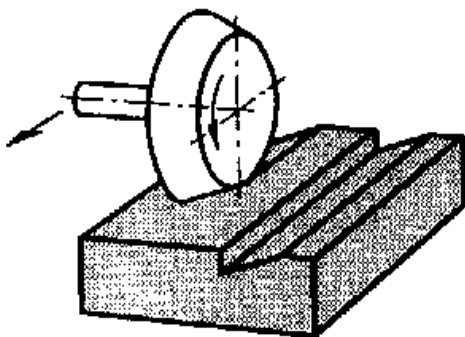
a)



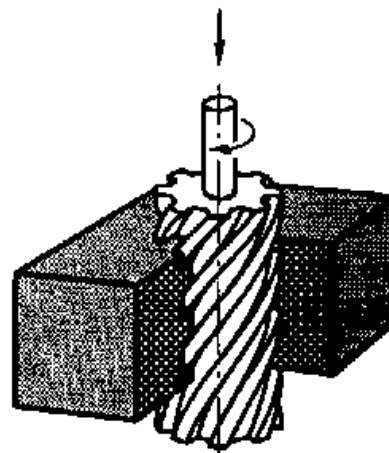
b)



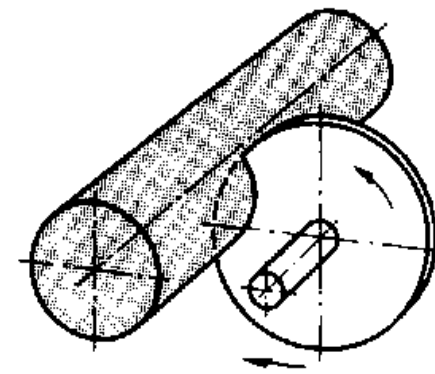
v)



r)



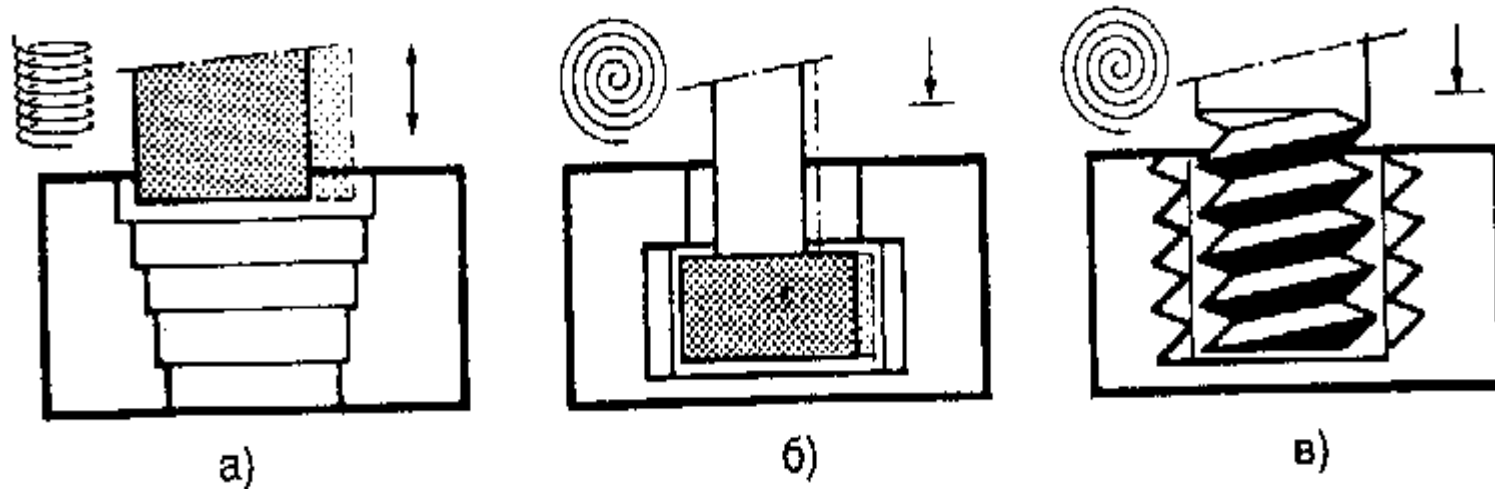
d)



e)

ROTACIONO+PRAVOLINIJSKO KRETANJE ELEKTRODE - ALATA

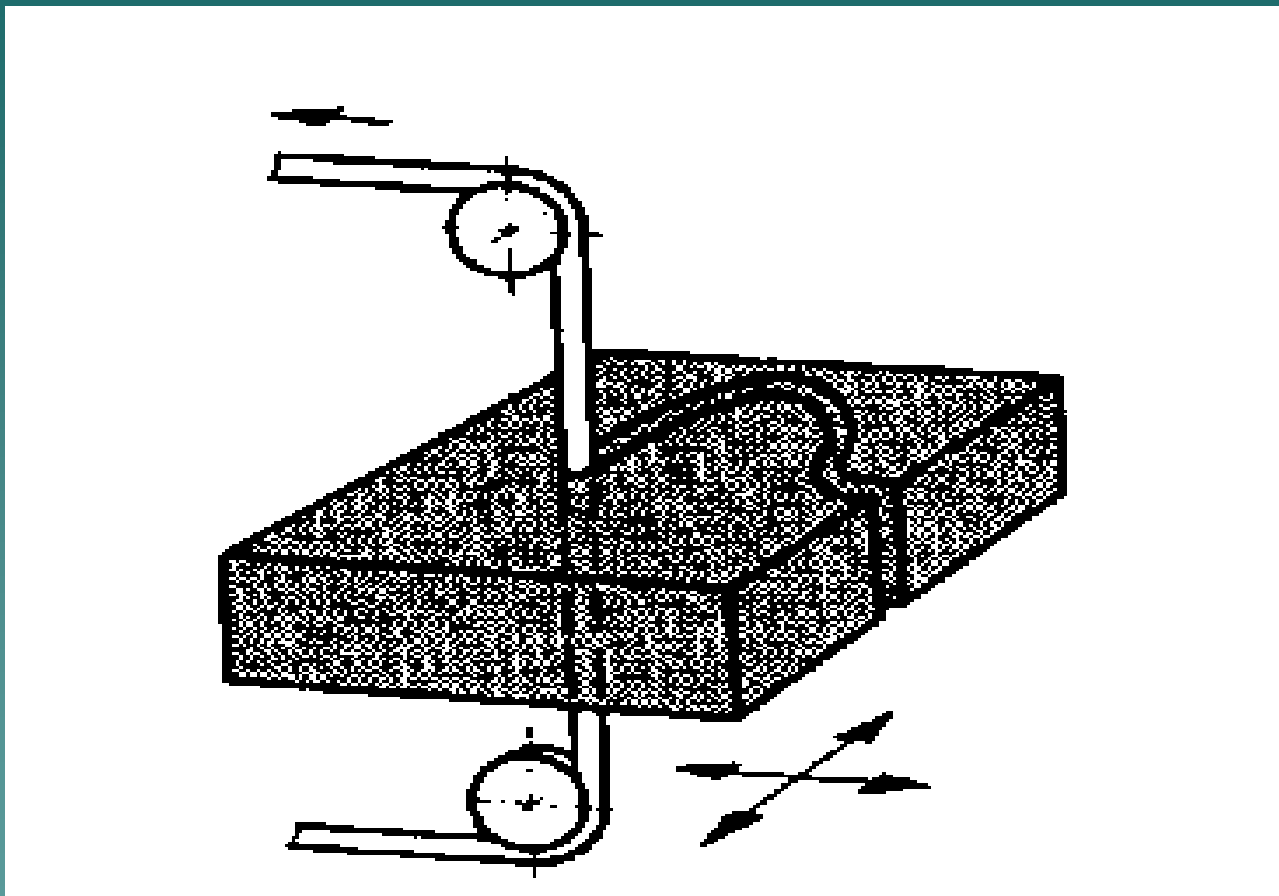
OSNOVNE TEHNOLO[KE OPERACIJE



PLANETARNO KRETANJE ELEKTRODE - ALATA

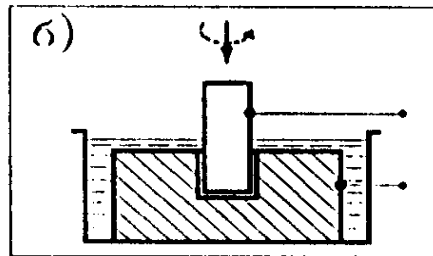
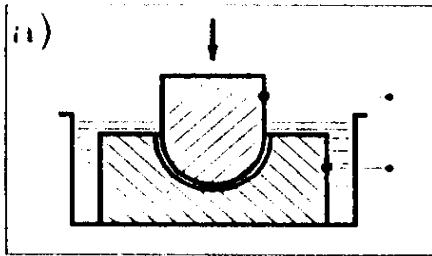
- a) obrada stepenaste konusne povr{ine,
- b) obrada unutra{njeg `leba,
- v) izrada navoja po metodi glodanja

OSNOVNE TEHNOLO[KE OPERACIJE



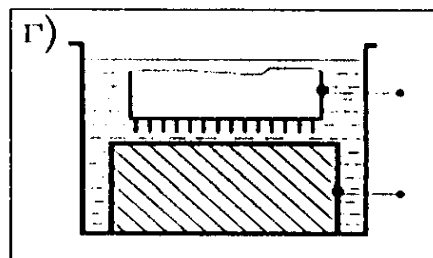
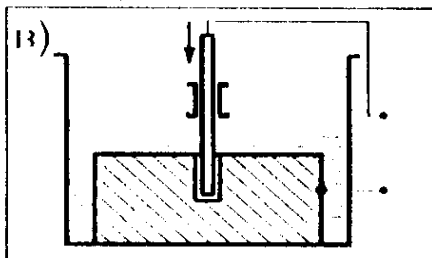
KONTRUNO SE^ENJE @ I^ANOM ELEKTRODOM

TIPSE OPERACIJE OBRADJE PUNOM ELEKTRODOM



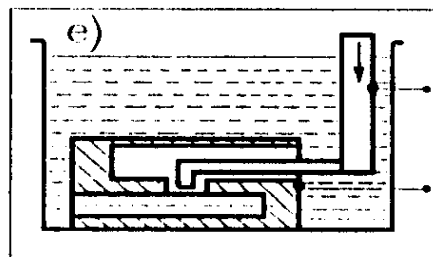
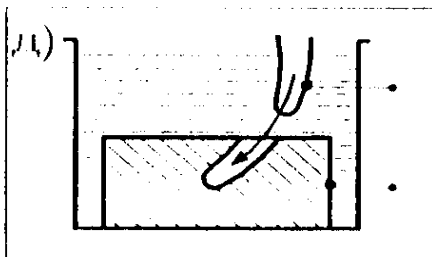
a) Izrada gravura alata

b) Bu{enje okruglih otovra



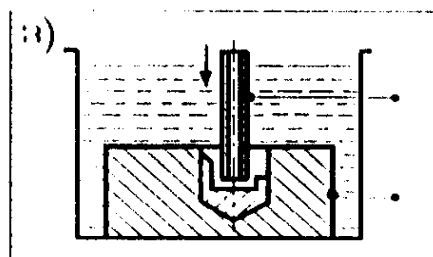
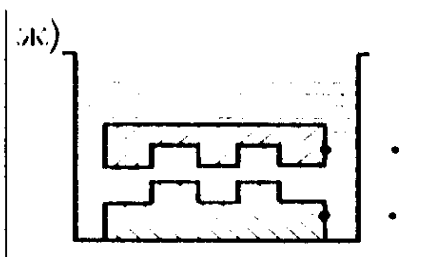
v) Izrada mikrootvora

g) Izrada filtera, sita, mre`a



d) Izrada krivolinijskih kanala

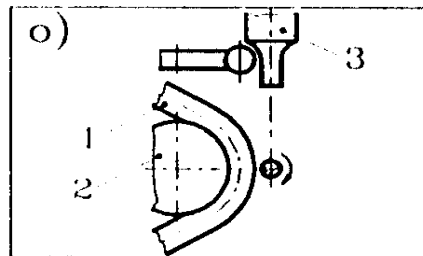
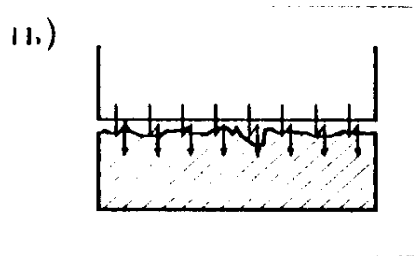
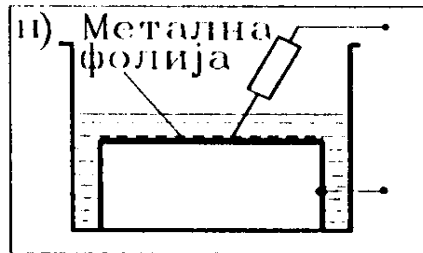
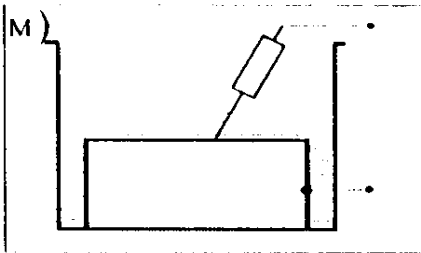
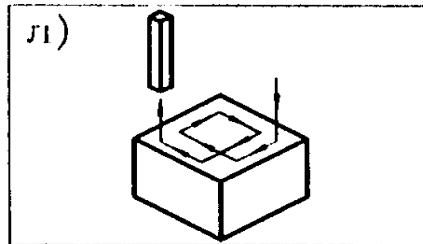
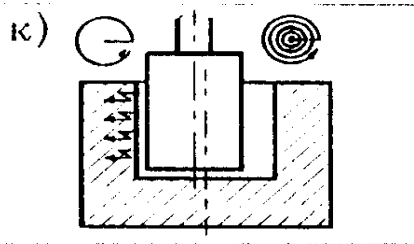
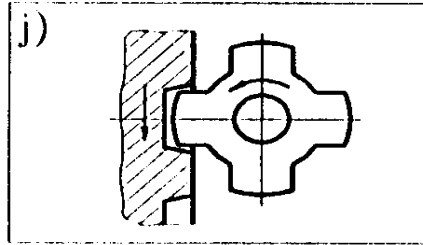
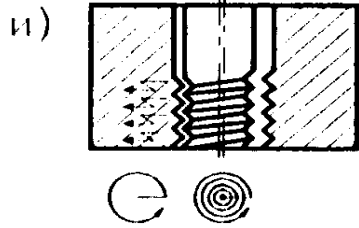
e) Obrada na neprostopa~nim mestima



`) Graviranje

z) Vađenje polomljenih alata

TIPKE OPERACIJE OBRADE PUNOM ELEKTRODOM



i) Izrada navoja

j) Obrada relativnim kotrljanjem

k) Planetarno erodiranje

l) Konturno erodiranje

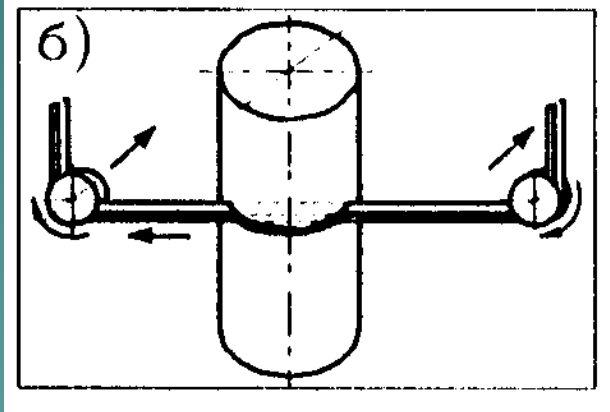
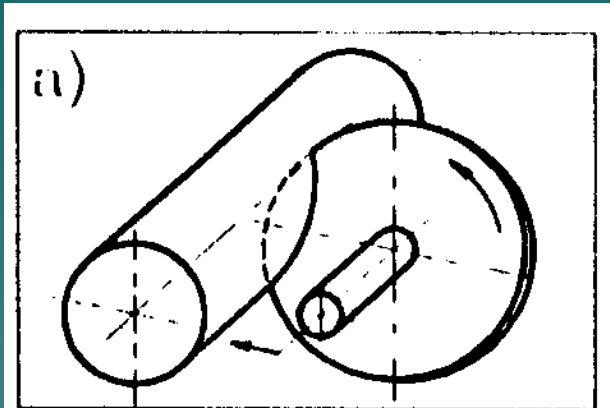
m) Crtanje po metalu

n) Crtanje po nemetalu

nj) Poliranje

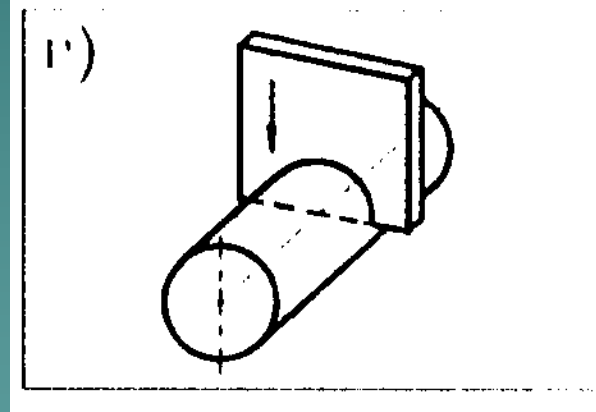
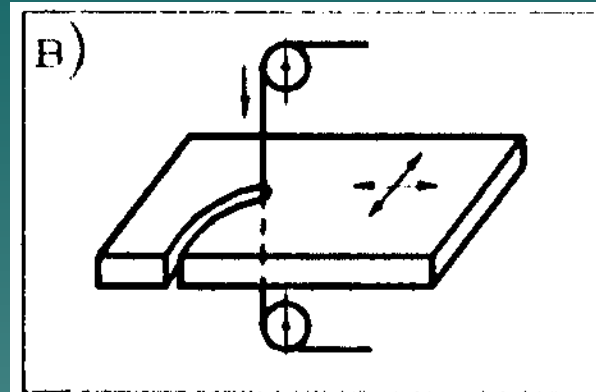
o) Izrada elektroda za mikrootvore

ELEKTROEROZIONO SE^ENJE MATERIJALA



a) Se~enje diskom,

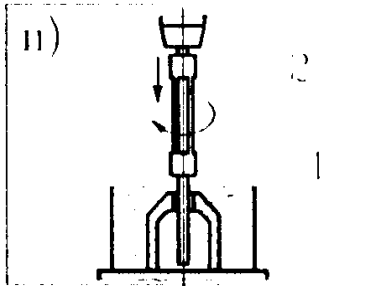
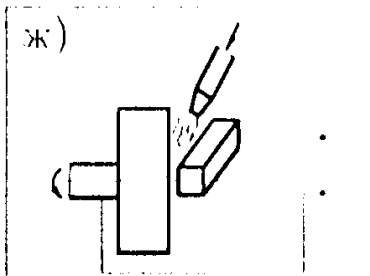
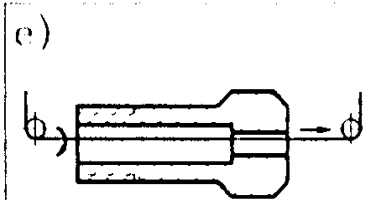
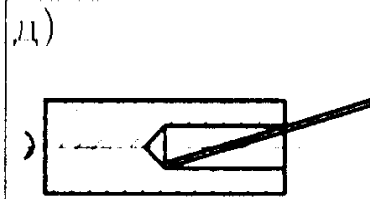
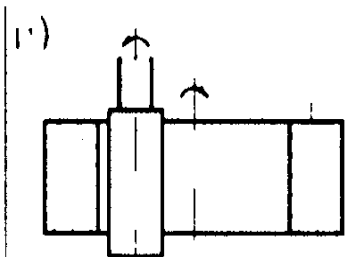
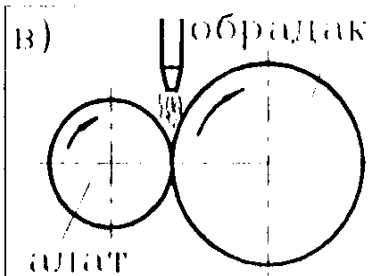
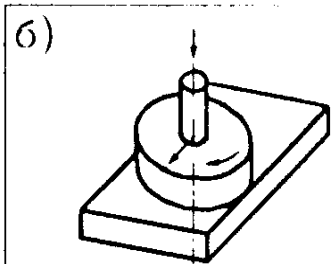
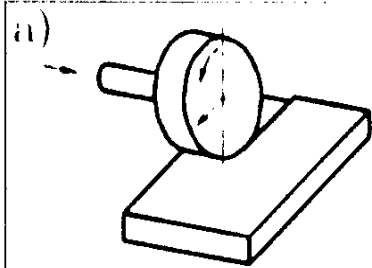
b) Se~enje trakom,



v) Se~enje `icim,

g) Se~enje pljosnatom elektrodom

ELEKTROEROZIONO BRU[ENJE



a) Ravno bru{enje

b) ^eono bru{enje

v) Spolja{nje okruglo bru{enje

g) Unutra{nje okruglo bru{enje

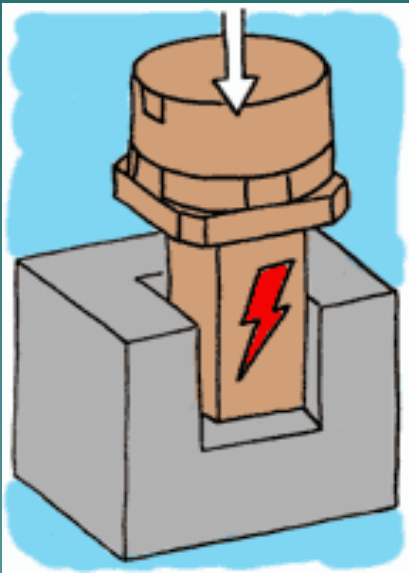
d) Ispravljanje geometrijskih oblika

e) Unutra{nje bru{enje `icom

`) O{trenje alata

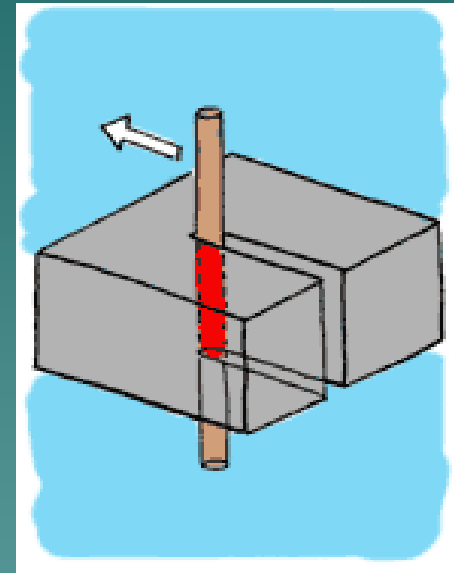
i) Centrifugalno bru{enje

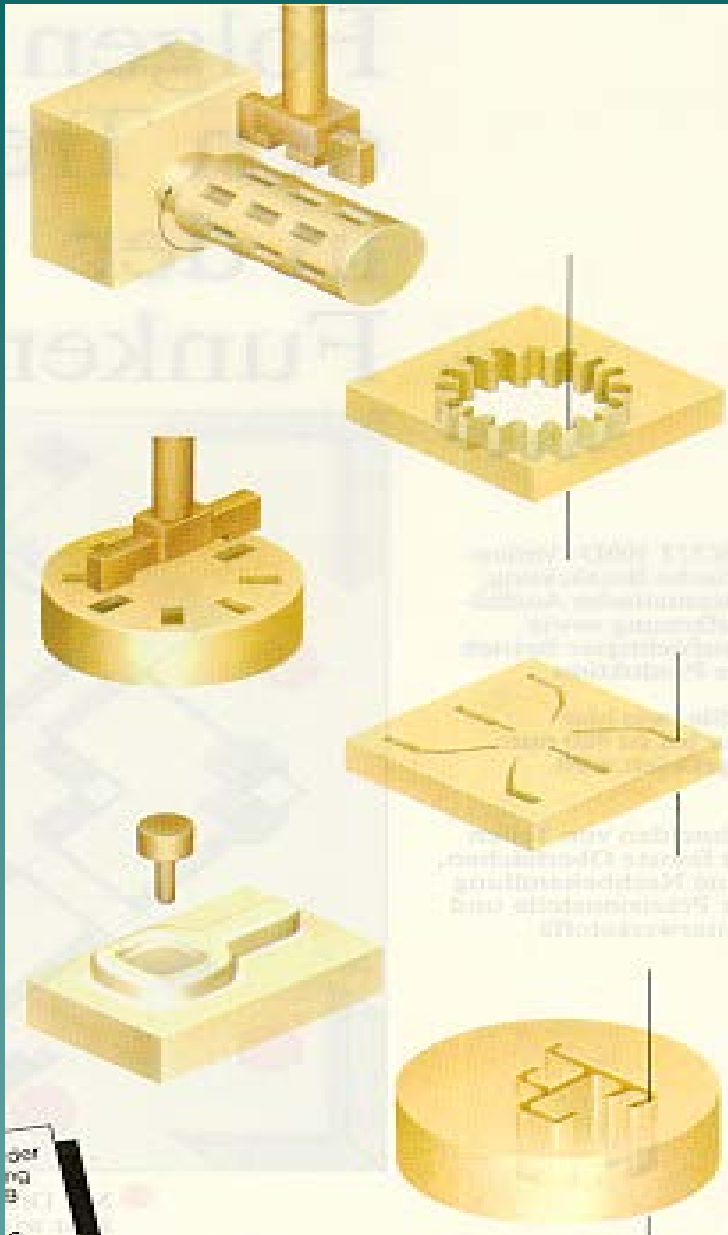
ELEKTROEROZIONA OBRADA:



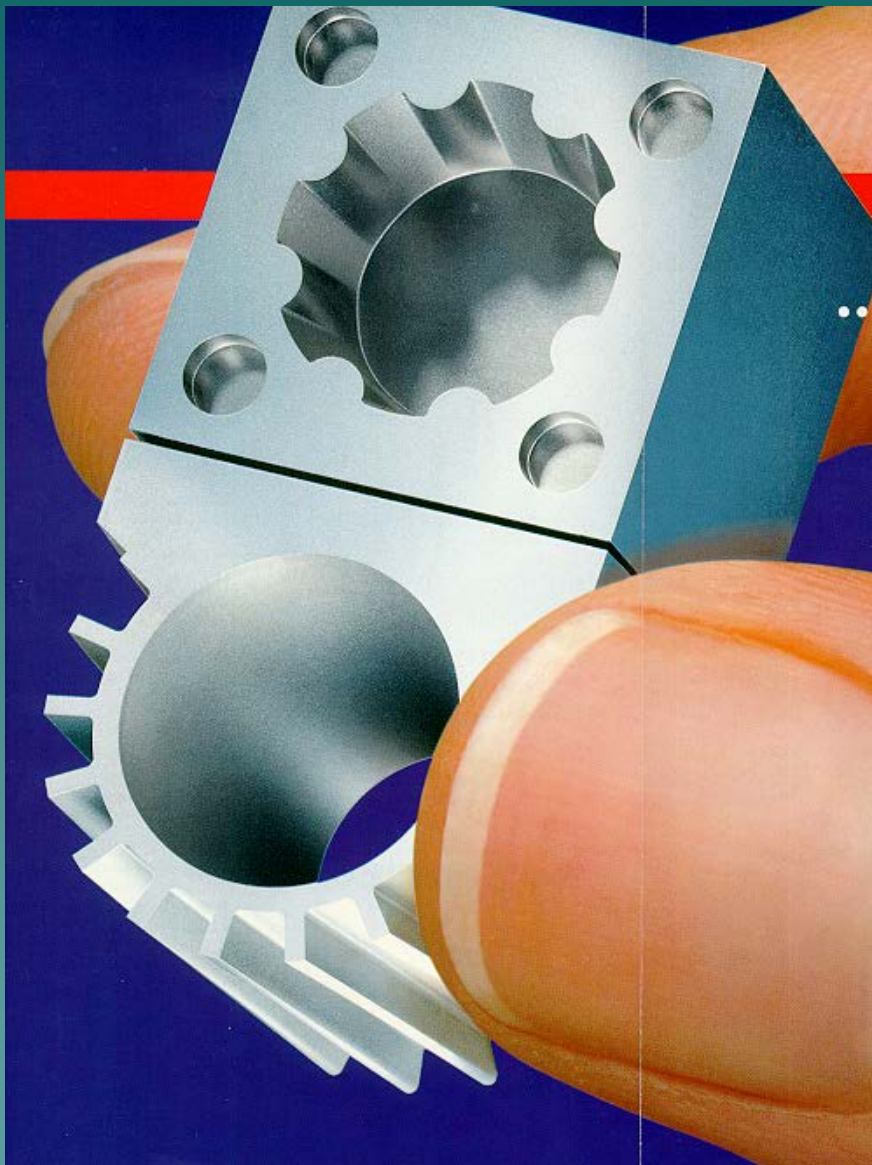
-PUNOM ELEKTRODOM

@I^ANOM ELEKTRODOM-





PRIMERI
ELEKTROEROZIONE
OBRAD
PUNOM I
@I^ANOM
ELEKTRODOM



PRIMER
ELEKTROEROZIONE
OBRAD
MINIJATURNIH
DELOVA
PUNOM I
@MANOM
ELEKTRODOM

ELEKTROEROZIONA OBRADA PUNOM ELEKTRODOM

Primenjuje se za izradu slo`enih profila alata (alati za kovanje, alati za plasti~ne mase, liva~ki metalni kalupi), raznih gravura, dubokih otvora, turbinskih kola itd..



ALAT ZA KOVANJE

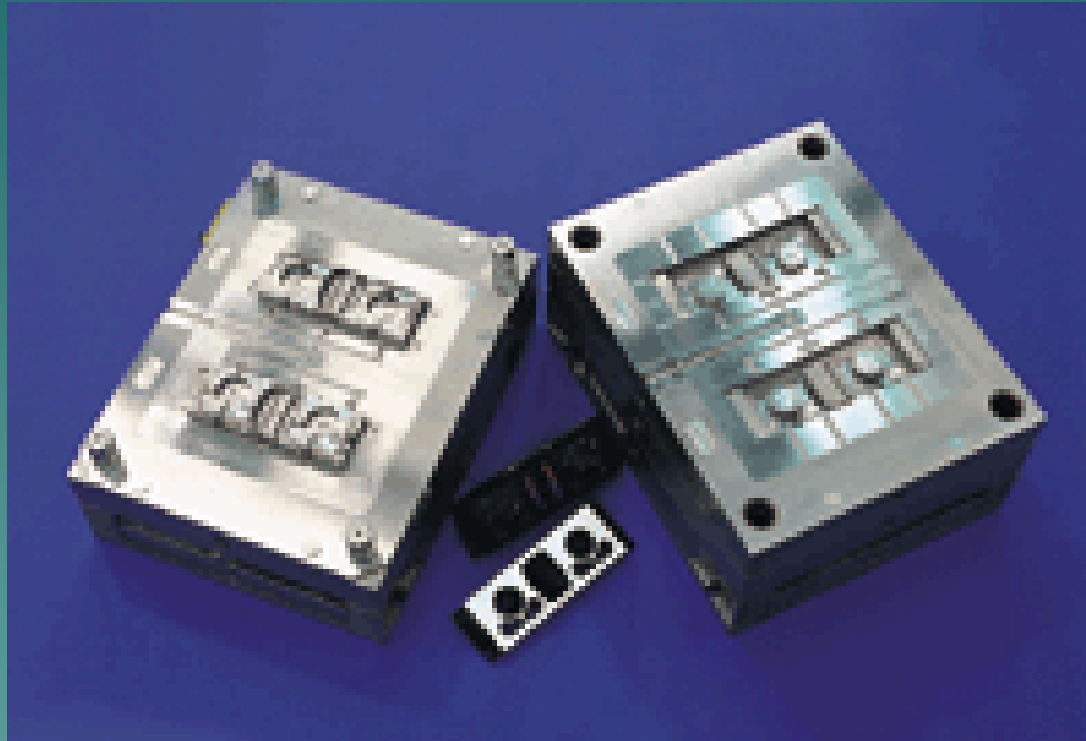
ALAT ZA PRESOVANJE (IZRADA GRAVURE)



ALAT ZA PRESOVANJE (IZRADA GRAVURE)



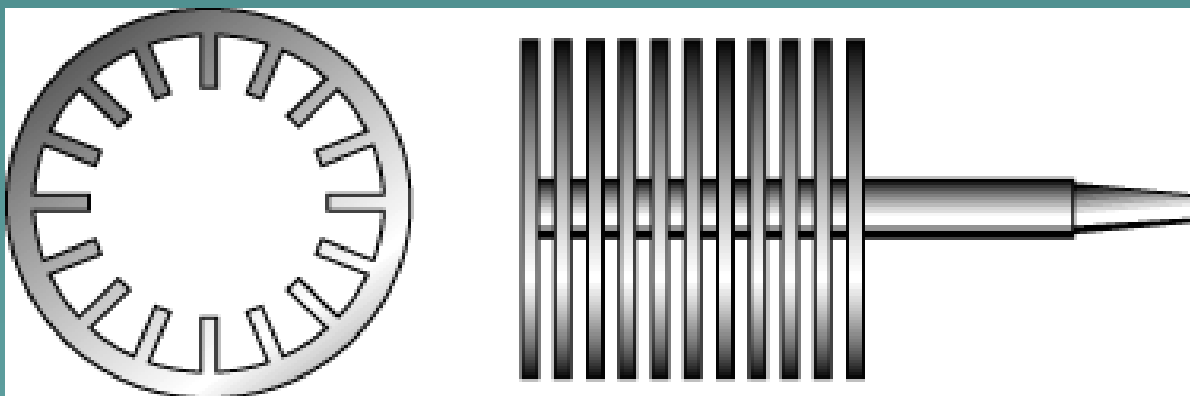
ALAT ZA LIVENJE PLASTIKE



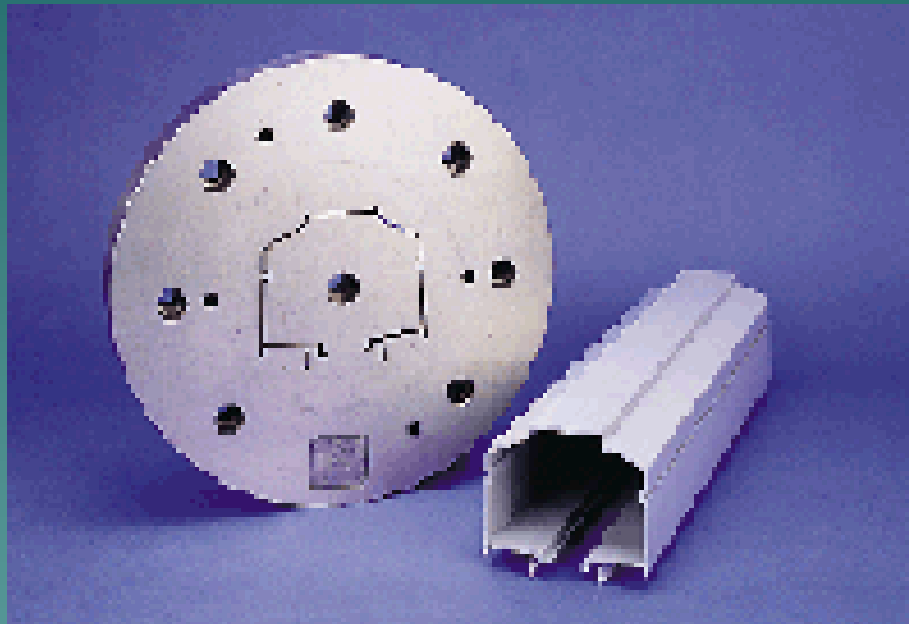
UMETAK ALATA ZA LIVENJE PLASTIKE



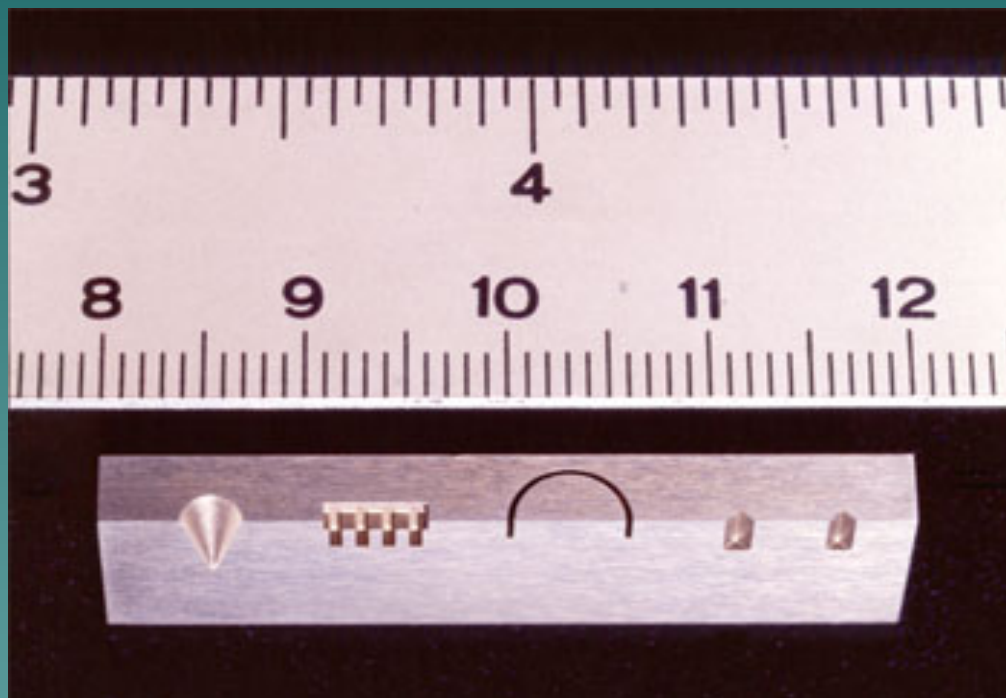
IZRADA LOPATICA TURBINA I TURBINA



ALAT ZA ISTISKIVANJE ALUMINIJUMA



IZRADA MIKRO PROFILA



MA[INA ZA ELEKTROEROZIONU OBRADU PUNOM ELEKTRODOM



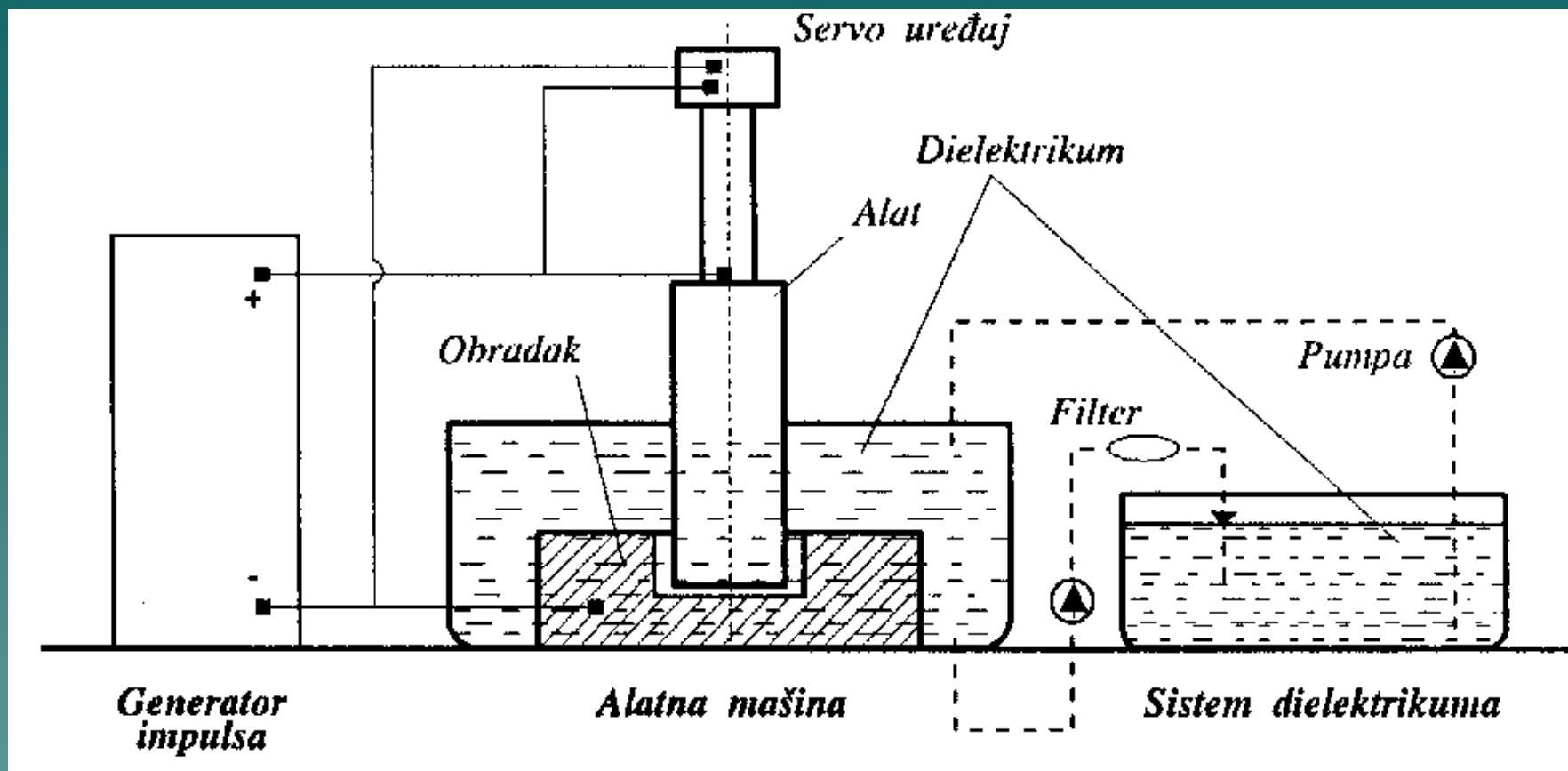
Ateliers des CHARMILLES S.A.

109, Rue de Lyon
1211 Genève 13, Suisse
à 7 minutes de
l'Aéroport Intercontinental
de Genève-Cointrin

Téléphone: (022) 44 44 00
Télégr.: Charmatol Genève
Télex: 22 572 Charm CH
dès avril 1975
Téléphone: (022) 45 88 21

Machine d'usinage par
étincelage

PRINCIPIJELNA [EMA ELEKTROEROZIONE MA[INE



Sistem za[ine za elektroerozionu obrad se sastoji iz:

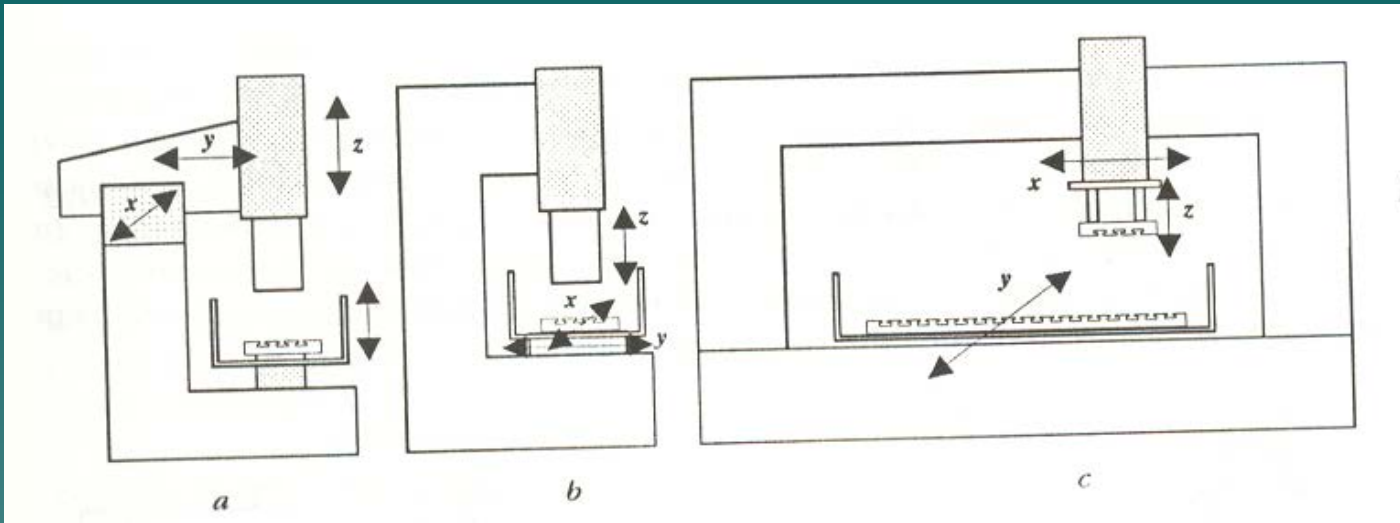
1. ma[ine sa osnovnim elementima (alatna ma[ina),
2. generator elektri~nog impulsa,
3. sistema dielektrikuma,
4. sistema za upravljanje.

Alatna mašina se sastoji od krutog postolja i objedinjuje sve delove u jednu celinu. Na mašini je smešten suport za stezanje obratka na kome se nalazi kada sa dielektrikumom kao i jedinica za pomak sa hidrauličnim servosistemom regulacije pomaka i držačem alata – elektrode, kojim upravlja generator impulsa.

Generator služi za proizvodnju električnih impulsa i sadrži elemente za regulaciju impulsa i prekidača za izbor tehnoloških parametara.

Sistem dielektrikuma obuhvata kadu, radni rezervoar za dielektrikum, pumpu kao i uređaj za filtriranje radnog dielektrikuma.

Savremena postrojenja su opremljena uglavnom CNC sistemom za automatsko upravljanje svim glavnim i pomoćnim funkcijama glavnog i pomoćnog sistema. Mašina se sastoji od krutog postolja koje objedinjuje sve delove u jednu celinu.



Slika: Konstrukcija izvo|enja postolja ma{ine

Samo postolje ma{ine mo`e da bude izvedeno:

- konzolno
- u "C" obliku,
- portalno.

U slu~aju konzolnog izvo|enja horizontalna i vertikalna kretanja izvodi radna glava. Ova vrsta ma{ina upotrebljava se u lakoj i srednjoj industriji.

Kod "C" postolja, radni sto izvodi horizontalno kretanje, dok glava izvodi samo vertikalno kretanje i primenjuje se u srednjoj i te{koj industriji.

Portal postolje se koristi u domenu ekstremne te`ine delova. Primena ma{ine sa ovim postoljem zastupljena je u industriji za proizvodnju alata za karoserije.

Ta~nost obrade i brzina odno{enja materijala (proizvodnost obrade) pri datoj hrapavosti obra|ene povr{ine kao i visoka proizvodnost, postali su glavni kriterijumi za izbor ma{ine u praksi.

MAŠINA ZA ELEKTROEROZIJU OBRADU PUNOM ELEKTRODOM

AUTOMATSKI
GRANIČNIK

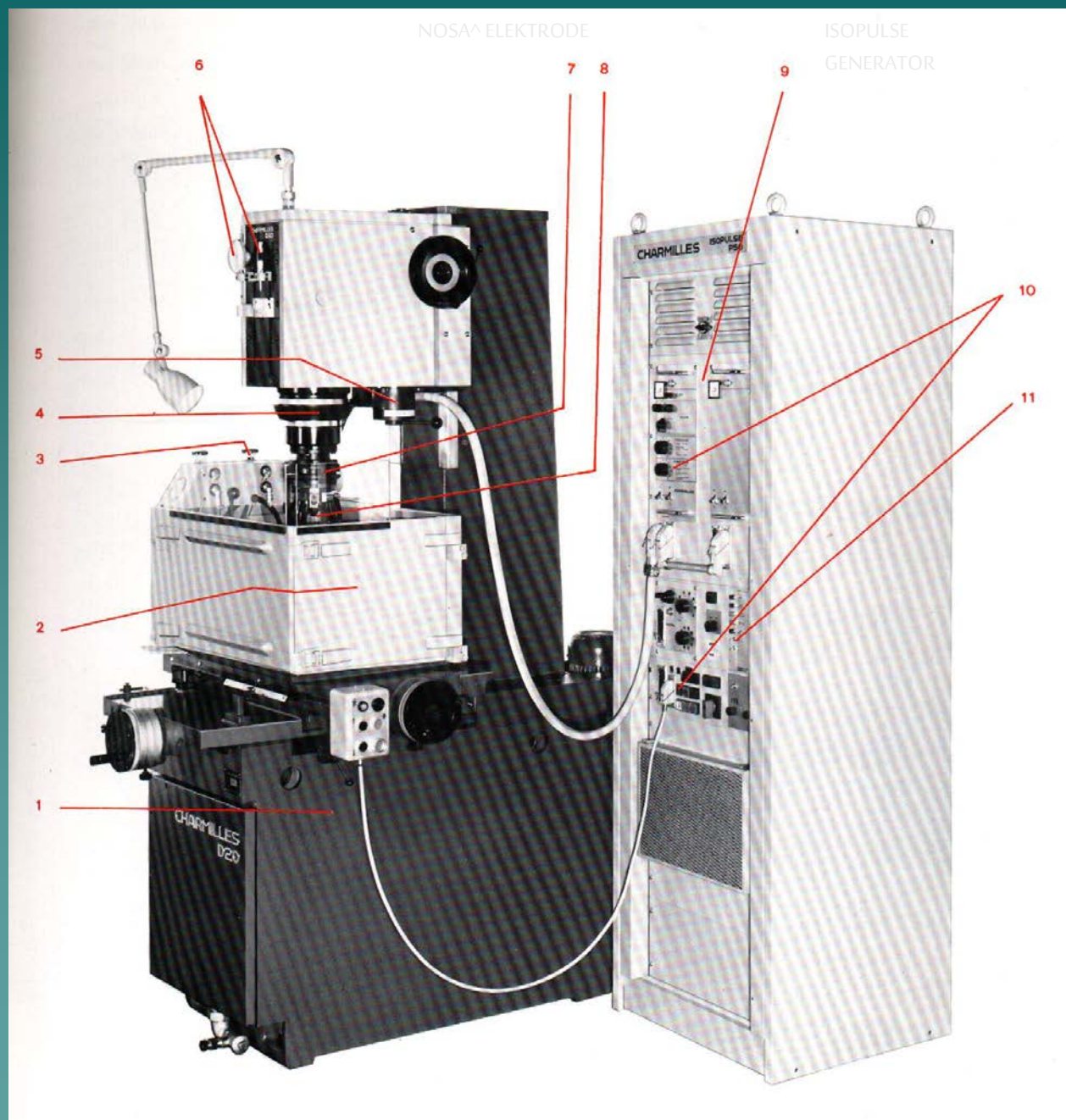
KOMANDA
SERVO-MEHANIZMA

ELEKTRO-HIDRAULIČKI
SERVO MEHANIZAM ZA
KRETANJE POMAKA

SSISTEM ZA DOVOD
DIELEKTRIKUMA

KADA ZA DIELEKTRIKUM

KUČIŠTE MAŠINE

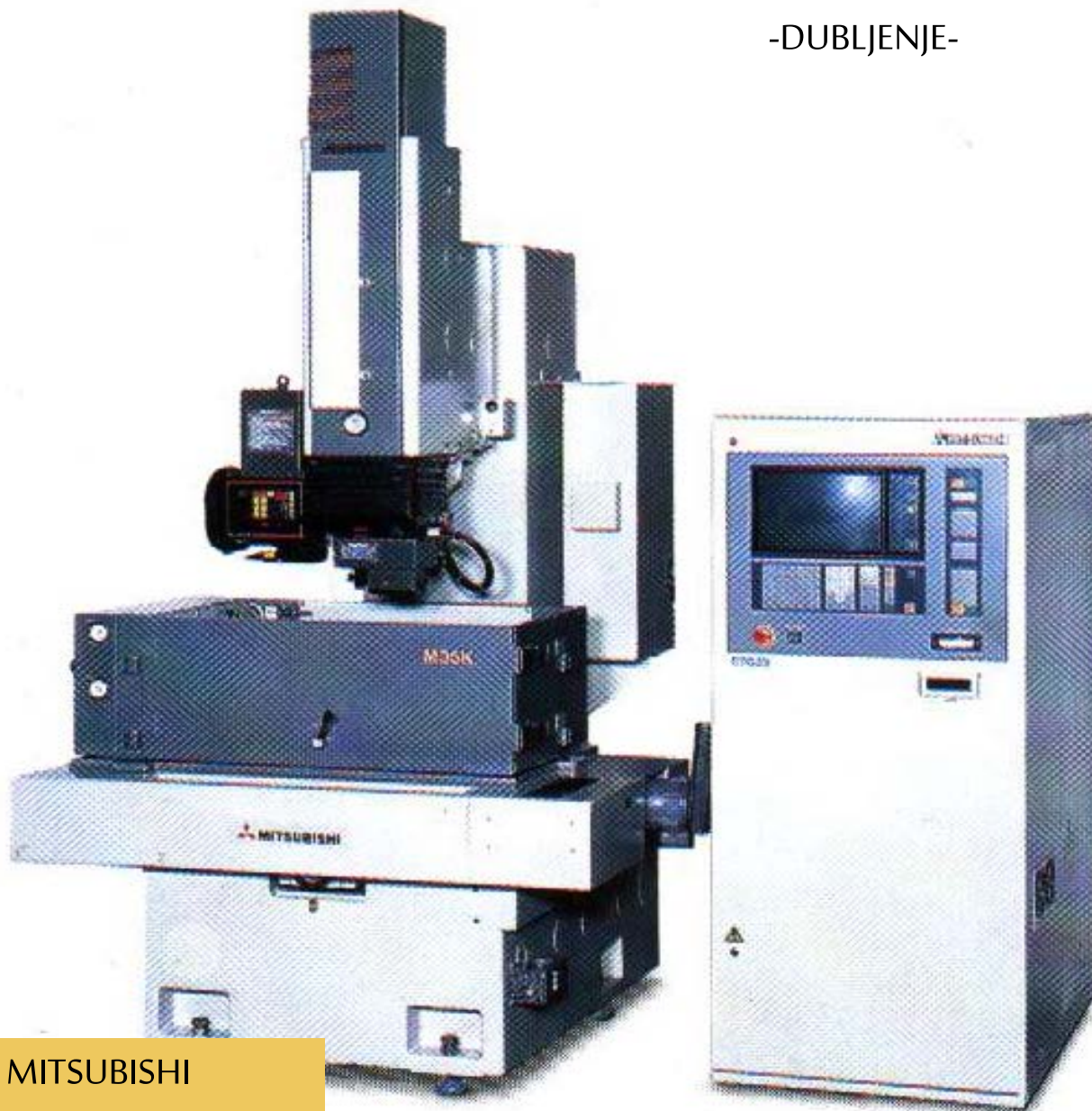


KOMANDNA
TABLA

MONITOR

MAŠINA ZA ELEKTROEROZIJU OBRADU PUNOM ELEKTRODOM

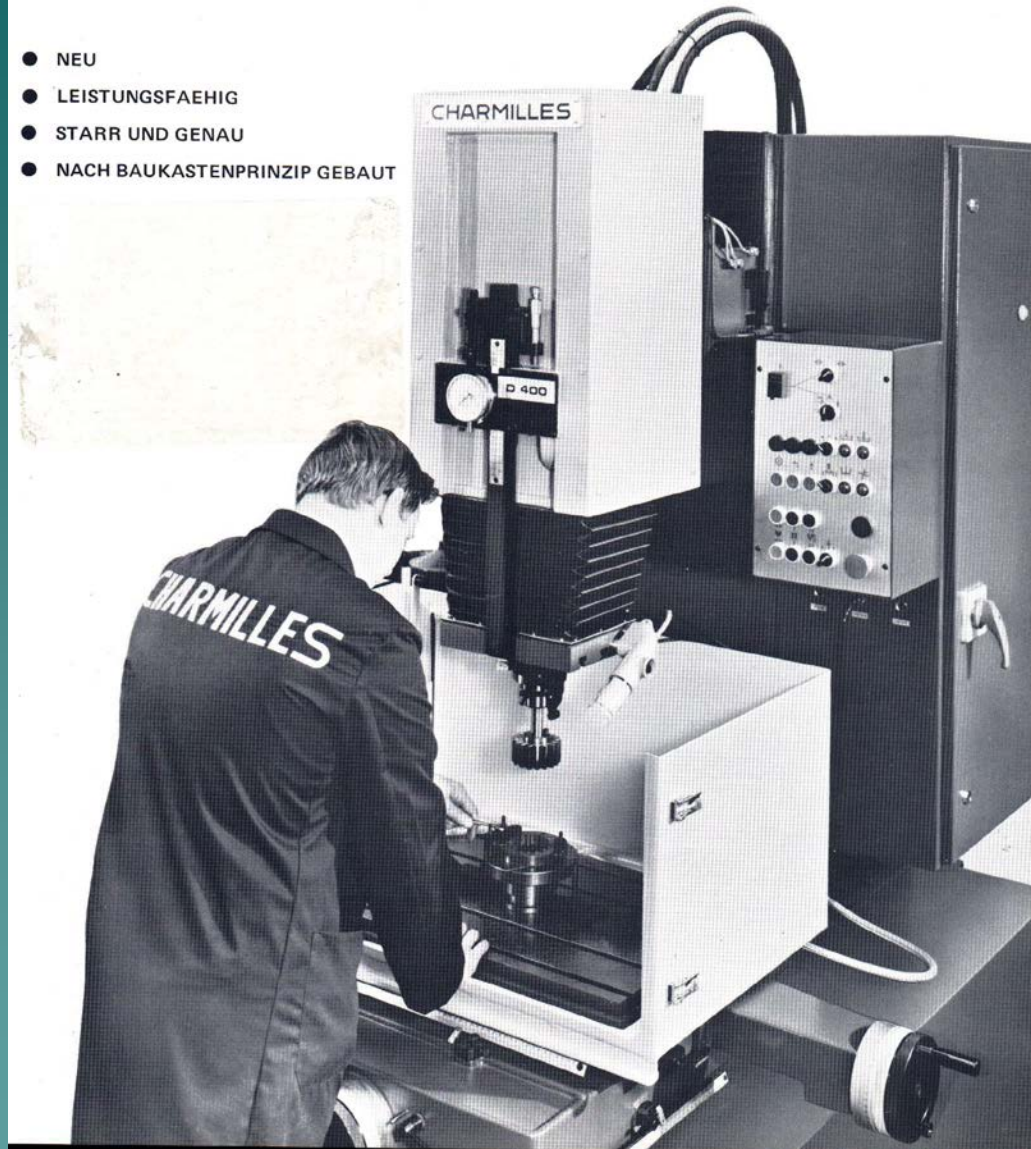
-DUBLJENJE-



MITSUBISHI

POGLED NA RADNI PROSTOR

- NEU
- LEISTUNGSFAEHIG
- STARR UND GENAU
- NACH BAUKASTENPRINZIP GEBAUT



ALAT ZA ELEKTROEROZIONU OBRADU

Elektroda (alat) je jedan od osnovnih elemenata koji određuje efektivnost primene elektroerozione obrade. U zavisnosti od načina formiranja oblika delova i metoda obrade, upotrebljavaju se profilisani ili neprofilisani alati – elektrode.

Formiranje oblika u obratku profilisanom elektrodom – alatom vrši se preslikavanjem potpunog ili delimičnog oblika alata. Elektroda – alat sastoji se iz radnog dela sa površinama koje vrše oblikovanje i pomoćnih elemenata, neophodnih za fiksiranje položaja i spajanje alata sa mašinom. Radni deo alata se pravi iz eroziono postojanog materijala, dok pomoćni elementi mogu biti i iz drugog materijala.

Formiranje oblika obratka neprofilisanom elektrodom – alatom vrši se pomeranjem alata ili obratka po određenom zakonu.

MATERIJALI ALATA

Materijali za elektrodu – alat treba da imaju dobru električnu i toplotnu provodljivost, visoku erozionu postojanost, dovoljnu mehaničku čvrstoću, dobru obradivost pri rezanju tražene forme i dimenzija kao i nisku cenu. Navedene zahteve ispunjavaju, više ili manje skoro svi metali, a od nemetala grafit.

Elektroda – alat se u praksi izrađuje od bakra, mesinga, aluminijumskih legura, sivog liva, elektrolitskog grafita i volframa, mada se u principu može upotrebiti bilo koji materijal provodnik struje.

Bakarne elektrode se široko primenjuju kod elektroimpulsne obrade, pri obradi tvrdih legura, probijanju otvora malog prečnika, rebova manjih dimenzija kao i za finu i završnu obradu. Čime se postižu dobri rezultati obrade. Nedostatci ove elektrode su visoko trošenje kod elektrovarnične obrade, visoka cena i lepljivost pri izradi složenih profila alata pri rezanju.

Elektrode od mesinga se više koriste kod elektrovarnične obrade i daju dobre rezultate, ali je trošenje veliko kao kod elektroda od bakra, pa i veće.

Elektrode od aluminijuma i njegovih legura koriste se kod elektroimpulsne obrade pri gruboj izradi (upljina i otvora u obratku od tvrdih legura i toplootpornih alik). Prednosti ove elektrode su niska cena i relativno laka izrada elektroda livenjem i presovanjem složenog oblika. Trajnost alata od aluminijuma je kao i kod elektroda od bakra, ali je stabilnost procesa manja.

Od sivog liva se elektrode koriste pri obradi obrtnim alatima i kod veoma finih obrada. Ove elektrode imaju dovoljnu erozionu postojanost.

Grafitne elektrode mogu da se koriste kod elektroimpulsne obrade jer imaju visoku erozionu postojanost, dobru obradivost pri izradi i nisku cenu. Zbog velike postojanosti, koriste se naročito pri obradi obratka od temper liva, čelika i vatrootpornih legura kao i pri bušenju tvrdih i specijalnih legura. Jednom elektrodom od grafita, može se obraditi nekoliko desetina identičnih obradaka.

Elektroda od volframa ima veću erozionu postojanost od bakra. Teška mehanička obradivost i visoka cena predstavljaju veliki nedostatak. Zato se ovi alati koriste isključivo kod elektrovarnične obrade pri obradi čvrstom elektrodom teškoobradivih čelika i legura, kao i pri preciznom mikrodubljenju. Jedna od značajnih prednosti grafita je mogućnost izrade malih radijusa na ivicama alata

Upotrebljavaju se profilisani i neprofilisani alati. Profilisani alati preslikavaju svoj oblik na obradak. Neprofilisanim alatom oblik obradka se formira kretanjem alata.

Elektrimpulsna obrada:

- alat od bakra,
- alat od aluminijuma i njegovih legura,
- alat od sivog liva,
- alat od grafita.

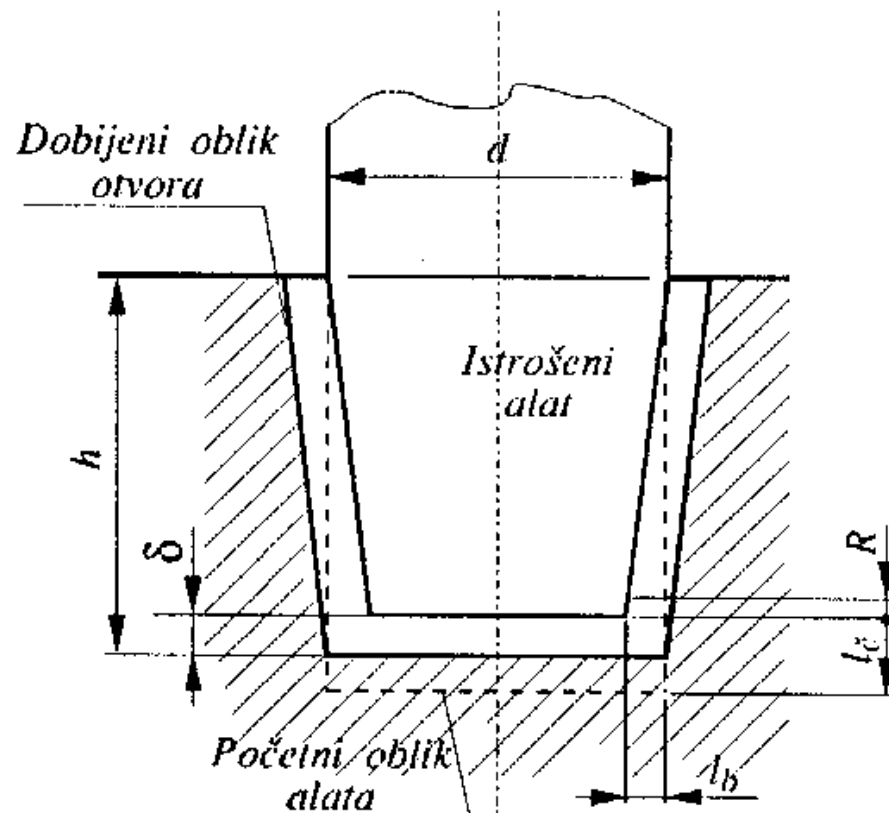
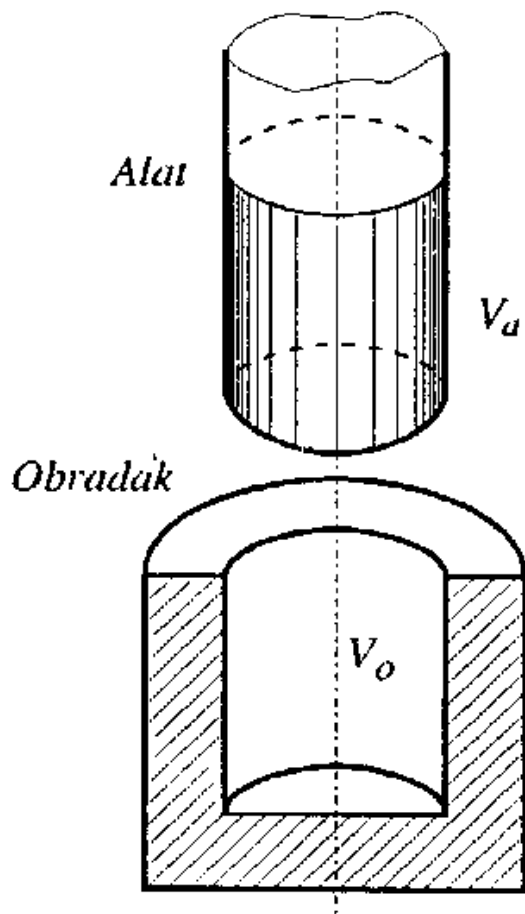
Elektrovarni~na obrada:

- alat od mesinga,
- alat od volframa.

ALAT ZA DUBLJENJE



TRO[ENJE ELEKTRODE - ALATA



Slika: Zapreminsko trošenje alata i obratka

Slika: Trošenje elektrode – alata

Ovo je veoma važan faktor koji znatno utiče na tačnost pri elektroerozionoj obradi. Trošenje alata je veliki problem jer zahteva čestu promenu alata kako bi se postigla veća tačnost izradnog dela. Samo trošenje elektrode alata može da se prati pomoću relativnog zapreminskog trošenja, linearnog i bočnog trošenja i trošenja rubova.

Relativno zapreminsko trošenje alata predstavlja odnos odneženog materijala sa alata (V_a), prema odnetom materijalu sa obratka (V_o).

Istrošenost alata pokazuje njegovo odstupanje u obliku i u dimenzijama od prvobitne forme alata nakon elektroerozione obrade.

$$\gamma_v = \frac{V_a}{V_o} 100\%$$

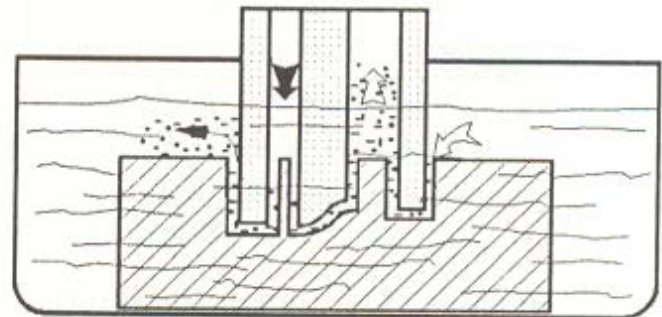
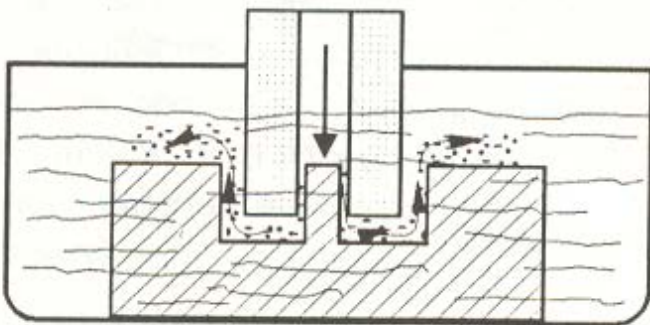
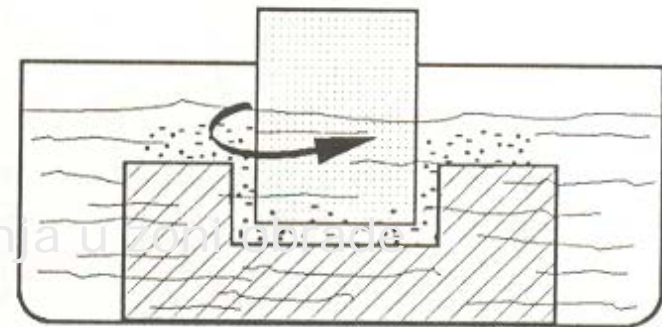
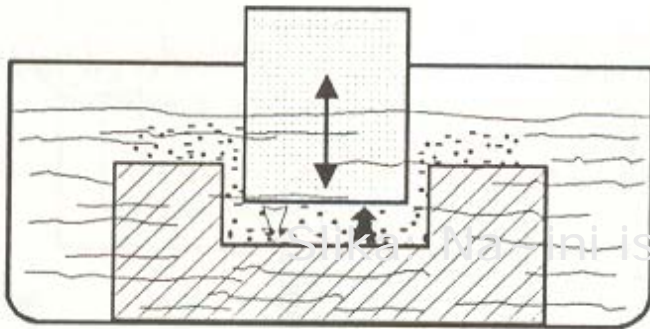
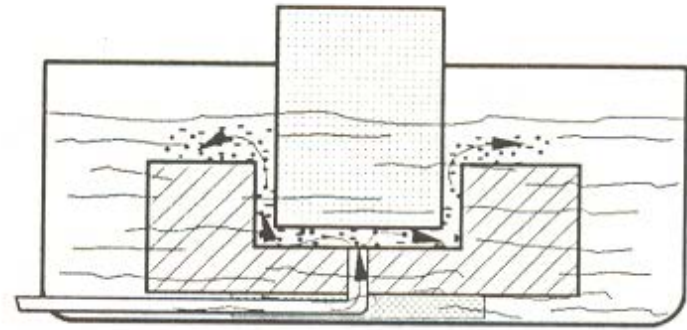
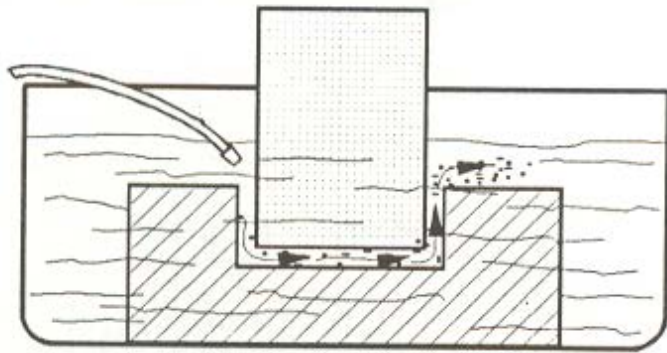
DIELEKTRIKUM

Dielektrikum je radni fluid koji stvara električnu izolaciju kod početnih napona i rastojanja elektroda i tako sprečava prolaz struje.

Nečistoća u dielektikumu koja nastaje kao posledica skidanja površinskog sloja predmeta obrade i alata, kao i samog raspadanja unutar dielektrikuma, odstranjuju se sistemom dielektrikuma. Ovaj sistem je snabdeven uređajem za punjenje i praćenje fluida (dielektrikuma), za prinudnu cirkulaciju fluida u zazoru, za izvlačenje fluida iz zazora kao i uređaja za filtriranje i hlađenje dielektrikuma.

U postupku elektroerozije uglavnom se koristi tečni dielektrikum, jer on pored osnovne fizičke uloge i izolatora u zazoru, kao radna tečnost vrši niz sledećih važnih funkcija:

- pomaže disperziju čestica rastopljenog metala i para metala izbačenih iz kratera i njihovom granuliranju u fine kuglice,
- sprečava taloženje nečistoća, produkata erozije na elektrode,
- čisti zazor odnoseći produkte erozije,
- vrši hlađenje elektroda konvekcijom,
- protokom u zazoru za vreme pauze vrši dejonizaciju.



Slika: Načini ispiranja u zoni obrade

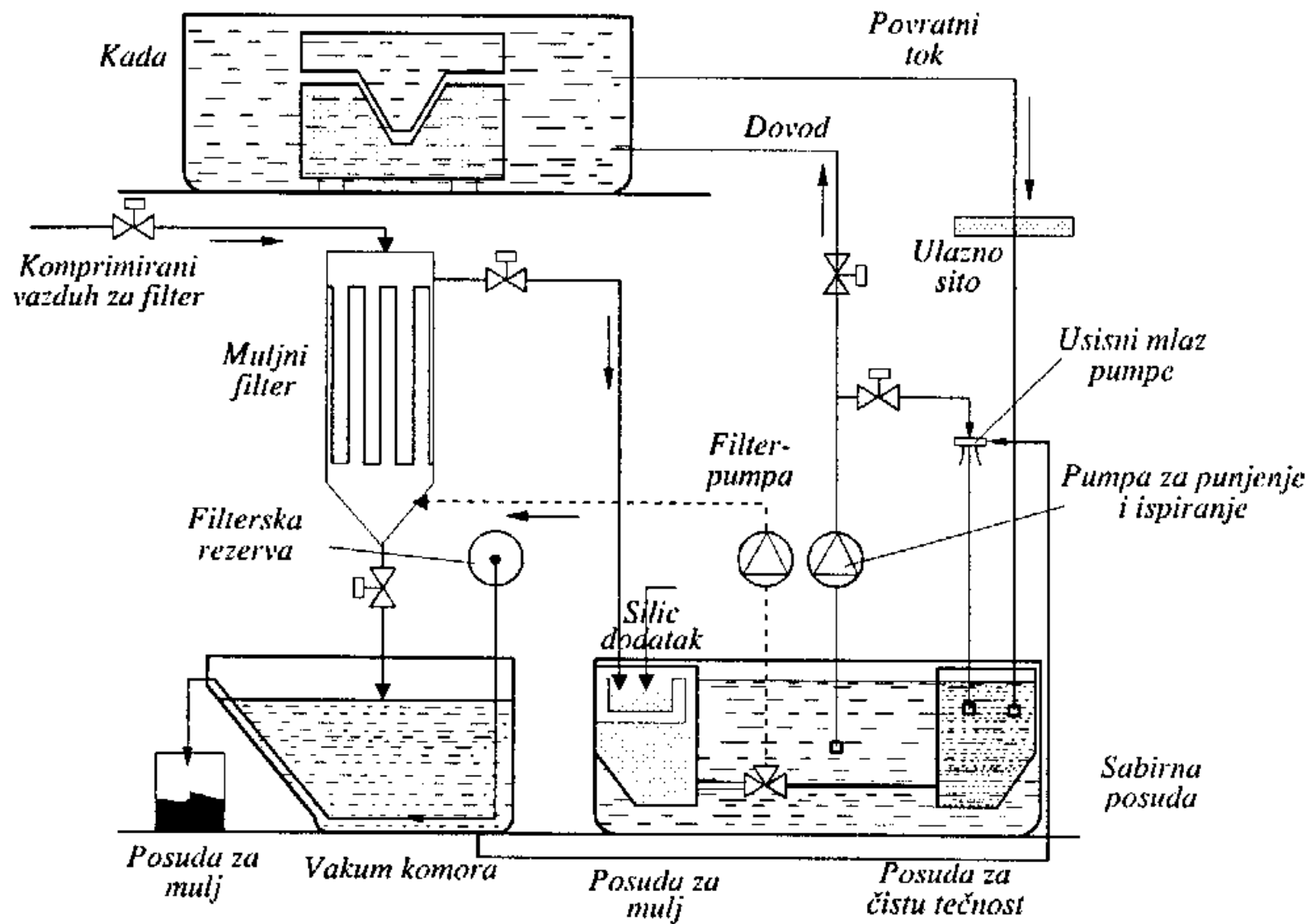
Kao dielektrikum (radna sredina) koristi se: kerozin, petrolej, industrijsko ulje, transformatorsko ulje, vazelinsko ulje, industrijska voda i sl.

S obzirom na funkcije, dielektrikum treba da ima slede}a svojstva:

- malu kinemati~ku viskoznost,
- sigurna dielektri~ka svojstva (elektri~nu probojnu ~vrsto}u),
- visoku postojanost u procesu,
- bezopasnost, visoku ta~ku paljenja,
- hemijsku neutralnost, netoksi~nost i
- nisku cenu.

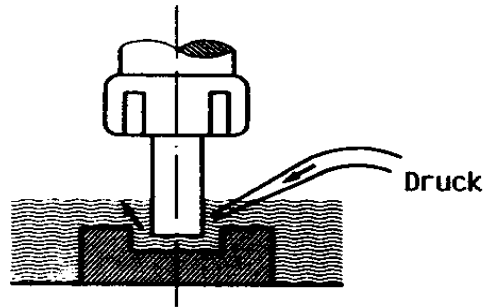
Cirkulacija dielektrikuma mo`e da bude prirodna i prinudna. Pri prirodnoj cirkulaciji (koja se re}e koristi) usled razlike temperatura, hidrauli~nih i akusti~nih talasa nastalih pri pra`njenju, obnavljanje dielektrikuma se vr{i talo`enjem.

[EMA SISTEMA DIELEKTRIKUMA

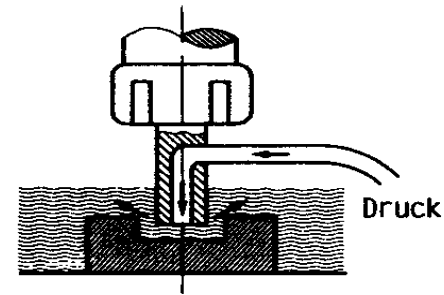


VARIJANTE DOVODA DIELEKTRIKUMA U ZONU OBRADE

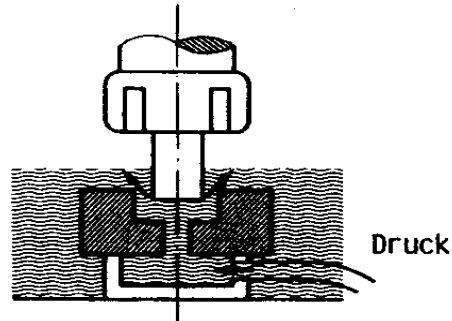
a) Spülung von oben



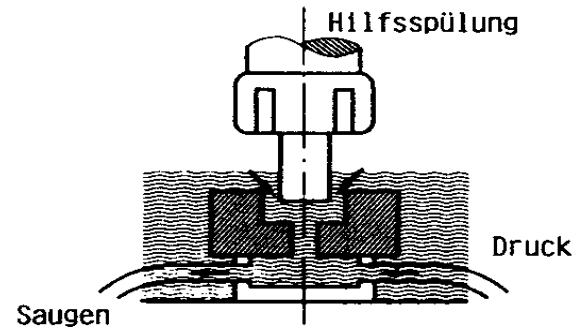
b) Spülung durch Elektrode



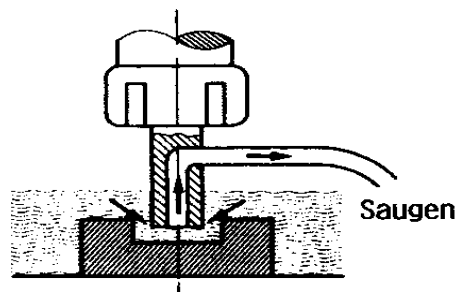
c) Spülung von unten



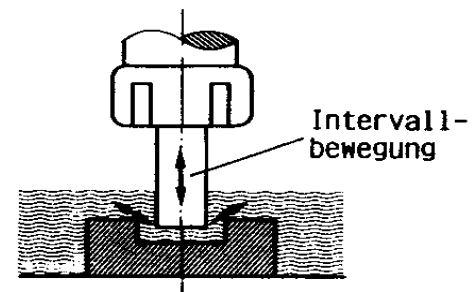
d) Absaugung von unten mit Hilfsspülung



e) Spülung durch Elektrode



f) Spülung von oben



GLAVNO VREME OBRADE

Vreme erodiranja - obrade teško je odrediti zbog potrebe podešavanja i regulisanja generatora impulsa tokom rada.

Glavno vreme obrade se procenjuje pri čemu se koristi jednačina:

$$t_g = \frac{V}{Q}$$

gde je:

- V (mm^3)-ukupna zapremina koju treba odneti sa obratka,
- Q (mm^3/min)-proizvodnost obrade.

RE@IMI OBRADÉ

Obrada	Re`im obrade			Tehnolo{ki parametri	
	P (kW)	t_i (μ s)	f (Hz)	Q (mm^3/min)	R_z (μm)
Gruba	30-3	10000-100	50-3000	30000-100	1000-50
^ista	5-0,3	500-50	1000-10000	500-30	25-6
Fina	≤ 1	≤ 20	≥ 3000	≤ 30	3-1

PROIZVODNOST OBRADE

Proizvodnost obrade određuje se eksperimentalnim putem. Može da se izrazi u zavisnosti od snage realizovane u međuelektrodnom zazoru.

$$Q = k_1 P$$

Gde je: k_1 - koeficijent koji zavisi od toploto-fizičkih svojstava obrađivanog materijala; P (W) - snaga generatora.

Kako je snaga:

$$P = W_i f$$

gde je: W_i (J) - energija impulsa, f (Hz) - frekvencija, to je:

$$Q = k_1 W_i f$$

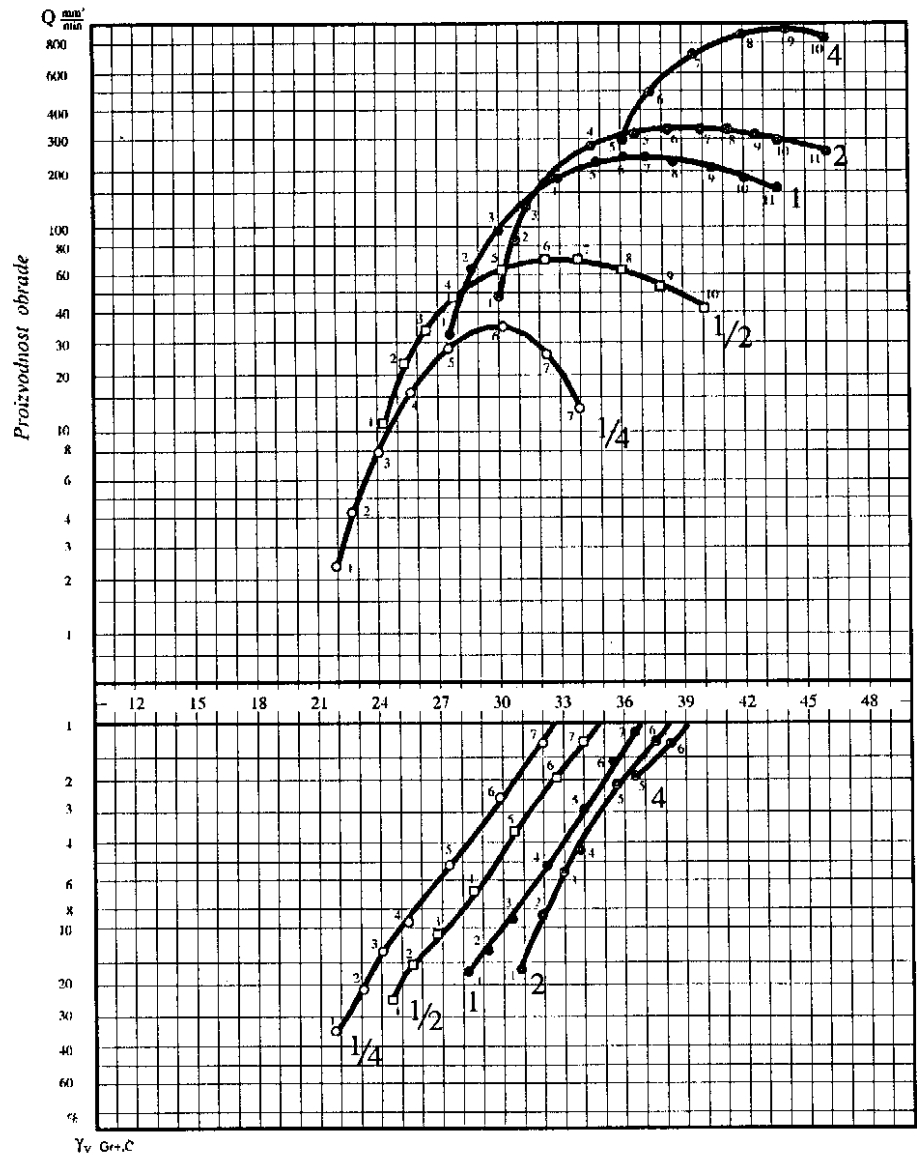
Odneta zapremina po jednom impulsu, tj. jednoj iskri je:

$$Q = k_1 W_i$$

Elektroda: Grafit
Polaritet elektrode: Pozitivan
Materijal: Čelik, 65RC
Dielektrik: Mentor 28 **Grafit:** Ellor 9

AGMO
GRAFIT +
ČELIK

Proizvodnost obrade Q i relativno zapreninsko trošenje elektrode - alata γ_v u funkciji CHARMILLES-ovog normalizovanog kvaliteta.



AGMO dijagrami

TEHNOLOGIJA IZOPULSA

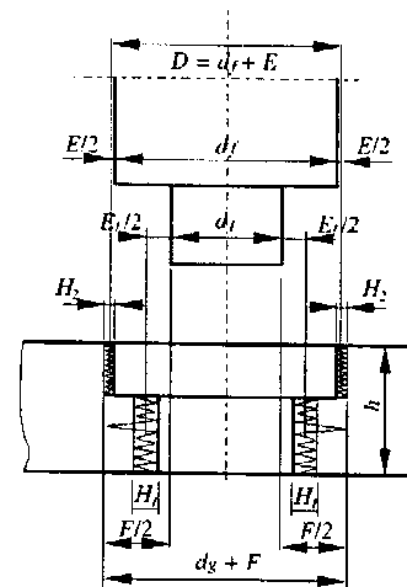
Elektroda: Grafit
Polaritet elektrode: Pozitivan
Materijal: Čelik, 65RC
Snaga: 2 · 80V

Dielektrikum: Mentor 28
 Izračunavanje dimenzija elektrode - alata

Gruba i polufina obrada: $d_g = D - F$. fina obrada: $d_f = D - E$

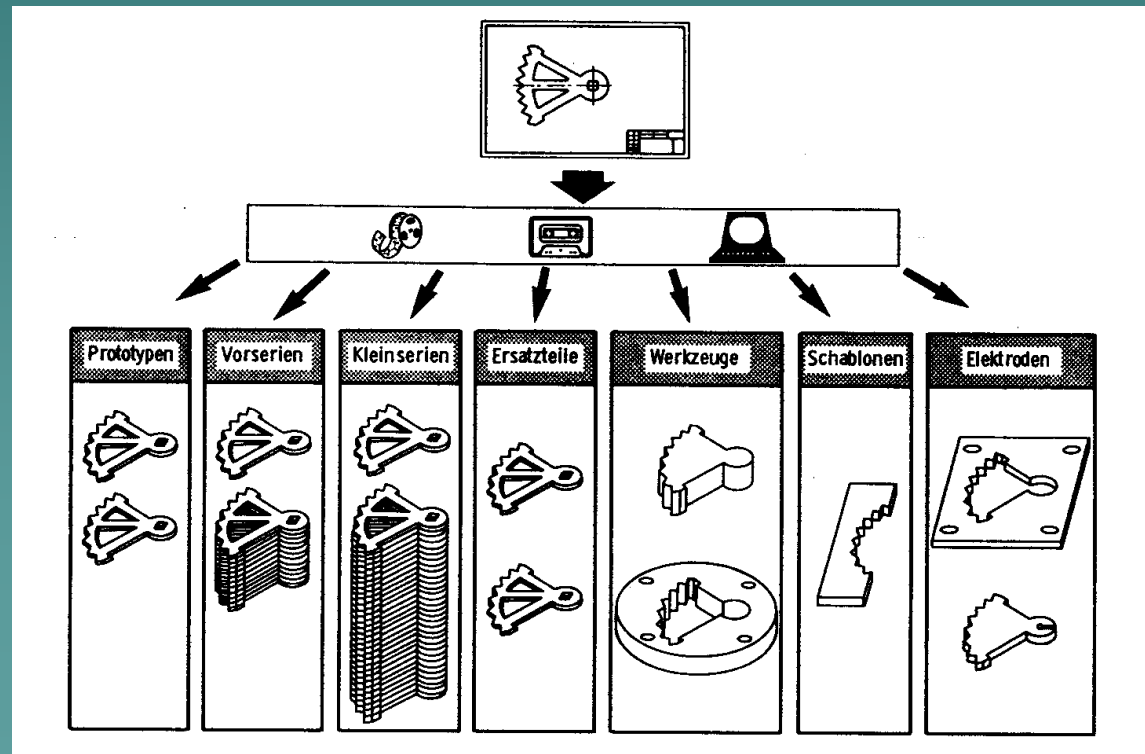
GRAFIT +
ČELIK
2 - 80V

A	B	C	E		F		Kvalitet površine				M	O	R
			Usviavanje	Uspričavanje	Bočni		Čeoni		Brzina odskočenja Q/mm/min	Relativno zapreminsko odnosenje elektrode γv (%)			
Pozicija "A" nagnutje ispuštanja	Pozicija "B" to - mih. putanja	Aktivna dužina elektrode $l = c \cdot h$	Strednje linija prostrengja (mm)	Dijagonalna površna prostrengja (mm)	Strednje linija prostrengja (mm)	Dijagonalna površna prostrengja (mm)	Ch N"	Ra (μm)			Ch N"	Ra (μm)	Relativno zapreminsko odnosenje elektrode γv (%)
1	2	2,3	0,079	0,14	0,080	0,14	30		32		40	20	2,8
2	2	1,7	0,090	0,158	0,090	0,16	31		33		70	12	4,2
3	2	1,5	0,096	0,17	0,100	0,17	32		33		110	8	5,2
4	2	1,1	0,110	0,19	0,113	0,20	33		34		170	6,2	6,5
5	3	0,8	0,14	0,23	0,14	0,24	35		35		270	3,8	8,2
6	4	0,6	0,17	0,29	0,18	0,30	37		37		340	2	9,2
7	5	0,5	0,215	0,36	0,23	0,37	39		39		380	1	9,5
8	6	0,4	0,27	0,44	0,29	0,46	40		41		390	0,5	9,0
9	7	0,4	0,34	0,54	0,36	0,57	42		43		360	-	8,0
10	7	0,3	0,42	0,65	0,45	0,70	44		46		310	-	7,0
11	8	0,3	0,52	0,80	0,57	0,87	46		49		235	-	5,2
12	9	0,2	0,63	1,0	0,71	1,05	48		52		150	-	3,4



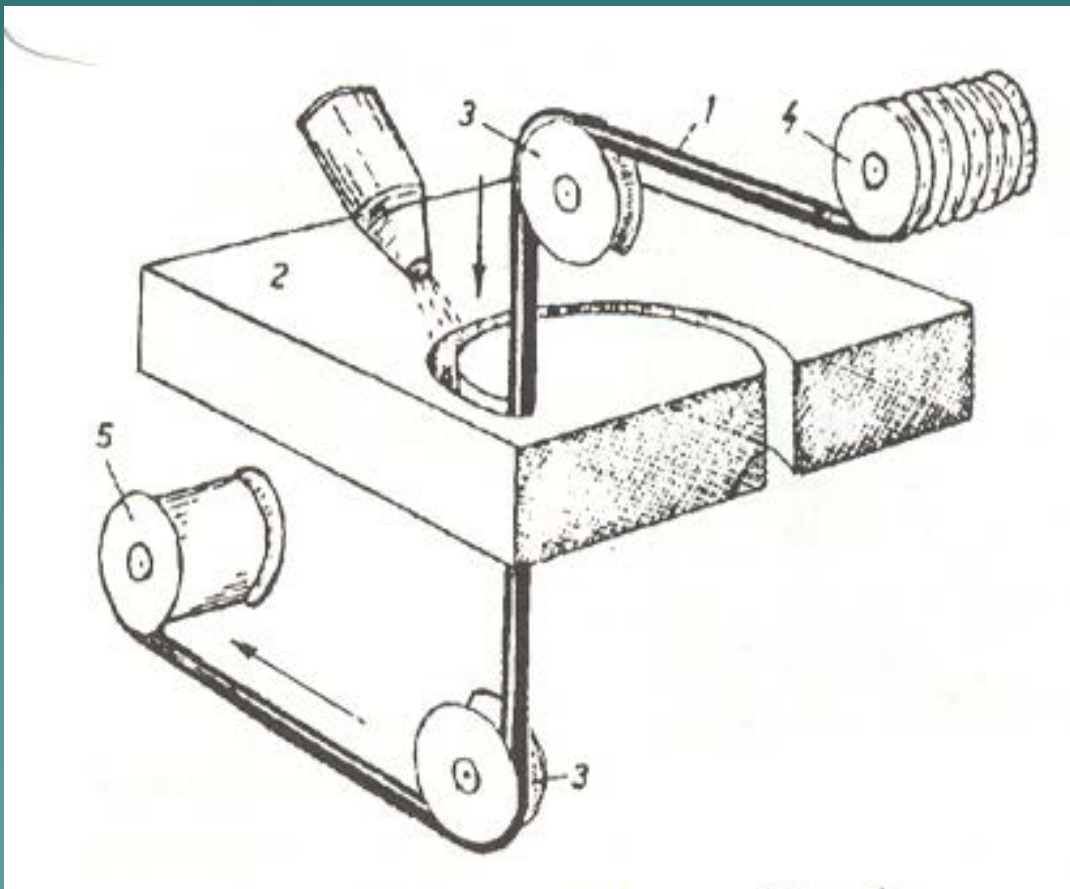
ELEKTROEROZIONA OBRADA @ I^ANOM ELEKTRODOM

Koristi se za konturno se~enje preciznih delova razli~ite konfiguracije. Primenjuje se za izradu prototipova, malih serija, alata za probijanje i prosecanje, alata za livenje, alata za plasti~ne mase, alata za izvla~enje. Koristi se i za izradu bregastih plo~a, {ablona, elektronskih elemenata, elektroda slo`enog oblika za elektroeroziono dubljenje.



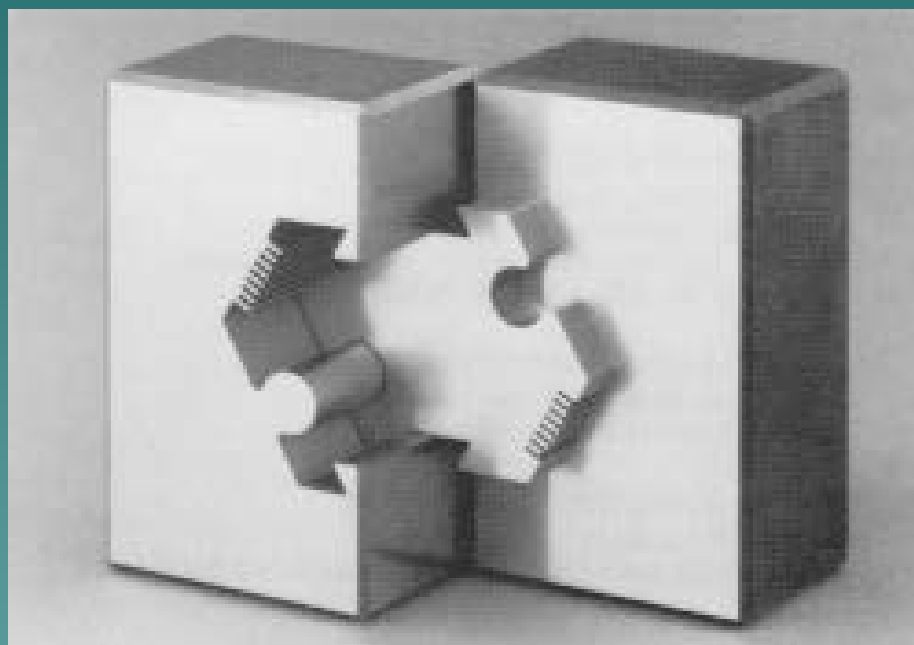
Ova obrada se izvodi elektrovarničnom metodom. Dosta se koristi u izreznim i odreznim operacijama izrade preciznih delova različite konfiguracije neprofilisanom elektrodom – alatom (šicom). Kontura nastaje relativnim kretanjem elektrode – alata (1) i elektrode – obratka (2). Metalna elektroda - šica – alat u zategnutom stanju klizi preko dve koturaste voljice (3) brzinom od 0,1 – 80(mm/s). Kretanje šice je neophodno da bi se vrtilo stalno, neprekidno, njeno obnavljanje u zoni obrade, jer se ona pri istoj haba (troši). Nekorišćena šica se nalazi namotana na kalem (5) u cilju obezbeđenja kontinuiteta. Kao dielektrikum, koristi se voda.

Elektrode od `ice se izra|uju od razli~itih materijala zavisno od namene, potrebnog kvaliteta povr{ine, dimenzija koje je potrebno postii, materijala obratka i same ma{ine na kojoj se vr{i erodiranje. @i~ane elktrode se izra|uju od: bakra, mesinga, ~elika, molibdena i volframa.

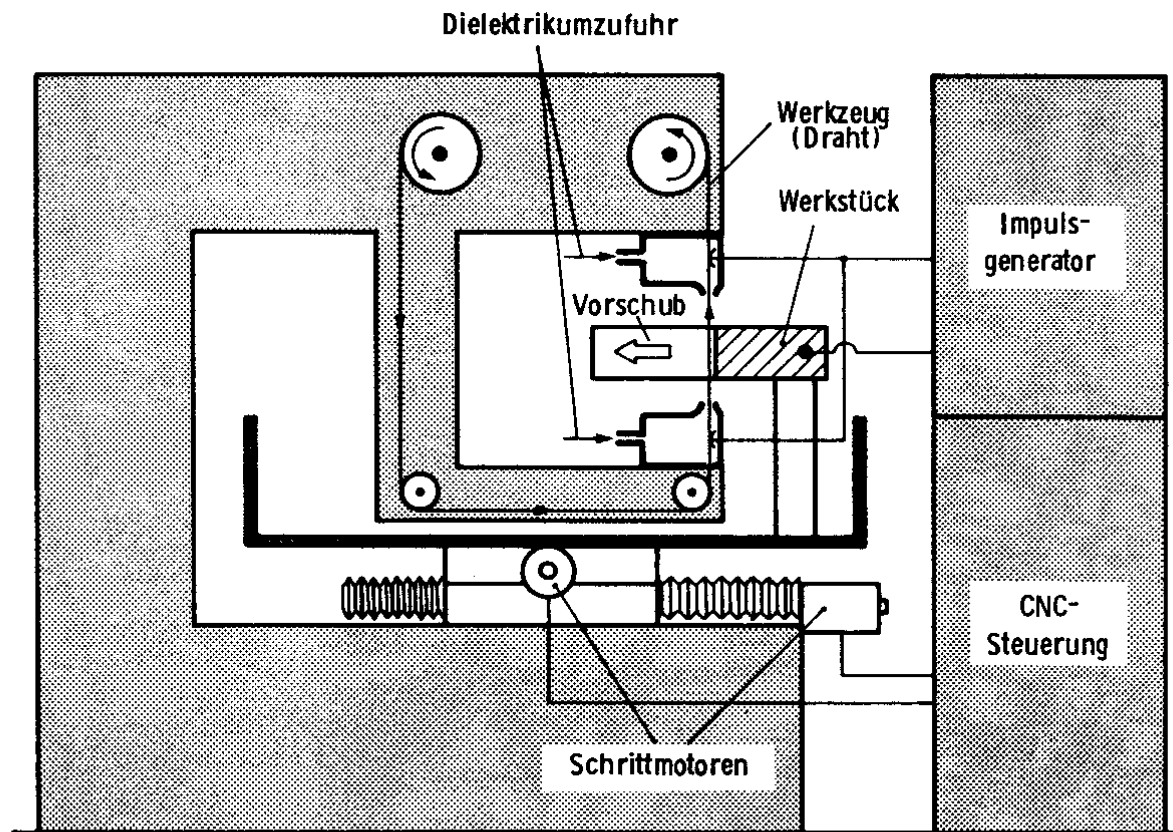


Slika: Obrada
`i~anom elektrodom

PRIMERI PRIMENE ELEKTROEROZIONE OBRADOM @ ANOM ELEKTRODOM



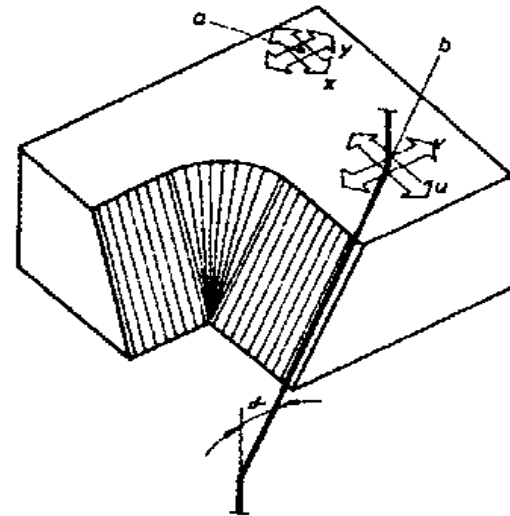
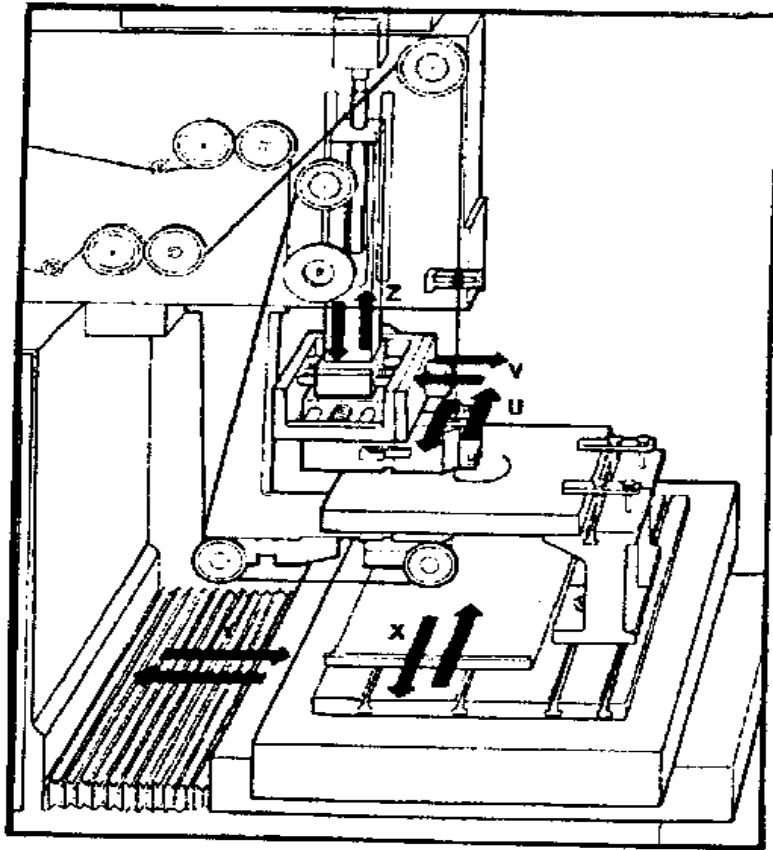
MA[INA ZA ELEKTROEROZIONU OBRADU @ I^ANOM ELEKTRODOM

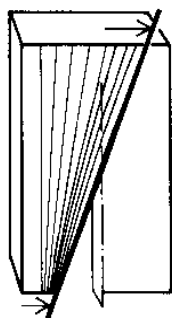


Arbeitsmedium : Deionisiertes Wasser
Werkzeug : Ablaufender Draht
Werkzeugwerkstoff : Kupfer, Messing, Stahl, Molybdän

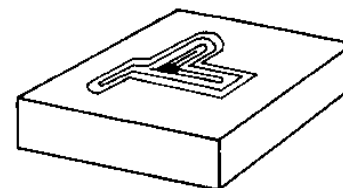
Drahtdurchmesser : 0,05 - 0,3 mm
Impulsfrequenz : 5 - 300 kHz
Leerlaufspannung : 200 - 400 V

MOGUĆA KRETANJE KOD MAŠINE ZA ELEKTROEROZIVNU OBRADU @ I^{ANOM} ELEKTRODOM

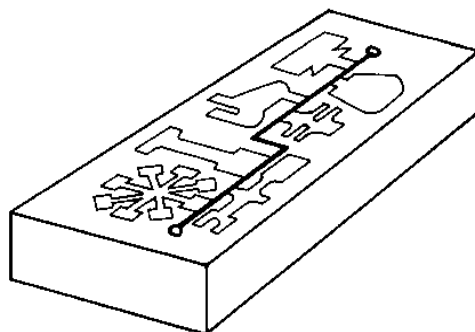




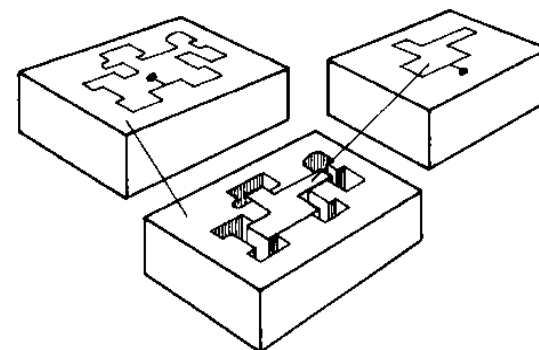
Partialsteg-Technik



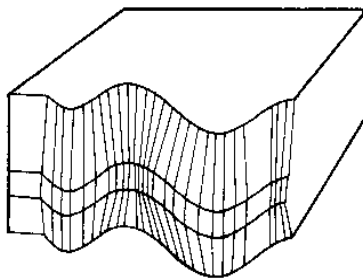
Vollabtrags-Technik



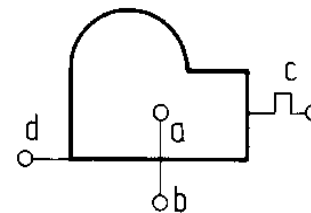
Anreihungs-Technik



Mosaik-Technik

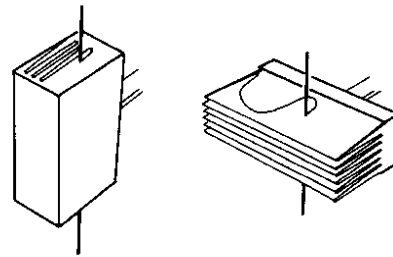


Schnittüberlagerungs-Technik



Anschnitt-Ausschnitt-Technik
a Vertikal innen, b Vertikal außen,
c Verriegelt, d Tangential

RAZNI OBLICI POVR[INA
KOJI SE OSTVARUJU
@I^ANOM ELEKTRODOM

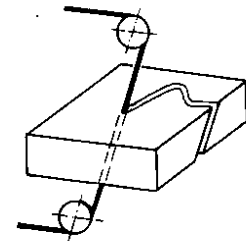
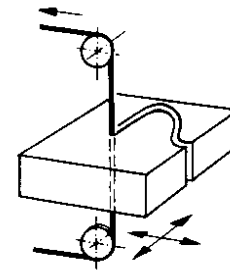


Durchdringungs-Technik

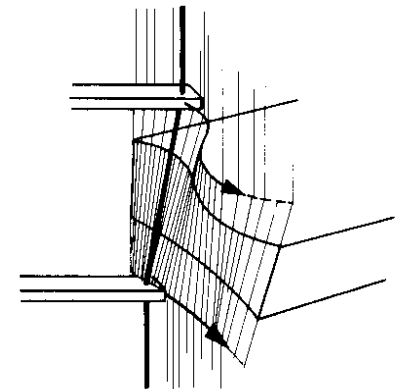
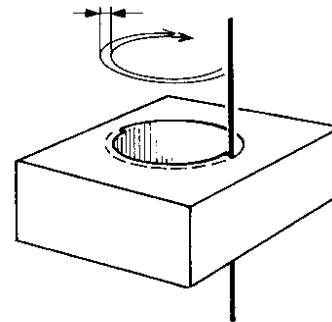
zylindrisch

konisch
stetig, unstetig
festwinklig, flexwinklig

Vollschneiden



Nachschneiden



RAZNI OBLICI POVR[INA KOJI
SE OSTVARUJU @ I^ANOM
ELEKTRODOM

KVALITET OBRADE

Tačnost obrade

Tačnost oblika

Tačnost dimenzija

Kvalitet reza

Geometrija reza

- Širina reza
- Oblik reza
- Nagib reza
- Zaobljenje ivica reza

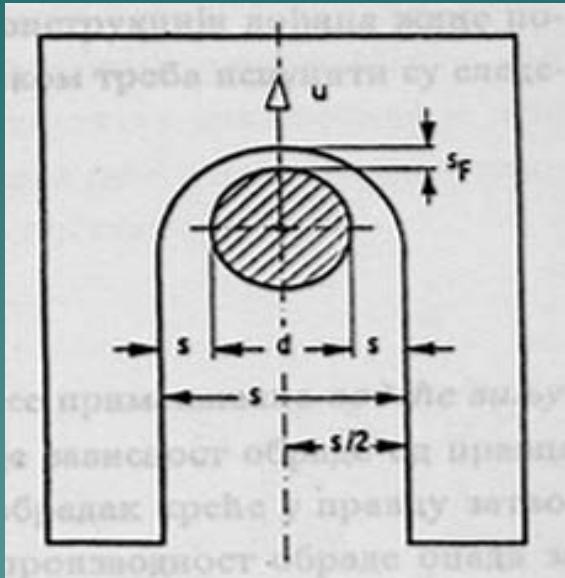
Kvalitet površine reza

- Hrapavost
- Valovitost
- Odstupanje oblika

Fizičko-hemijske karakteristike materijala u površinskom sloju reza

- Mikrostruktura
- Tvrdoća
- Zaostala naprezanja
- Oksidni sloj
- Depoziti šljake

[IRINA REZA

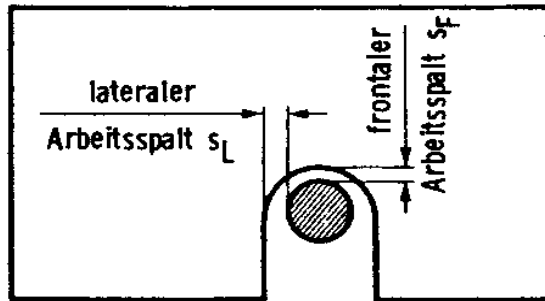
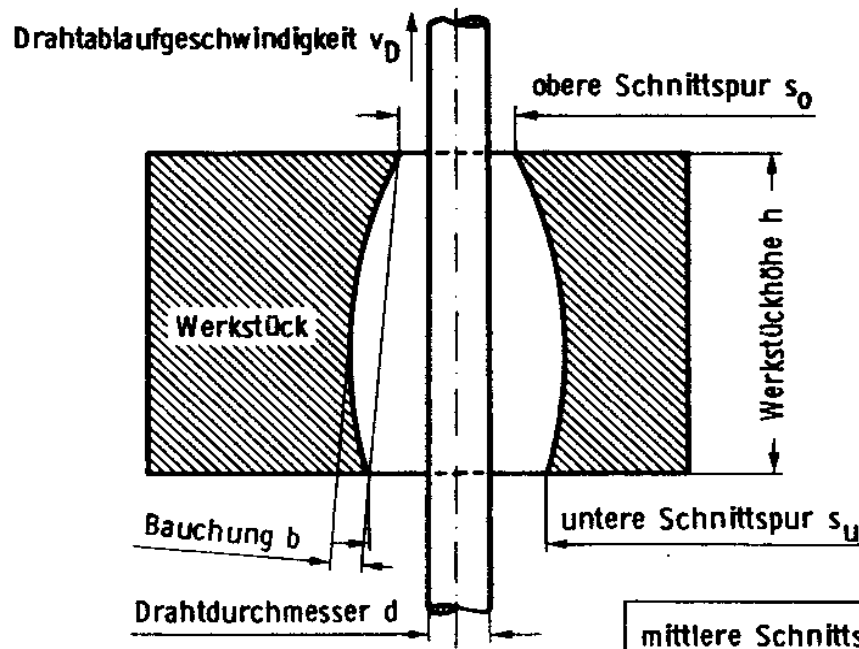


[irina reza b veća je od prečnika šice d za veličinu dva bočnog zazora s :

$$b = d + 2s$$

Veličine bočnog zazora dobijaju se eksperimentalno i u laboratorijama proizvođača mašina i isporučuju se u vidu tablica ili datoteka.

UTICAJ GENERATORA IMPULSA NA KVALITET REZA



mittlere Schnittspur:

$$s_m = \frac{s_0 + s_u}{2}$$

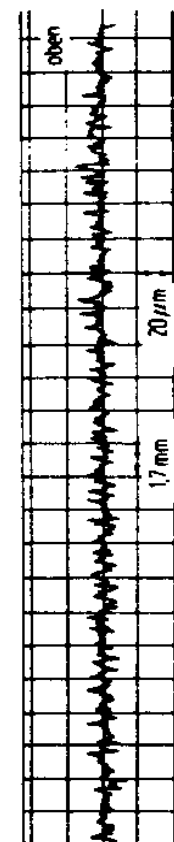
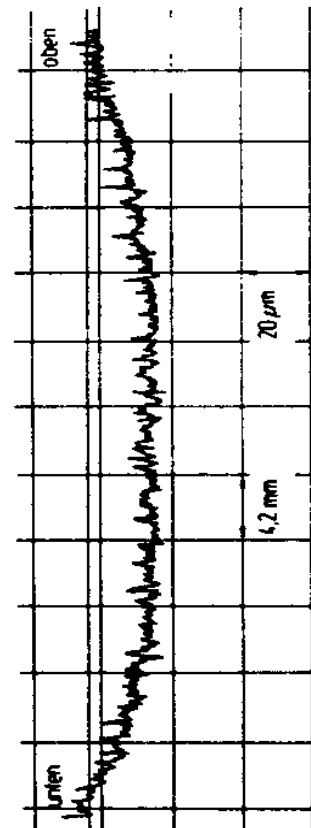
Konizität:

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{s_0 - s_u}{2h}$$

Meßschiebe

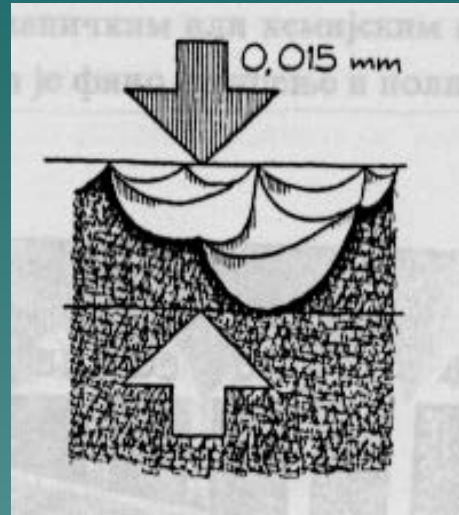
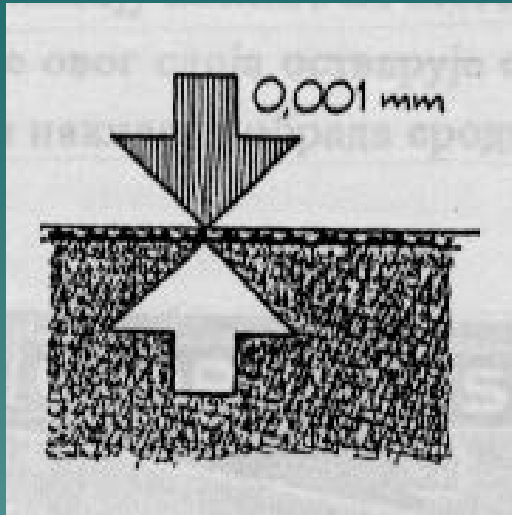
Relaxations-
generator

statischer Impuls-
generator



HRAPAVOST POVRŠINE REZA

Površina reza koja se dobija pri elektroerozivnom sečenju je matirana i sastavljena od niza sitnih udubljenja-kratera.



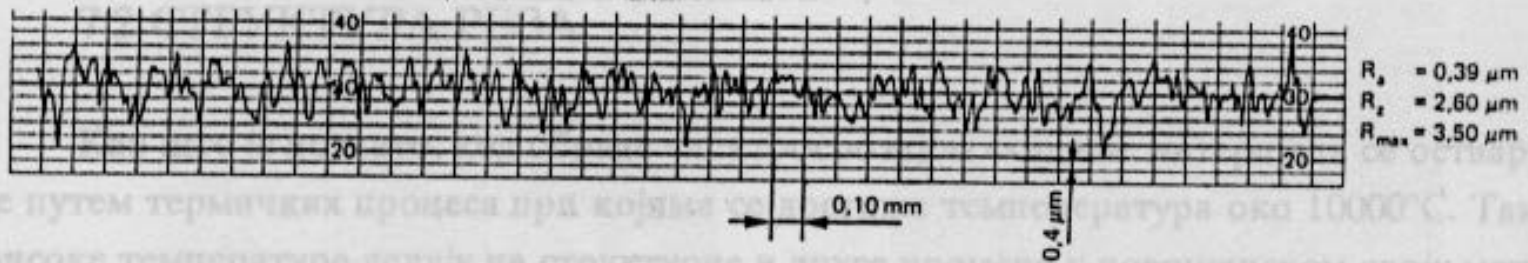
Merenje hrapavosti se može vršiti u laboratorijama na odgovarajućim uređajima. U praksi se koristi metoda uporedjivanja sa etalonima. Ocena se vrši na osnovu VDI normi koje imaju 51 klasu: VDI-0 je najfinija klasa sa $R_a=0,1\mu\text{m}$ a VDI-50 najgrublja sa $R_a=31,5\mu\text{m}$. Standardni kvalitet površine sečenja žicom je $R_{\text{max}}=2,9\mu\text{m}$, ultrafina površina reza je $R_{\text{max}}=1,8\mu\text{m}$ ($R_{\text{max}}\approx 5R_a$)

TOLERANCIJA T_F U ZAVISNOSTI OD HRPAVOSTI R_z



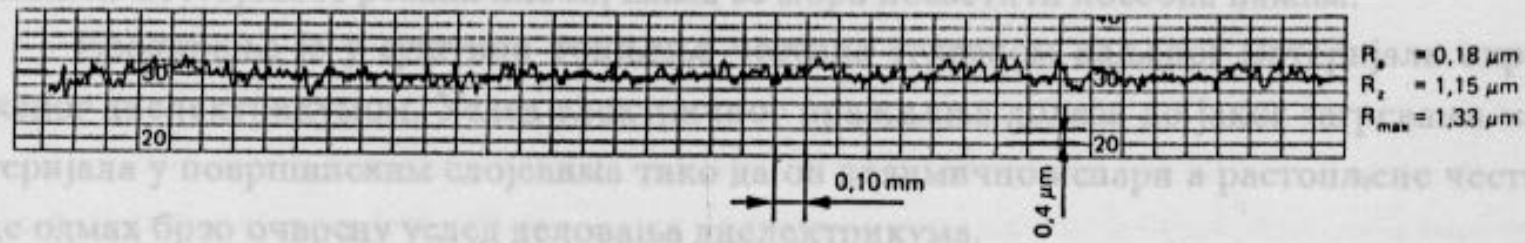
а) Agiecut 200D Standard

- Материјал: челик са 12% Cr
- Жица: Cobra Cut A; $\varnothing 0,25\text{mm}$
- Технологија: Пуни рез + 3 фина пролаза, површина обрађена млазом стаклених куглица



б) Agiecut 200D+SF

- Материјал: челик са 12% Cr
- Жица: Cobra Cut A; $\varnothing 0,25\text{mm}$
- Технологија: Пуни рез + 5 финих пролаза, без накнадне обраде



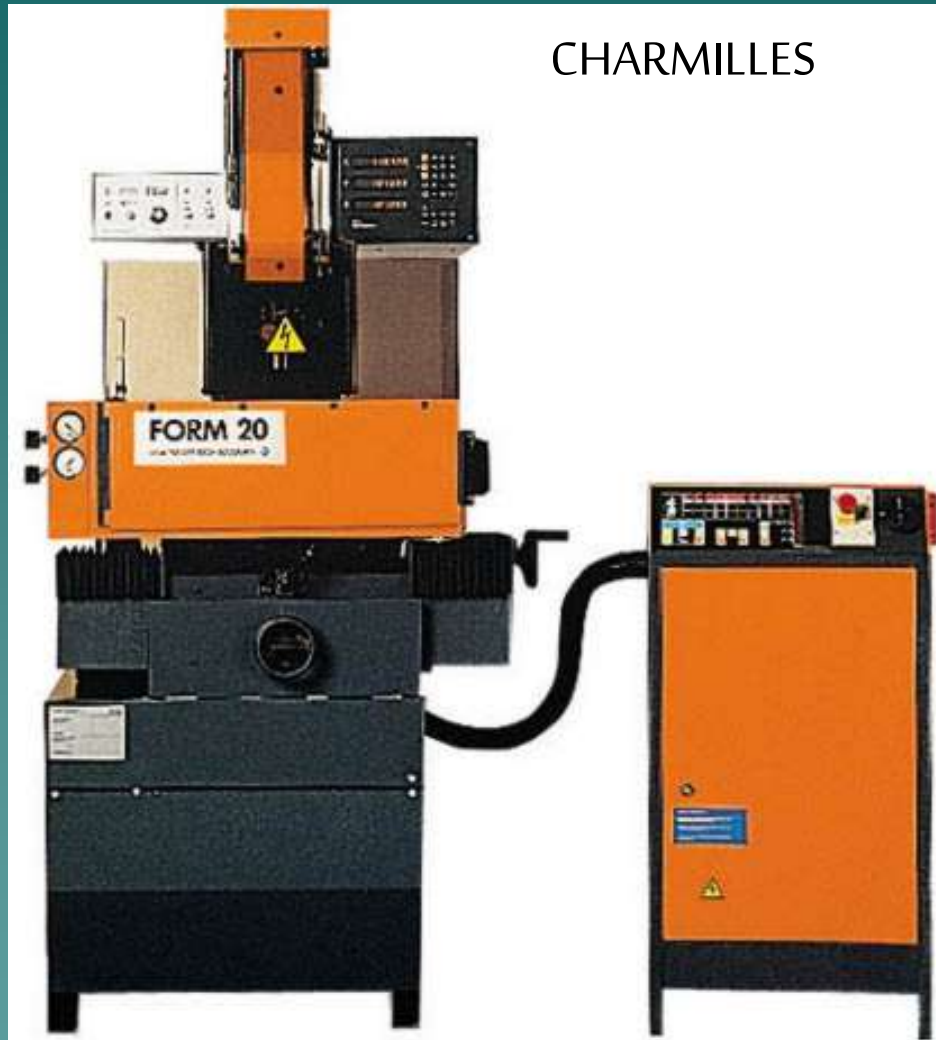
Сл.35 Дијаграми храпавости, а)Површина резања на стандардној машини, б)Површина резања добијена технологијом SF, R_a =средња храпавост, R_z = просечна дубина неравнина, R_{max} =максимална дубина неравнина.

MAŠINA ZA ELEKTROEROZIJU OBRADU @ I^ANOM ELEKTRODOM

MITSUBISHI



CHARMILLES



CHARMILLES



CHARMILLES

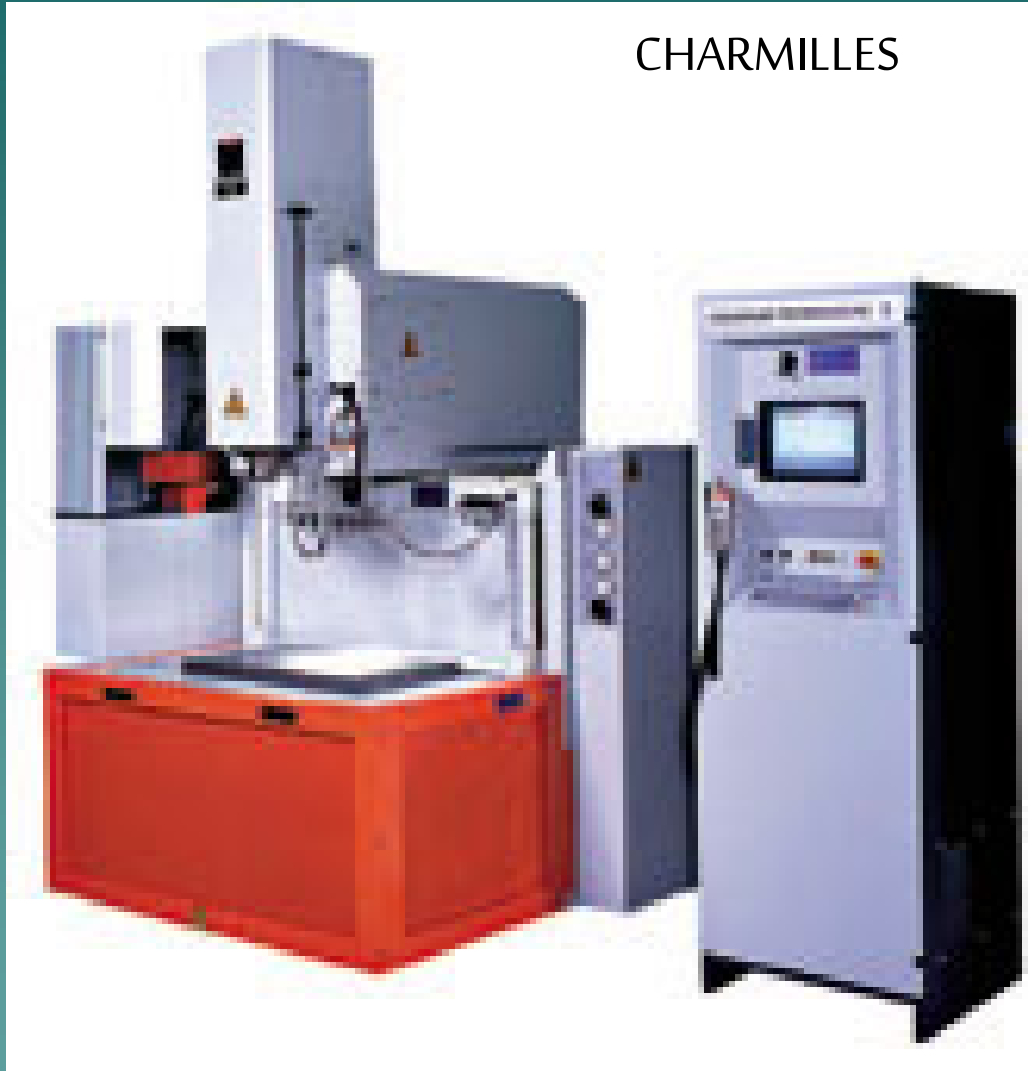


CHARMILLES



HOLEDRILL

CHARMILLES



ROBOFORM 50







KRAJ