

Szikraforgácsolás
Electrical Discharge Machining
(EDM)

Története

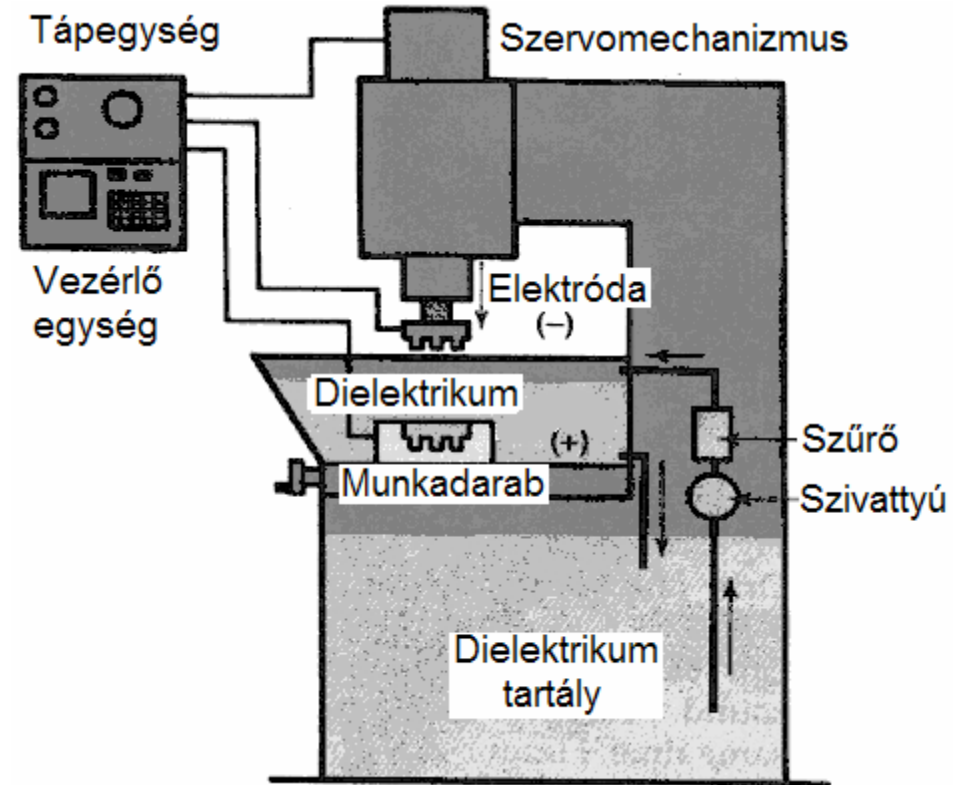
- 1770 elektromos kisülés eróziós hatásának felfedezése
- II. világháború fegyvergyártáshoz szükséges nagy keménységű anyagok megmunkálása
- 1943 EDM szabadalom Lazarenko testvérek
- 1945 WEDM szabadalom Periflev és Bauer
- 1958 Erosimat C Magyarországon fejlesztették ki az első szerszám és gépgyártásban alkalmazható berendezést
- 1960 független impulzus generátorok

Szikraforgácsolás alapelve

- A szigetelő munkafolyadékba (dielektrikum) merített szerszámelektrod és a munkadarab között (mindkettő villamosan vezető) kisülés sorozatot hozunk létre.
- Kisülések feltételei:
 - Elektrodák nem érhetnek össze
 - Távolságuk akkora (szikraköz), hogy a feszültség legyőzze az átütési szilárdságot.
 - Feszültég impulzusokat kapcsolnak az elektrodákra
 - Folyamatos feszültség esetén ívkisüléssé alakul át a szikra.
 - Elektrodák távolsága állandó

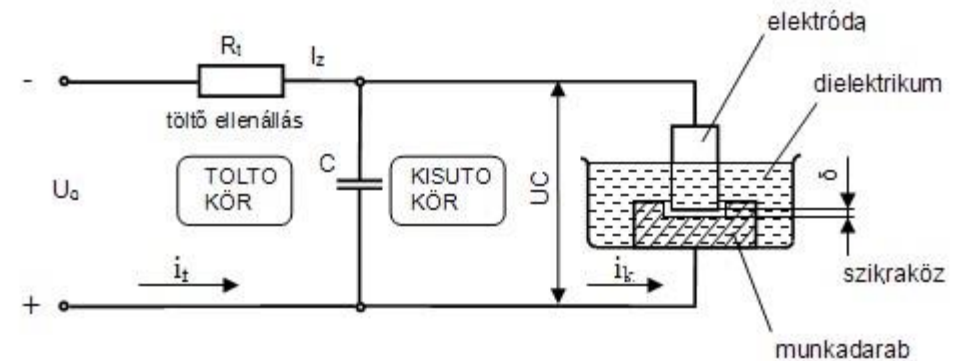
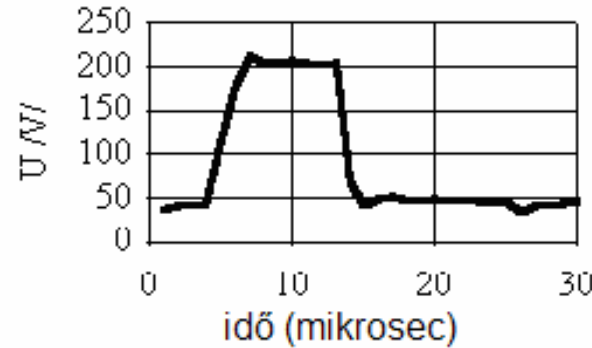
Berendezés felépítése

- Fő részei
 - Tápegység
 - Vezérlő egység
 - Szerszám és szervo mechanizmus
 - Dielektrikum rendszer
 - Tartály
 - Szűrő
 - Szivattyú

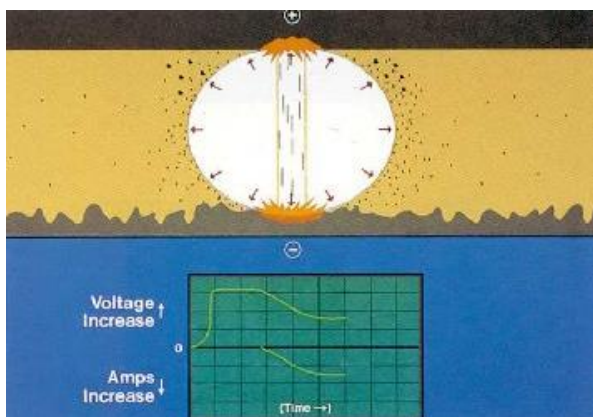
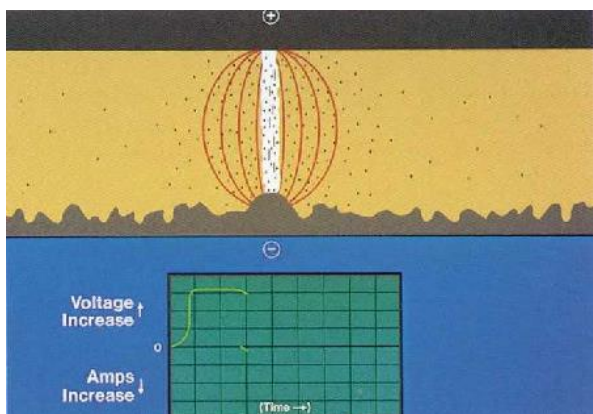
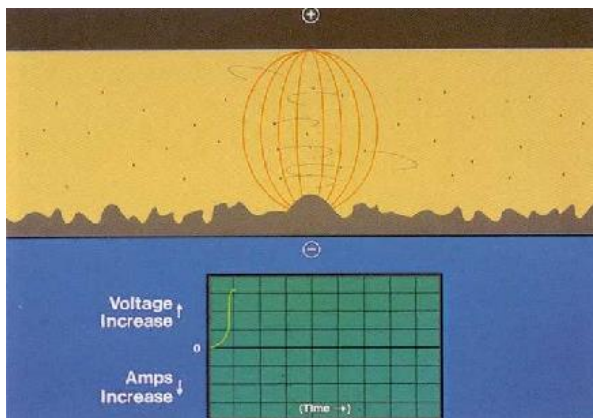


Elvi működése

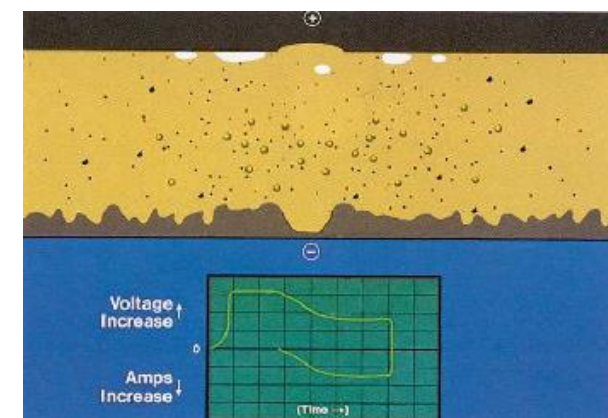
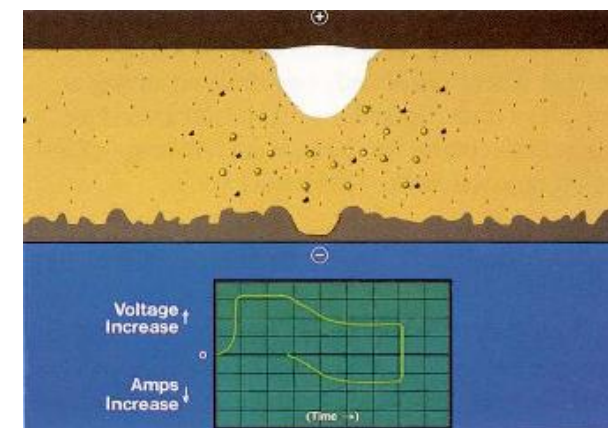
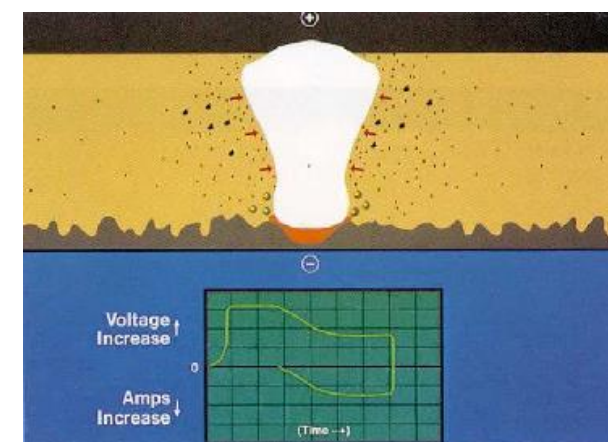
- Energiaforrás – kondenzátor telep
 - Feltöltődik – majd kisül
 - $f=2-100$ kHz
- Kisülés kis helyen, rövid idő alatt megy végbe (μs)
- Nagy áramsűrűség alakul ki
- Keletkező hőmérséklet $10-12000$ °C
- Két részfolyamatra lehet bontani a szikraforgácsolást
 - Anyagleválasztás
 - Eróziós termékek eltávolítása



Anyagleválasztás lépései



- Villamos erőtér kialakul
- Elektronok lépnek ki a katódrol (szerszám) – hideg emisszió
- Elektronok ütköznek a dielektrikum molekuláival – lökés ionizáció
- Kialakul az ioncsatorna – helyileg megszűnik a szigetelőképeség
- Gáz- gőz burok alakul ki az ioncsatorna körül az erők a vezető csatornát szűkíteni igyekeznek (energia koncentráció)
- Az elektronok a mdb-ba csapódva megolvasztják, elgőzöltetik helyileg
- A szerszám kopását + ionokkal való ütközése okozza
- A fém kivetődik munkafolyadékba és lehűl, a helyén üreg keletkezik
- Energia utánpótlás hiányában az ioncsatorna összeomlik.
- A dielektrikum szigetelő képessége visszaáll.
- A forgácsot a dielektrikum elszállítja.



Szerszámelektróda

- Elméletileg minden fémes anyag lehet szerszám.
- Követelmények:
 - Jó villamos vezető képesség
 - Jó hővezető képesség
 - Magas olvadáspont
 - Nagy olvadáshő
 - Nagy fajhő
- Tömbelektródás szikraforgácsoláskor a szerszám költség a gyártási költség 70-80%-a is lehet.
- Szerszámanyagok:
 - Grafit – leggyakoribb
 - Főleg acél megmunkálásához
 - Nagy forgácsteljesítmény
 - Jól forgácsolható
 - Különböző sűrűségű, porozitású, és szemcseméretű fokozatokban áll rendelkezésre
 - 3550 °C-on szublimál → fekete füst
 - Grafitréz
 - Igen drága
 - Keményfémekhez alkalmazzák
- Vörösréz
 - Jól megmunkálható
 - Hidegen is alakítható
 - Jól polírozható → megmunkált felület is jó minőségű
 - Fajlagos fogyása viszonylag kicsi
 - Acél simításakor alkalmazzák
- Sárgaréz
 - Jól megmunkálható
 - Fajlagos fogyása elég nagy
 - Ti szikraforgácsolásához alkalmazzák
- Wolframréz
 - Nehezen megmunkálható
 - Bonyolult, pontos elektródákhoz
 - Kis érdességű felületet eredményez
 - Keményfémekhez
 - Fajlagos fogyása kicsi
 - Drága anyag
- Wolfram ezüst
 - Hasonló a wolframrézhez
 - Rendkívül ellenálló a sarokfogyással szemben
- Keményfém
 - Acélokhoz, keményfémekhez
 - Kis átmérőjű mélyfuratokhoz $L > 10d$

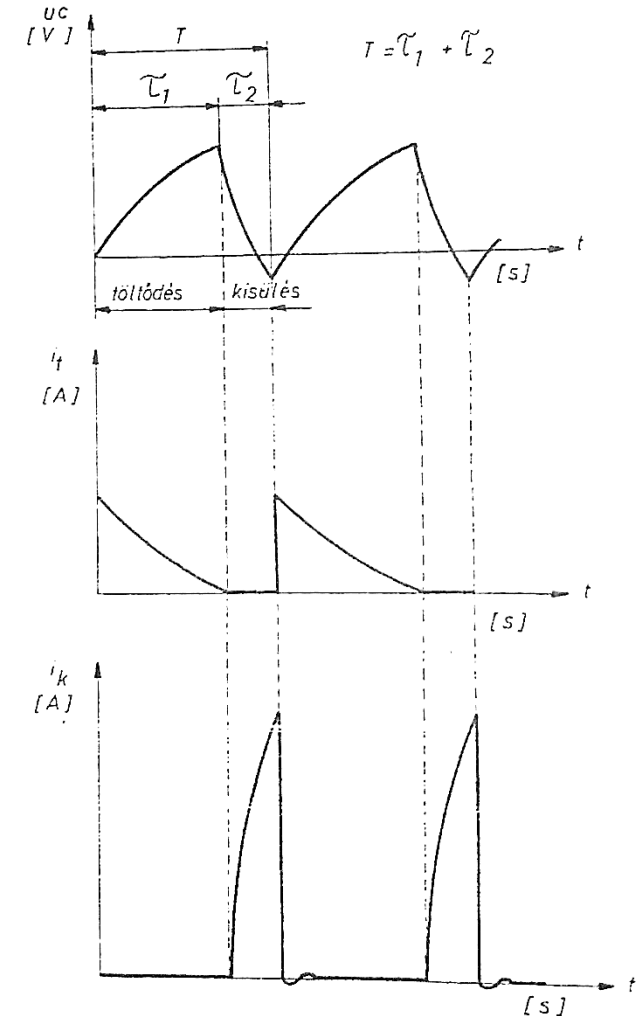
Munkafolyadék

- Feladatai
 - Részt vesz a szikraforgácsolás folyamatában
 - Hűt
 - Eltávolítja a forgácsoláskor keletkező anyagrészeket
- Követelmények
 - Nagy átütési szilárdság → szikraköz csökken, pontosság nő
 - Rövid rekombinációs idő → anyagleválasztási teljesítmény nő
 - Jó hűtőképesség
 - Kis viszkozitás
 - Magas lobbanáspont
 - Gyenge gáz és salakelnyelő képesség
 - Kémiai stabilitás
 - Egészségre ne legyen ártalmas
 - Ne okozzon korróziót
- Alkalmazott munkafolyadékok
 - Petróleum
 - Szagtalanító és gázbuborék képződést gátló adalékokat tesznek bele
 - Átütési szilárdsága jó
 - Szennyezőket oldja → rosszul szűrhető
 - Gázosodásra hajlamos
 - Ionmentesített víz
 - Viskozitása kicsi
 - Hűtőhatása kiváló
 - Kis átütési szilárdság
 - Transzformátor olaj
 - Szilikon olaj
 - Petróleum-olaj keverék
 - Etilénglikol-víz keverék
 - Víz-olaj emulzió
 - Sűrített levegő

Jellemző paraméterek

- Áramerősség

- Töltőáram erősség: i_t
- Kisülési áramerősség: i_k
- Kondenzátor feszültség: U_c
- Szikraköz feszültség: U_{sz}
- $U_{sz\ opt} \approx 0.6 \cdot U_0$
- Szikraköz: $\delta = 0.013 - 0.13$ mm
- Kapacitás: c [μ F]
- Frekvencia: $f = 1 - 250$ kHz
- Munkadarab/szerszám kopásarány: 0.1-10
- Fajlagos elektróda fogyás: $\gamma = \frac{V_e}{Q} \cdot 100\%$
- Forgács teljesítmény: $Q_{max} = 520$ mm³/min
- Elektróda fogyás: V_e [mm³/min]
- Fajlagos forgács teljesítmény: $V_f = 0.1 - 0.5$ cm³/kW·min

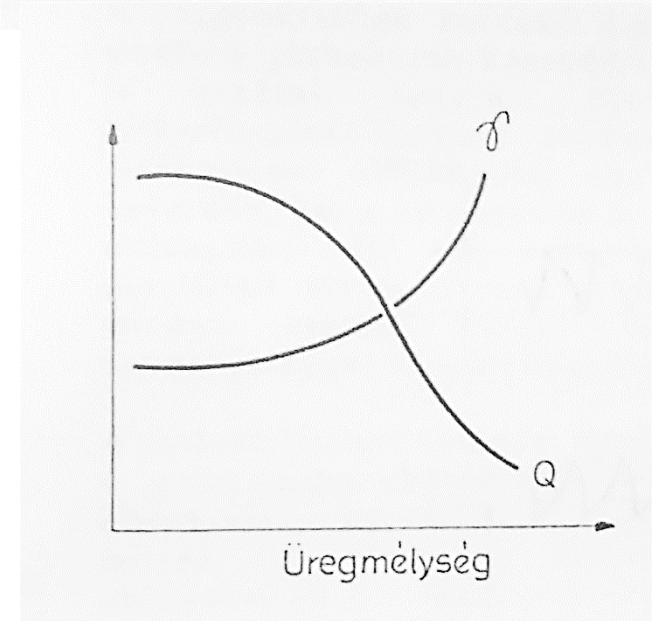
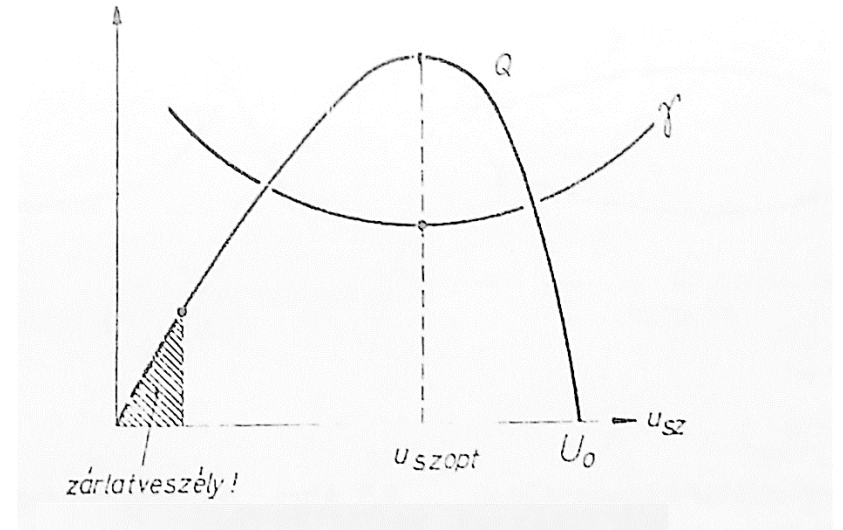
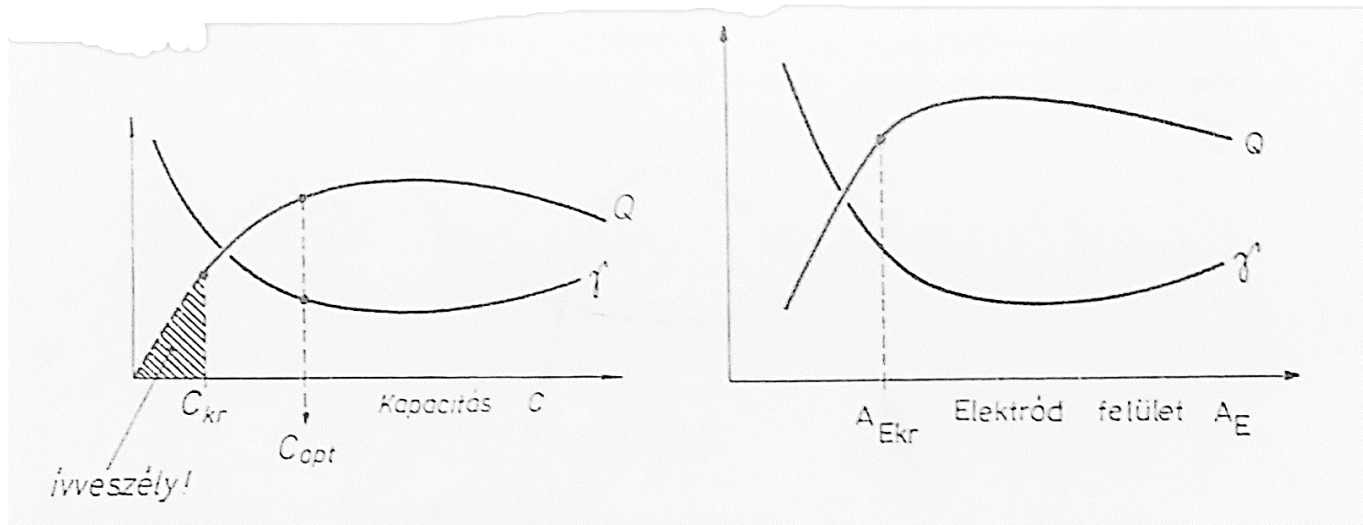


Paraméterek hatása

- A berendezéseknek több nagyoló és simító fokozatuk van
- Nagyolás – nagyobb forgácsolási teljesítmény, durvább felület, kisebb pontosság nagyobb munkarés, ciklusidő nagyobb szikraköz feszültség
- Simítás - kisebb forgácsolási teljesítmény, finomabb felület, nagyobb pontosság kisebb munkarés, ciklusidő csökken kisebb szikraköz feszültség

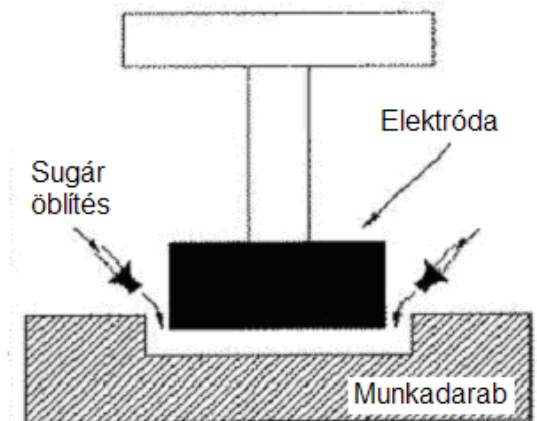
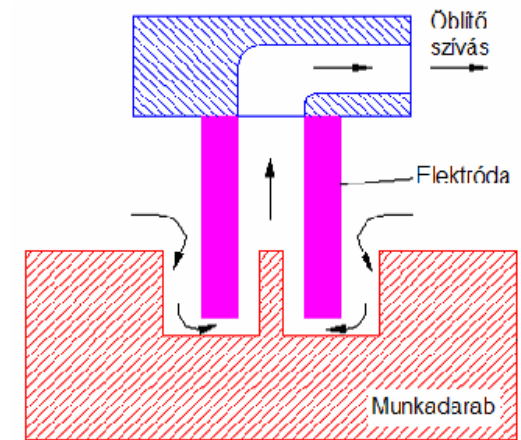
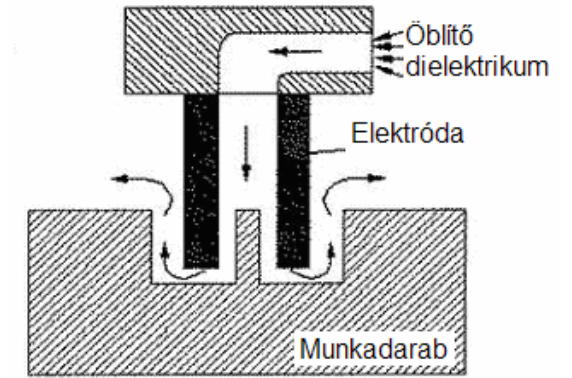
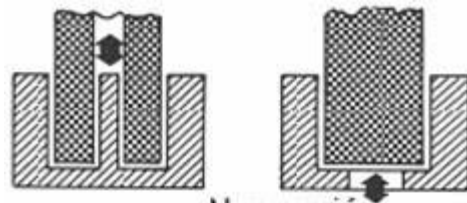
Paraméterek hatása

- Az anyagleválasztási sebességet és az elektróda kopást befolyásoló tényezők.



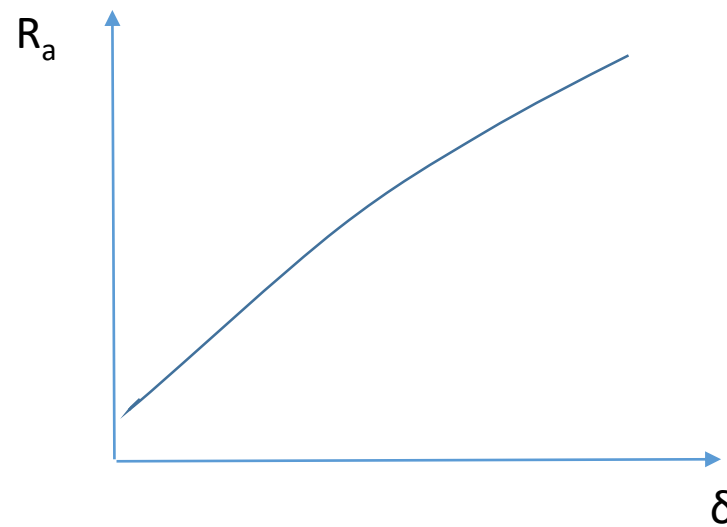
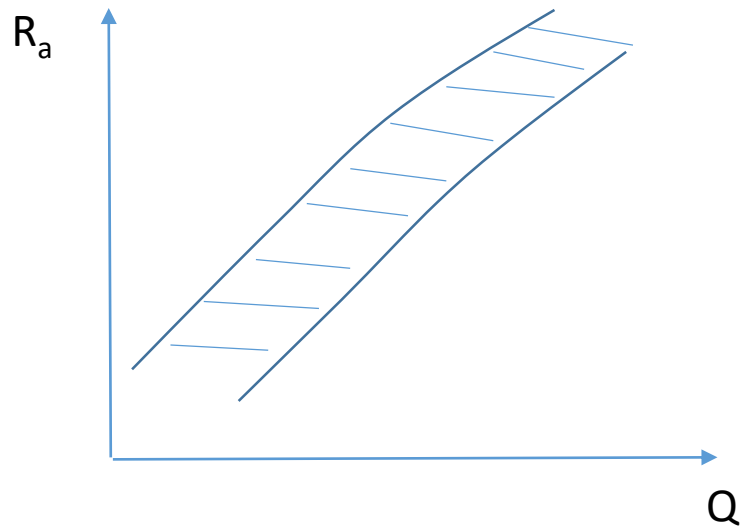
Öblítési módok

- Folyadékot szűrni és tisztítani kell, nagy áram esetén hűteni is célszerű
- Kényszeröblítést alkalmaznak általában – nyomás alatt
- Ellenáramú öblítés
 - A dielektrikumot a szerszámba vagy a mdb-ba fúrt furaton keresztül nyomással juttatják a munkatérbe
- Egyenáramú öblítés
 - A furaton keresztül elszívással távolítják el a munkatérből
- Vegyesáramú öblítés
 - Ha nem készíthető öblítő furat. Az alakzat 1/6-1/3 kerülete mentén fúvókákon keresztül juttatják a munkatérbe
- Rezgetés



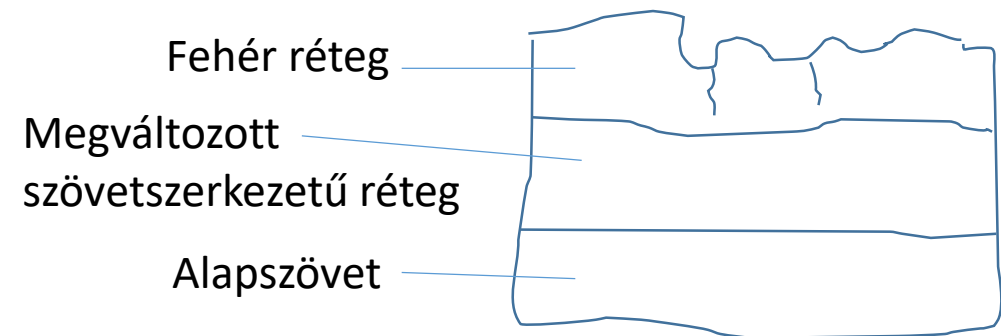
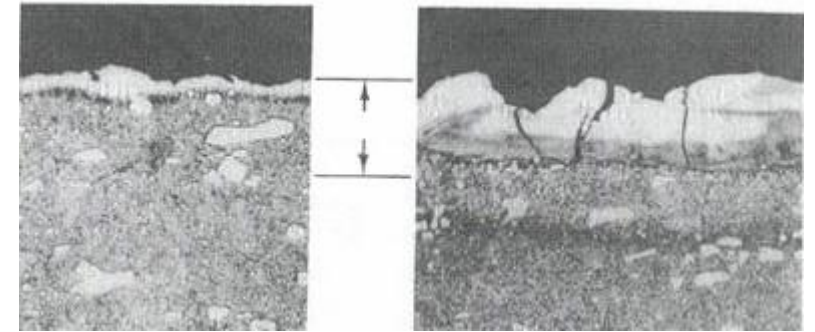
Felület tulajdonságai

- Kráteres a felület – a kráterek átmérő/mélység viszonya 1/5-1/50 között változik
- Felületi érdességet a kisülések energiatartalma határozza meg
- Elérhető felületi érdesség: $R_a=0.2-6.3 \mu\text{m}$



Szikraforgácsolás hatása a felületi rétegre

- A termikus hatás miatt jelentősen megváltozik az alapszövethez képest
- Felületi rétegvastagság: 0.002-0.13 mm
- Szikraforgácsolt felület jobban tükrösíthető, mint a köszörült
- Kenési tulajdonságok jobbak → jobban megtartja a kenőanyagot
- Simításkor törekedni kell a minél kisebb vastagságú felületi rétegre.
 - Nagyolás után > 10 μm
 - Egyszeri simítás után < 5 μm
 - Négy simítás után < 1 μm
- A felületi réteget polírozással, csiszolással célszerű eltávolítani.
- Ha nem lehetséges, akkor feszültségmentesítő hőkezelést kell végezni



Megmunkálási sorrend

- Edzett acél esetén

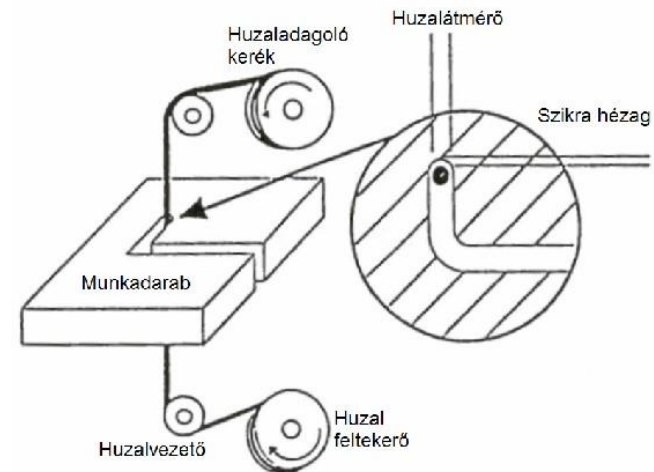
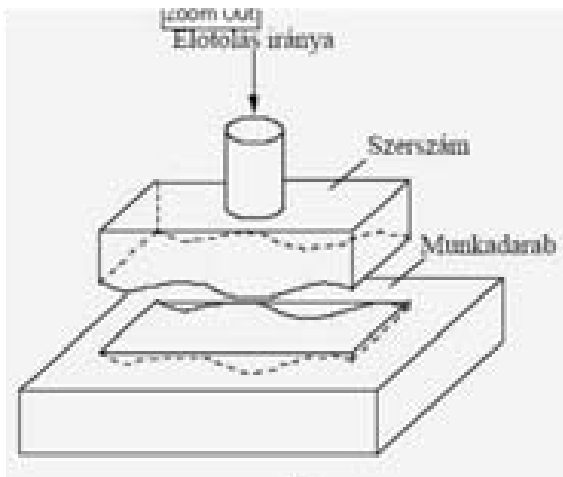
- Forgácsolás
- Edzés
- Megeresztés
- Nagyoló szikraforgácsolás
- Készre szikraforgácsolás
- Csiszolás, polírozás vagy megeresztés

- Lágyított acél esetén

- Forgácsolás
- Nagyoló szikraforgácsolás
- Készre szikraforgácsolás
- Csiszolás, polírozás
- Lassú hevítés edzési hőmérsékletre
- Edzés
- Megeresztés

Eljárás változatok

- Tömb elektródás szikraforgácsolás
 - Alakos elektróda
 - Lenyomata készül el
 - Mozgások egyszerűek
 - Szerszám bonyolult
- Huzalelektrodás szikraforgácsolás
 - X, Y mozgatás külön
 - Huzalt csévélik → kopás
 - Vonalfelületek előállítása

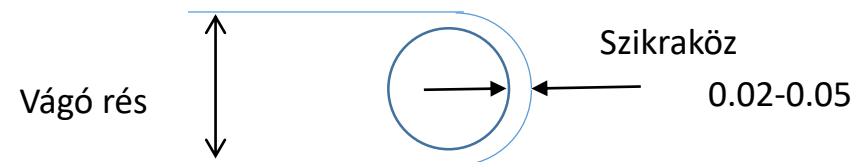
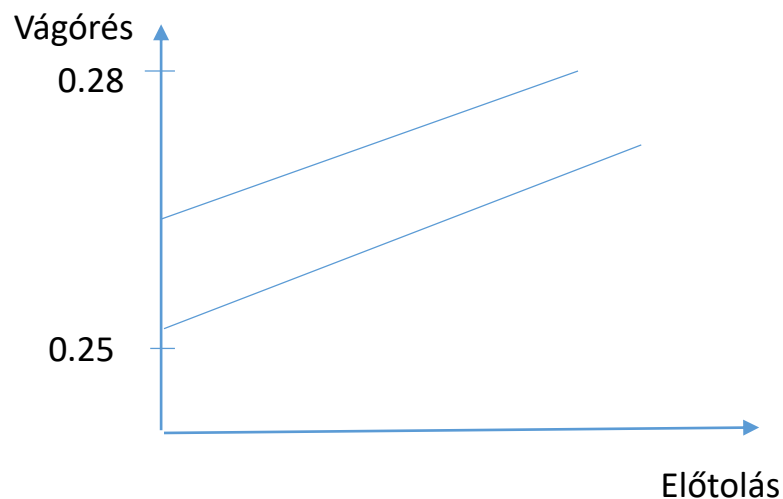


Eljárás változatok

- Forgó elektródás szikraforgácsolás
 - Köralakú üregekhez
 - Mikro szikraforgácsolás
 - $n=200$ ford/min
 - Öblítési viszonyok javulnak
 - Anyagleválasztási sebesség nő
 - Felületi érdesség csökken
 - Alakpontosság nő
- Bolygó elektródás szikraforgácsolás
 - Szerszám egyszerűbb a tömb elektródásnál
 - Összetettebb mozgásokra képes
 - Adott átmérőjű körpályán bolygó mozgást végez → orbiter

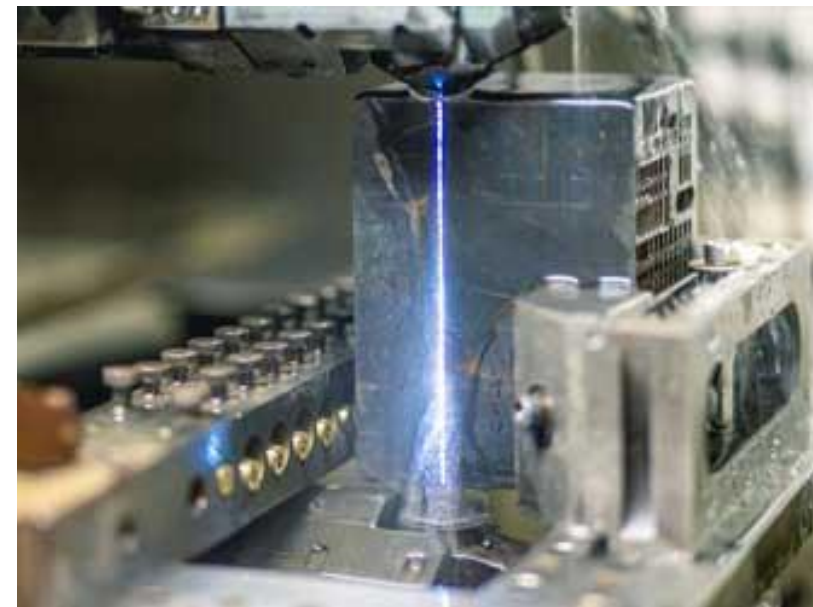
Huzalelektrodás szikraforgácsolás (WEDM)

- Szerszám huzal: $\varnothing=0.05-0.3$ mm
- Anyaga: sárgaréz, volfram, vörösréz
- Dielektrikum: ionmentesített víz
- Vágórés – előtolástól és az impulzus függvény alakjától függ



Huzalelektrodás szikraforgácsolás (WEDM)

- Jellemző gépparaméterek:
 - Kapacitás: $C=0-3.3 \mu\text{F}$ (6 fokozat)
 - Feszültség: $U=80-200 \text{ V}$ (4 fokozat)
 - Töltő áram: $I_t=0.5-64 \text{ A}$ (14 fokozat)
 - Impulzus töltő idő: $t=0.2-800 \mu\text{s}$ (12 fokozat)
 - Impulzus frekvencia: $f=1-250 \text{ kHz}$
 - Előtolási sebesség: $v=7.32-292 \text{ mm/min}$
 - Huzal sebesség: $v_h=1-15 \text{ m/min}$
 - Huzal feszítés: $m=0.5-2 \text{ kg}$



Alkalmazási területek

- Kis keresztmetszetű nyílások, áttörések
- Szerszám gyártás → edzett acél megmunkálása keményfém
- Alakos felületek körülvágása → szerszám javítás
- Igen kemény anyagok darabolása
- Szerszámüregek hőkezelés nélküli felújítása továbbcsüllyesztéssel

Előnyei - hátrányai

- Előnyei:

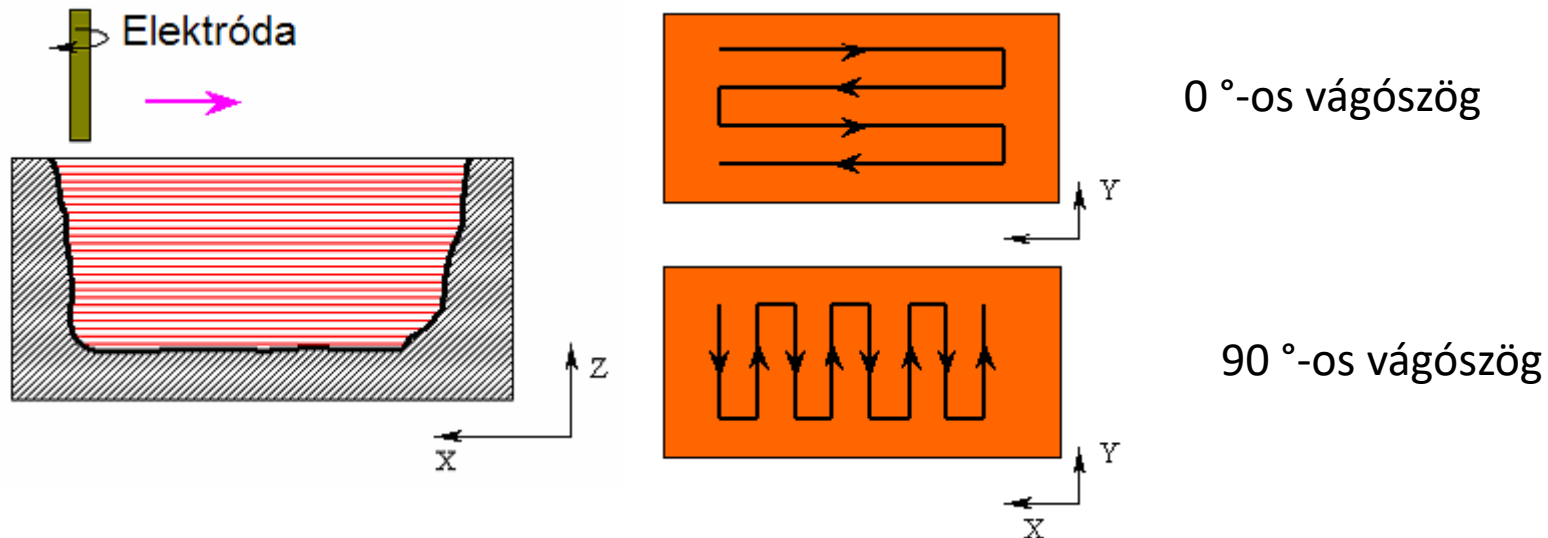
- Mindenféle keménységű anyag megmunkálható nála lágyabb anyaggal
- Nincs erőhatás → deformáció
- Nem keletkezik sorja
- Nagy anyagleválasztási teljesítmény mellett jó felületi minőség és méret pontosság
- Megmunkált felület jó kenőanyagmegtartó képességű
- Jól polírozható, tükrösíthető

- Hátrányai

- Nagy fajlagos energia felhasználás
- Ha a munkafolyadék áramoltatása nem megoldható, akkor csökken a termelékenység
- Utóműveletek szükségesek → csiszolás, hőkezelés
- Nem vezető anyagoknál nem működik
- Drága, bonyolult szerszám
- Szerszám kopás → kompenzáció

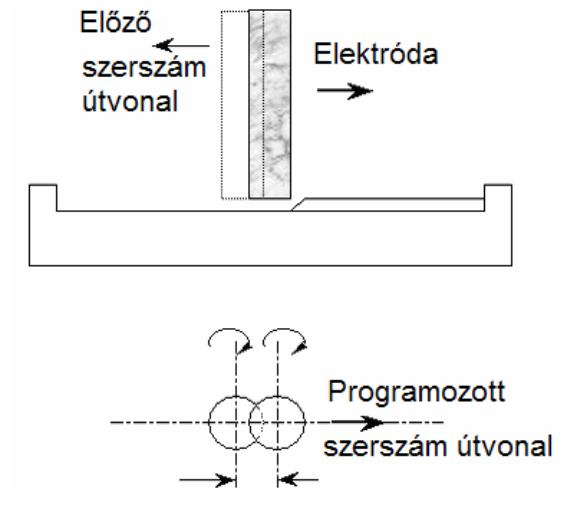
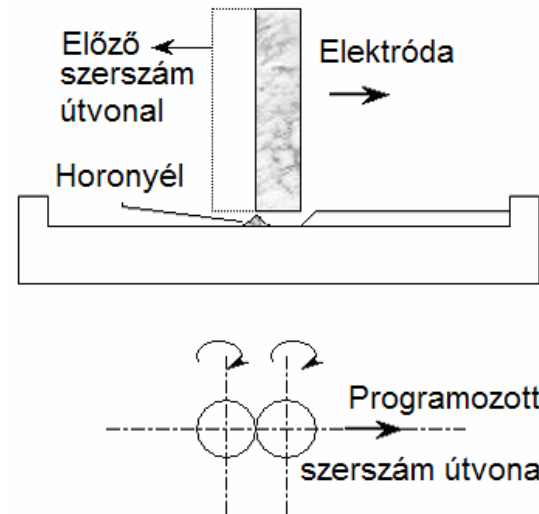
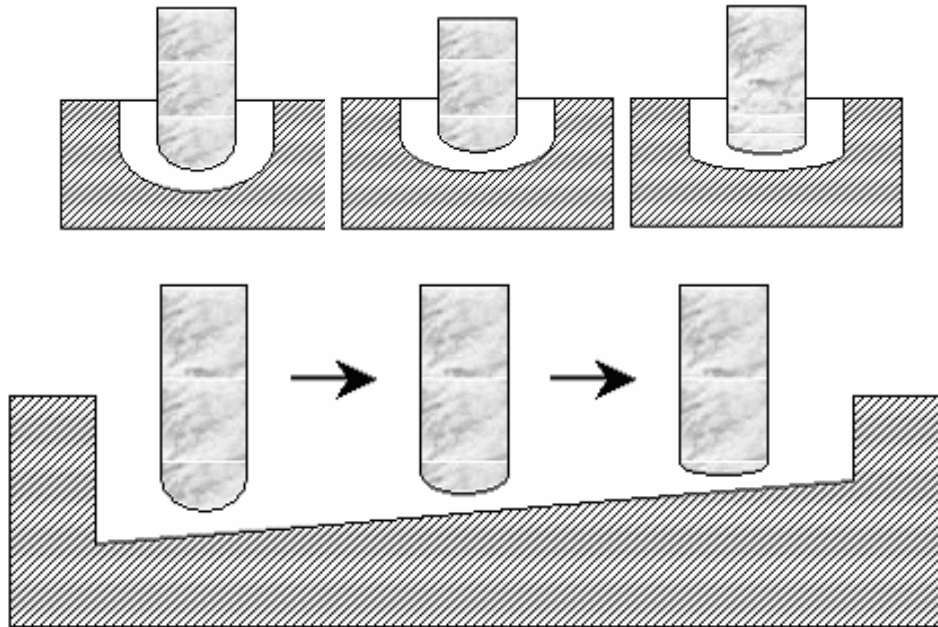
EDM marás

- Felületre merőleges elektródát előre megtervezett pályán vezetik
- Szikráztatás csak az elektróda csúcson történik, nem lép fel oldalszikrázás
- Lemarás rétegről rétegre, változtatott vágószöggel, átlapoló vonalon történik.



EDM marás

- Elektróda regenerálódása fúráskor

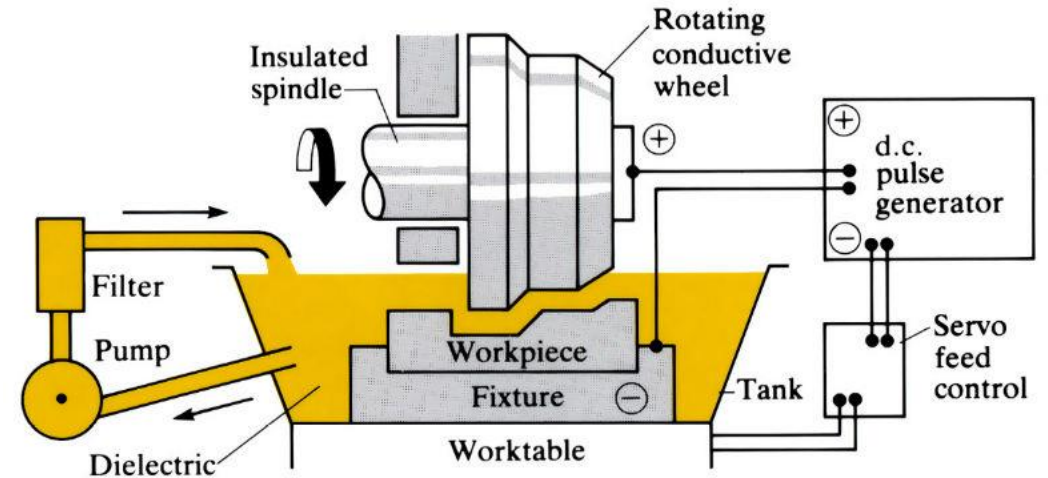


Átlapolás szerepe

Elektroeróziós köszörülés

Electrical Discharge Grinding (EDG)

- Elve megegyezik a szikraforgácsolással
- Lassan forgó szerszámot alkalmaznak
- Szerszám anyaga általában grafit, néha sárgaréz
- Munkadarab + pólus, szerszám – pólus
- A leválasztott részecskéket a korong forgó mozgása távolítja el.
- A szerszám fogyása kb. harmada a munkadarabnak, egyenletesen oszlik meg a felület mentén.
- Időnként a szerszámot le kell szabályozni.
- Alkalmazási területei:
 - Vékony, törékeny anyagok köszörülése
 - Acél és keményfém együttes megmunkálása (forrasztott lapkás szerszámok)
 - Alakos felületek köszörülése keményfém munkadarabokon



Elektroeróziós köszörülés

- Megmunkált anyag
 - Keményfém vagy edzett acél
 - Öntöttvas köszörüléséhez nem ajánlott homok károsítja a szerszámot
- Paraméterek:
 - Feszültség: $U=30-400$ V
 - Áramerősség: $I_{\max}=200$ A
 - Frekvencia: $f=250-500$ kHz
 - Forgácsteljesítmény: $Q=160-2500$ mm³/h
 - Fordulatszám: $n=100-125$ 1/min
 - Megmunkálási pontosság: ± 0.005 mm
 - Felületi érdesség nagyoláskor: $Q=800$ mm³/h $R_a=3.2$ μ m
simításkor: $Q=30$ mm³/h $R_a=0.4$ μ m