



Óbudai Egyetem

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet

Gépgyártástechnológiai Szakcsoport



Különleges technológiák

3.1. Szikraforgácsolás elmélete

3.2. Abrázív megmunkálások

BAGKT16NNB

Összeállította: ***Biró Szabolcs***

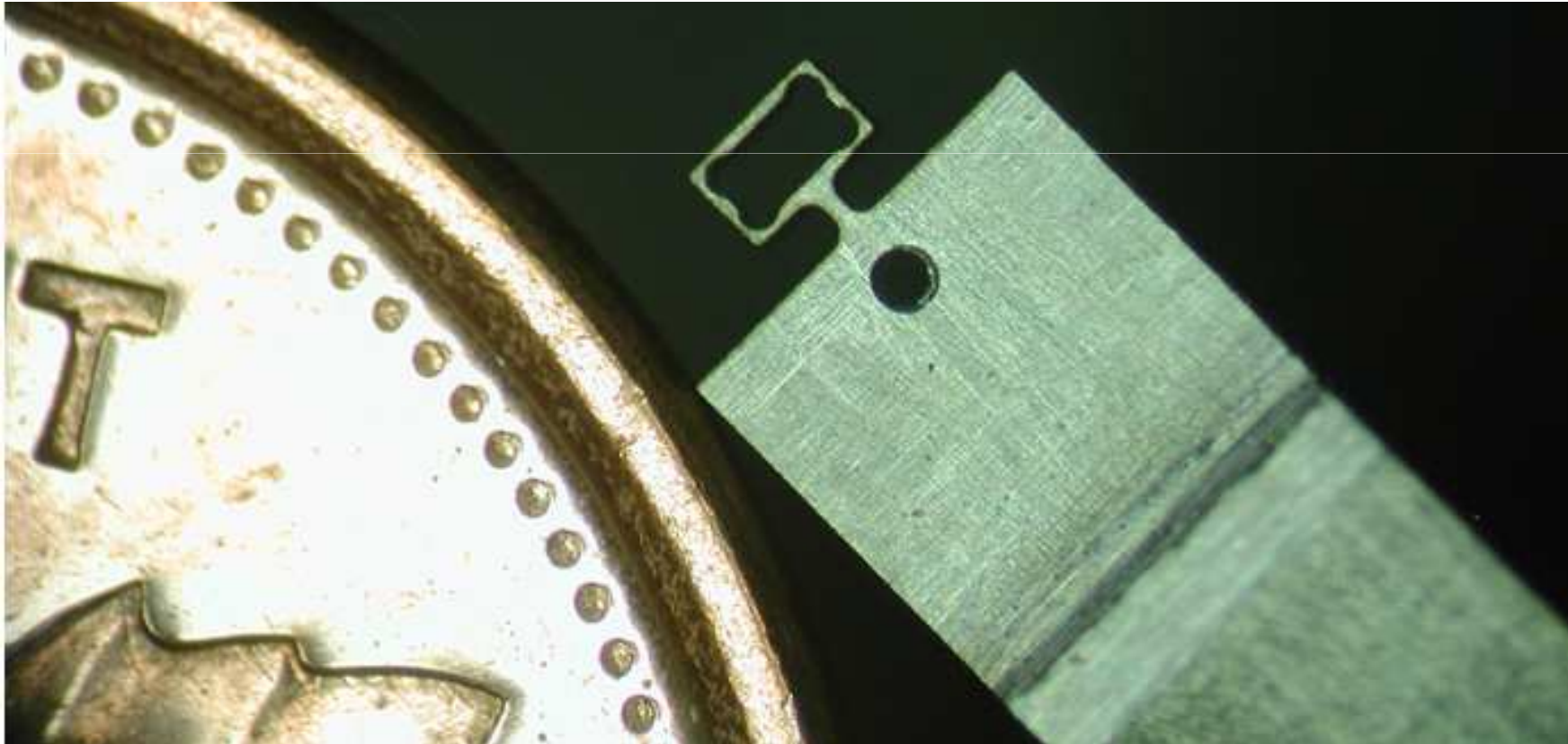
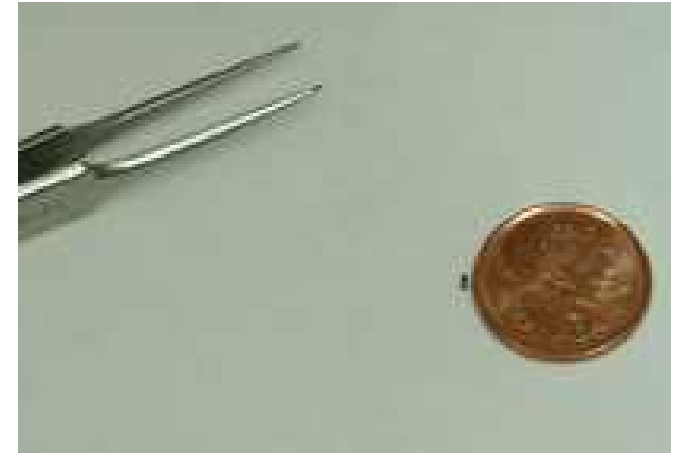
3.1.1. A szikraforgácsolás fejlődéstörténete

- 1943-ban a szikraforgácsolás alapjai - Lazarenko házaspár
- 1945-ben Perfilev és Bauer - szerszámelektrodaként egy folyamatosan letekeresztelt huzalt alkalmazzanak.
- **1958-ban az első szerszám és gépgyártásban alkalmazható berendezést az Erosimat C gépet Magyarországon fejlesztették ki, ami elnyerte a Brüsszeli Világkiállítás Nagydíját.**
- 60-as évek elején az, un. független impulzusgenerátorok,
- 70-es évek elején a számjegyvezérlésű szikraforgácsoló gépek.



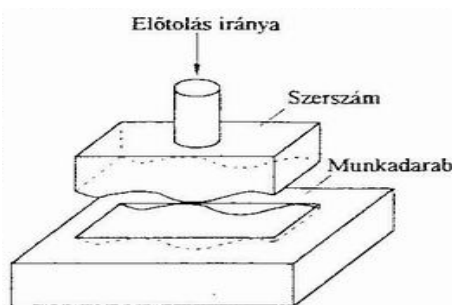
3.1.2. Szikraforgácsolás jellemzői

- munkadarab/szerszám **kopásarány: 0,1-10**
- maximális anyagleválasztás: $520 \text{ mm}^3/\text{min}$
- jó felületi minőség és pontosság ($0,005 \text{ mm}$)
- kemény munkadarabok is forgácsolhatók
- jellemző energiafelhasználás: $1,8 \text{ W}/\text{mm}^3/\text{min}$

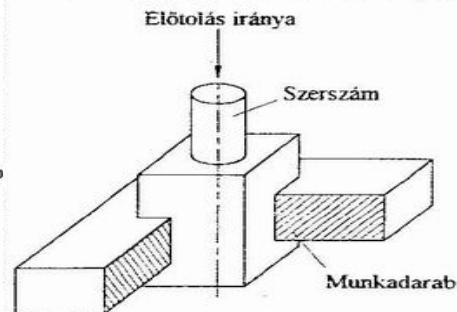


Szikraforgácsolás technológiák felosztása

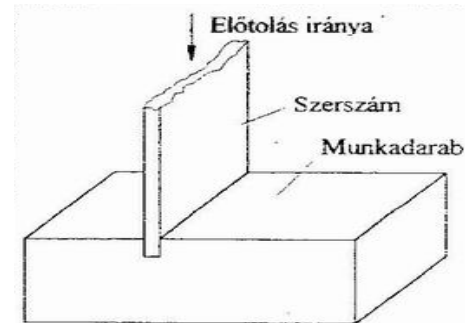
Tömbszikra:
szikraeróziós
süllyesztés



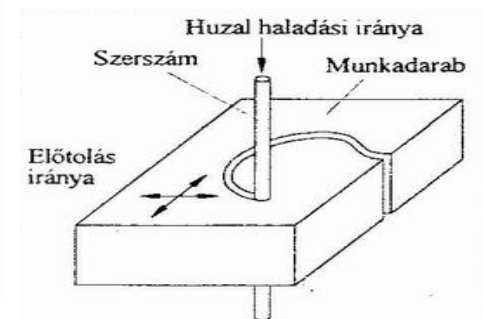
Start-lyuk szikra:
a huzalvágás
kezdőpontjának
kialakítására



Vágás lemez-
elektrodával



Huzalszikra:
huzalos vágás



Szikraforgácsolásnál az elektróda és a munkadarab között ívkisülés megy végbe, melynek során a munkadarabból az anyagfelesleg 'elgőzölög'. Ezzel együtt a szerszám (elektróda) is veszít a térfogatából.

3.1.3.A szikraforgácsolás alkalmazása

- **Szerszámgyártás: bonyolult felületek előállítása** nagyon kemény, korrózióálló és kopásálló anyagokban (titán- és nikkel ötvözetek), fröccsszerszám betétek
- **Alkatrészgyártás: kis keresztmetszet nyílások, üregek, bonyolult alakzatok** kialakítása olyan munkadarabokon, amelyek egyéb (hagyományos) módon nem munkálhatók meg (kompresszor-lapátok)
- **Szikraforgácsoló süllyesztés** (tömbszikraforgácsolás): üregkészítés-gravírozás, fúrás, alaksajtoló szerszám-készítés (pénzverde)
- **Szikraforgácsoló vágás (huzalos szikraforgácsolás):** vágás huzalelektróddal.
- **Startlyuk- szikraforgácsolás**
- **Javítástechnológia** törött menetfúró kiszikrázása

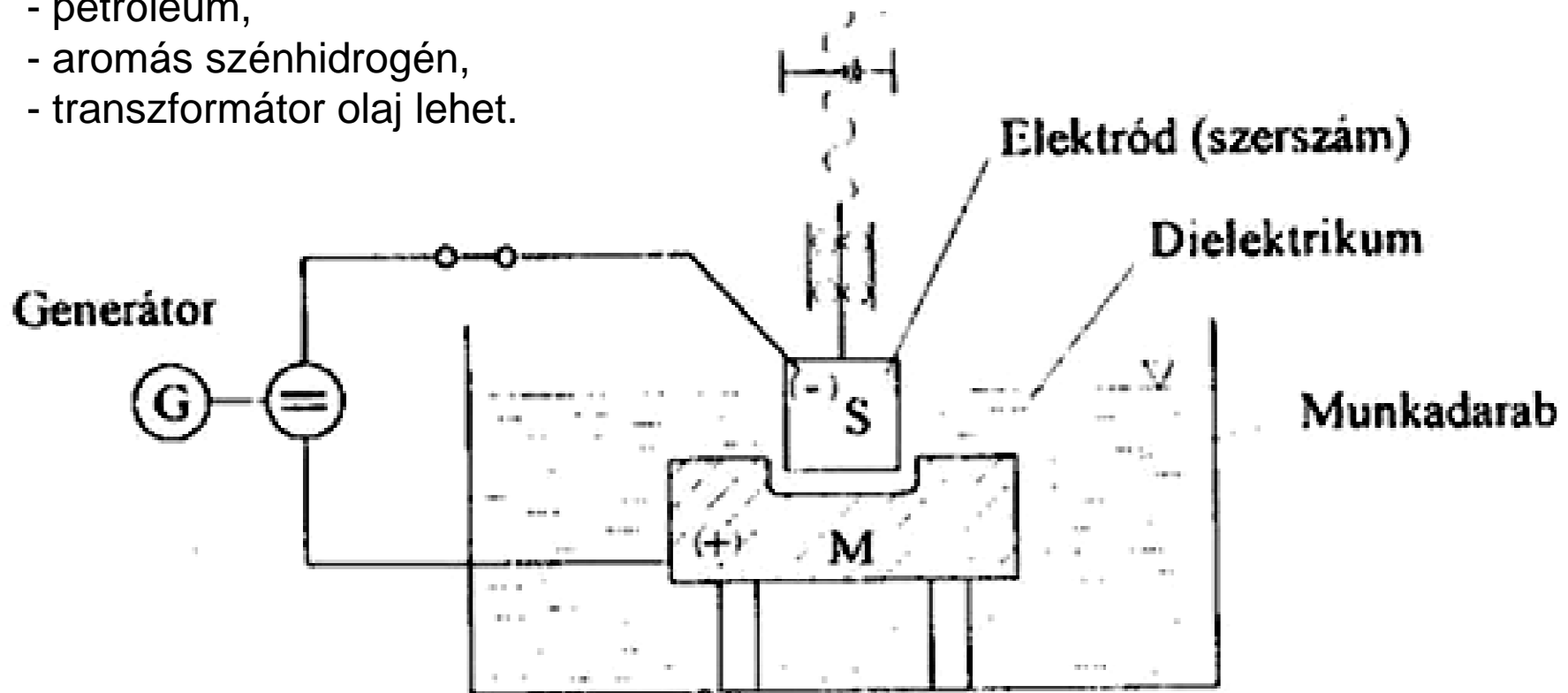


3.1.4. Süllyesztékes szikraforgácsolás (tömb szikrázás)

A süllyesztékes szikra forgácsolásnál két - szigetelő folyadékba, ún. dielektrikumba merített - elektróda között kisülés sorozatot hozunk létre és ennek eredményeként az egyik elektródán (a munkadarabon) kialakul a másik elektróda (a szerszám) képe.

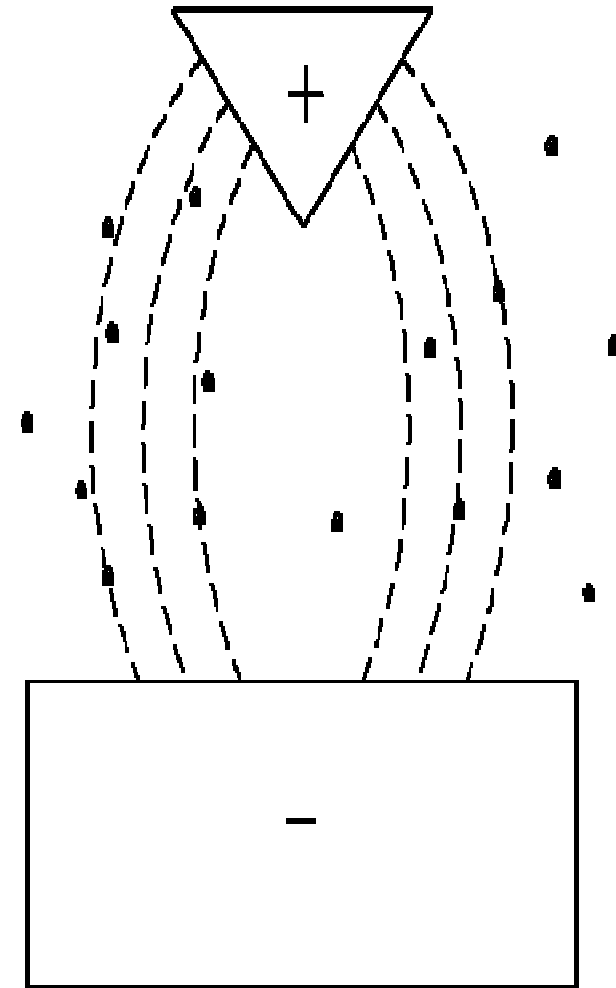
Dielektrikum:

- petróleum,
- aromás szénhidrogén,
- transzformátor olaj lehet.



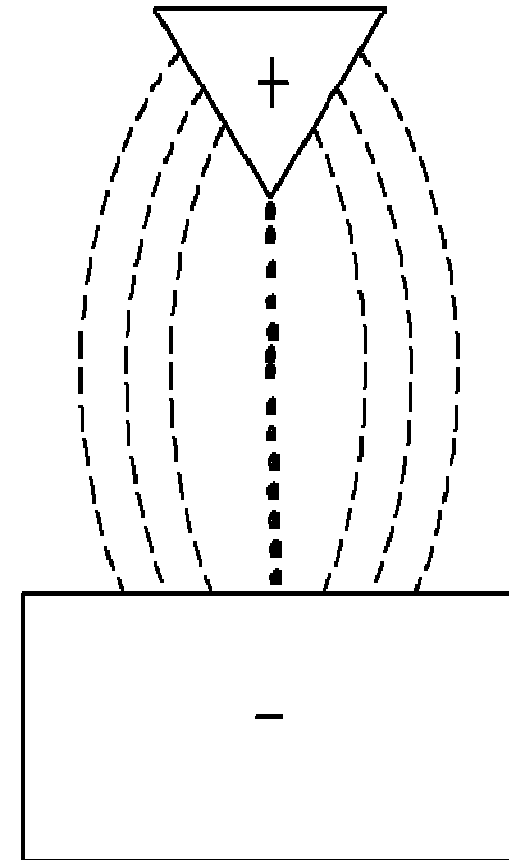
Az anyagleválasztás folyamata – I.

- Az elektródokra a gyújtófeszültséget kapcsolva, **kialakul a villamos erőter** az elektródák között.
- A dielektrikumban lévő szennyező anyagok a villamos erőternek megfelelően állnak be.
- Az erőter hatására a **katódnál elektronok lépnek ki** és megindulnak az anód irányába (un. hideg emisszió). **Mozgásuk közben** ütköznek a dielektrikum molekuláival, azt ionizálják. Így az ionizációk sorozata lökés ionizáció jelentkezik, **felépül az ioncsatorna, a gyújtófeszültség összeomlik**. Az ioncsatorna ellenállása kicsi, **nagy áramot bocsát át igen rövid idő alatt**.
- **A munkadarabra becsapódó energianyaláb jól körülhatárolt helyen (krátterszerűen) megolvasztja a munkadarab anyagát.** A megolvadt anyagrészek termikus, elektrodinamikus, hidrodinamikus erők hatására kifröccsennek, kivetődnek az elektródák közötti térbe, ahol a dielektrikumban elgőzölögtetés által **gőzbuborékok keletkeznek**.



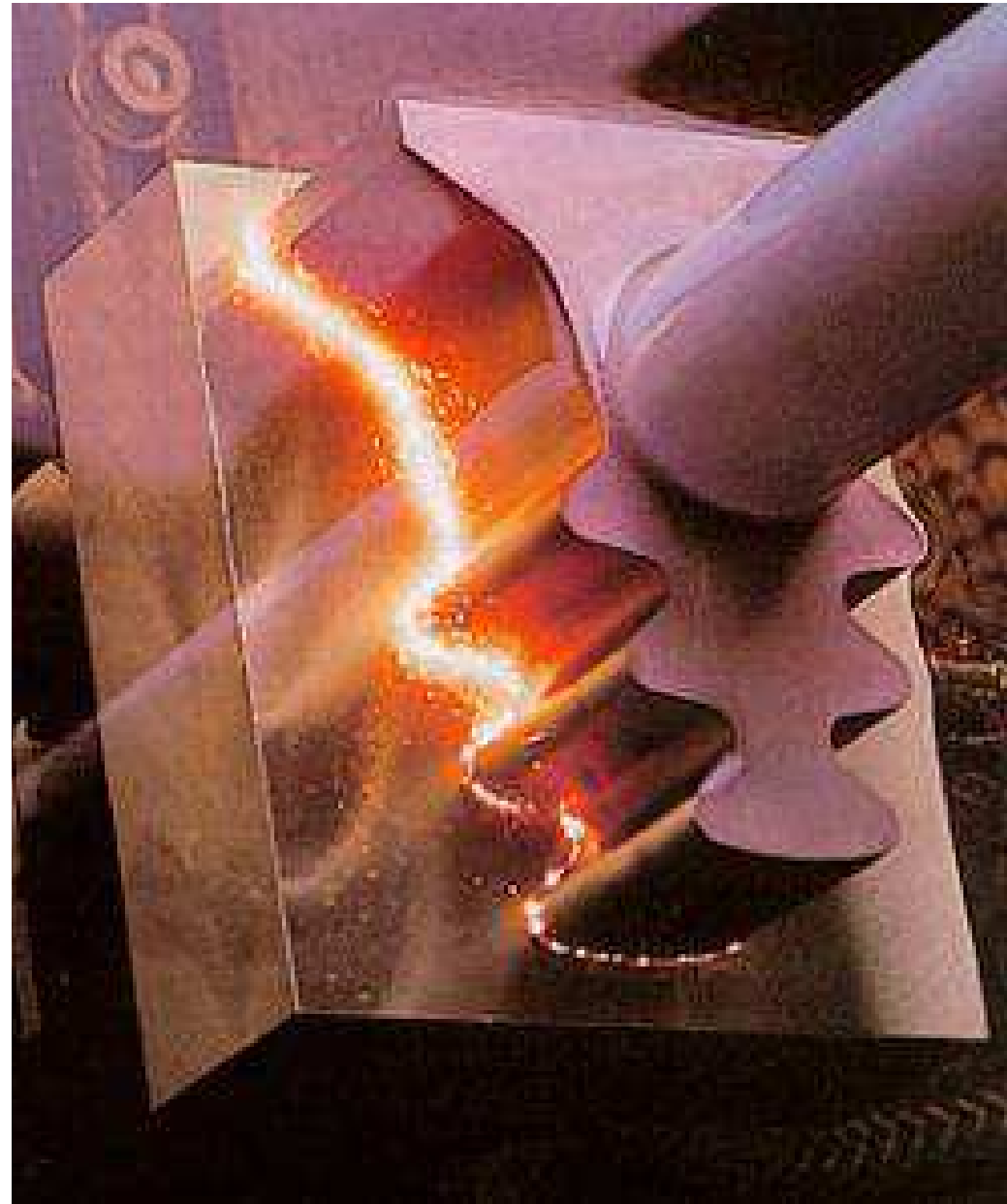
Az anyagleválasztás folyamata – II.

- A gőzbuborék felrobban, elősegítve a leválasztott anyag eltávozását. Az energia-utánpótlás megszűntével (megszüntetésével) a kisülési csatorna összeomlik, a vezetőrészek száma rohamosan csökken (**dezionizálódás**).
- Az elektródák közötti térben **regenerálódás útján létrejön az eredeti állapot**. Nagyon fontos, hogy az energia-utánpótlást csak **rövid ideig** tartsuk fent, mert különben a **szikrakisülés ívkisüléssé stabilizálódik**.
- A leválasztási folyamat **anódirányban is létrejön ionbecsapódással**. Ez a jelenség okozza az **elektróda kopását**. A szikraforgácsolás során felszabaduló energia 90 százaléka az elektródán, munkadarabon és dielektrikumban hővé alakul. A kisülési csatorna talppontjában igen erős a hőhatás, ami a munkadarab anyagának károsodását eredményezi.
- **Gazdaságos vágás** eléréséhez szükséges az időegységben bekövetkező **szikraátütések számát** lehetőleg **növelni**, mivel a tapasztalat mutatja, hogy az erózió erőssége arányos az elektróda-közbenső terén áthaladt impulzusok számával. A szikrázások gyakoriságát adott szikraenergia mellett nem lehet azonban tetszés szerint növelni, mert két kisülés között a szikrarés iontalanítandó.



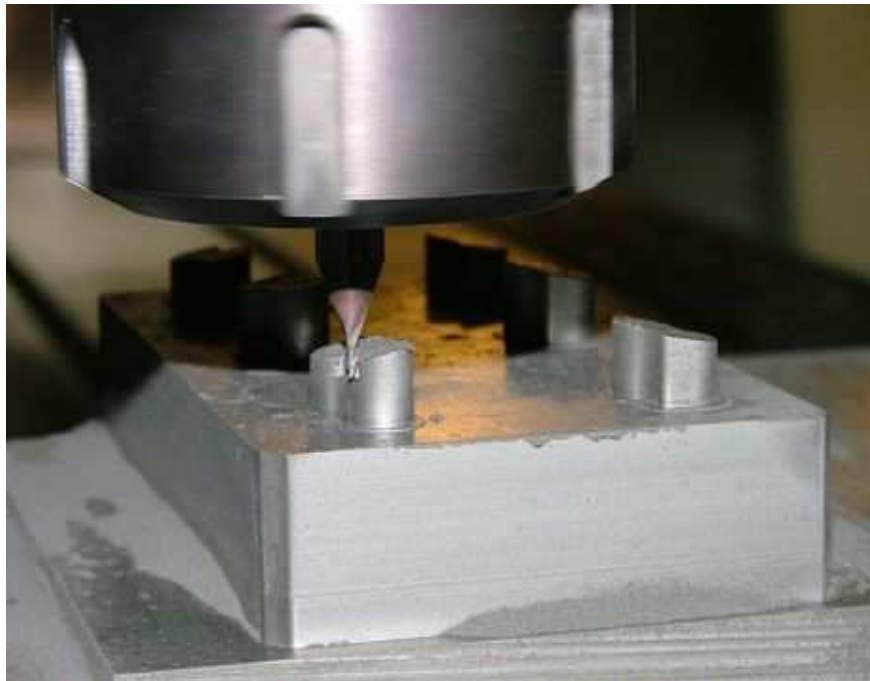
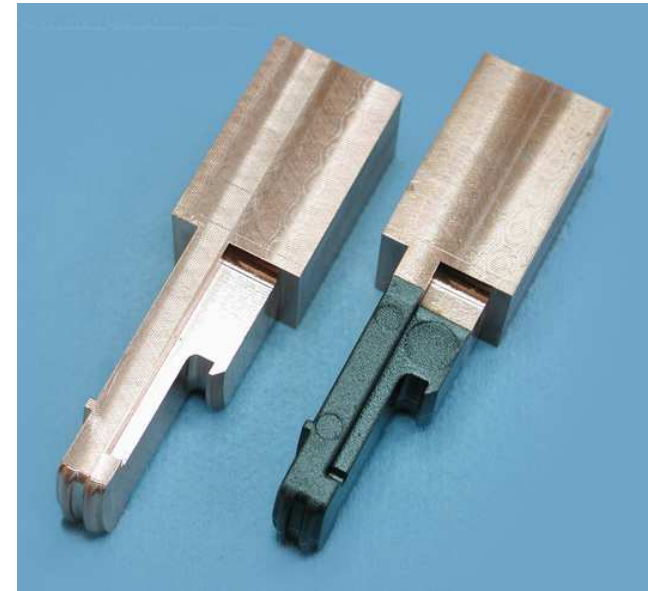
A szikrakisülés feltételei

- Az **elektródok nem érintkezhetnek**, de távolságok szikraköznyi kell legyen, a közöttük lévő teret dielektrikum töltsse ki.
- Az elektródákra nem állandó egyenfeszültséget, hanem **feszültségimpulzusokat** kell adni.
- Gazdasági okokból és jó másolási pontosság elérése érdekében az **elektróda elhasználódását** a lehető **legalacsonyabb szorítási szintre** kell.
- A **generátorok fejlődését** ezért túlnyomó részben a vágásteljesítmény növelése és a **szerszámelektróda kopásának csökkenése** jellemzi.

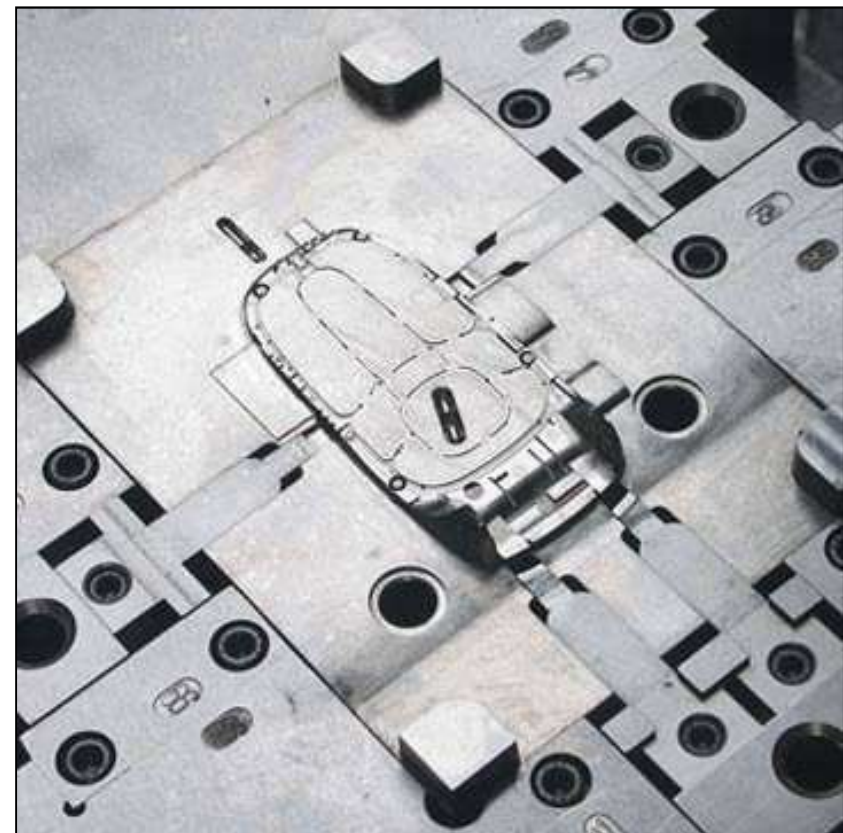
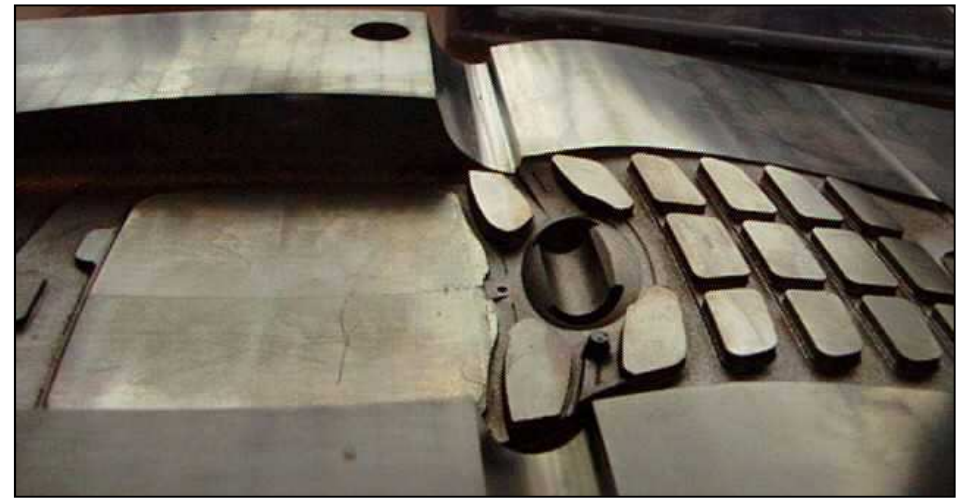


Az elektródák anyaga tömbszikránál

- Nagy tisztaságú (elektrolitikus) réz
- Grafit (egyre jobban terjed)
- Keményfémeknél wolfram elektróda



Mobiltelefon műanyag burkolatok
szerszámbetéteinek megmunkálása
tömszikraforgácsolással.



A dielektrikum jellemzői

Rossz elektromos vezető

Nagy forráspont, nagy lobbanáspont

Egészségre ártalmatlan

Nagy oxidációs stabilitás

Megfelelő viszkozitás

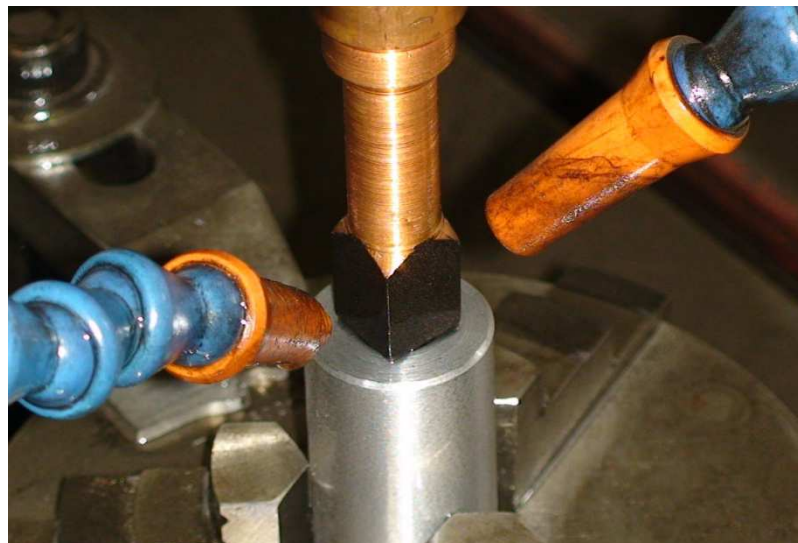
Minimális illat, olcsó

Hűteni, szűrni és kényszeráramoltatni kell

Gondoskodik róla, hogy a kialudt szikra ioncsatornája 1-2 μ s alatt összeomoljon

EDM: paraffinok

WEDM: ionmentesített víz



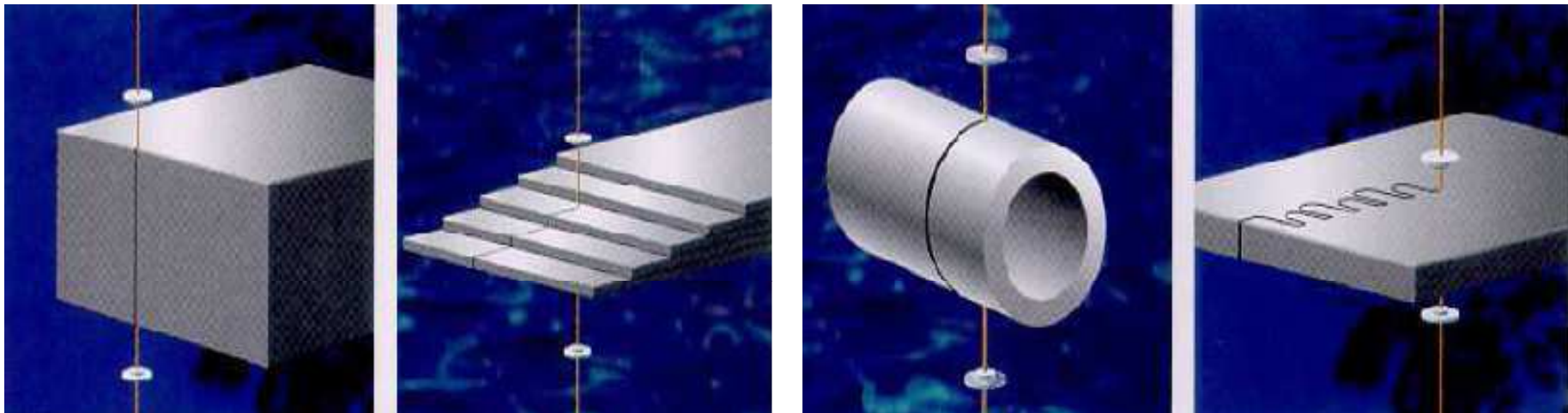
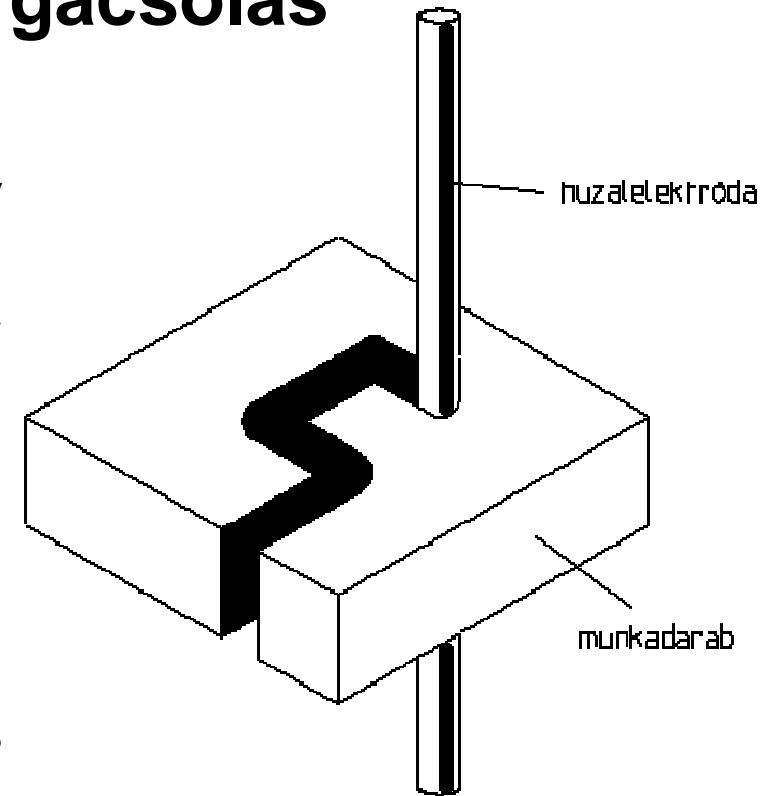
Tömbszikraforgácsoló gépek

- A hagyományos gépeken az asztal elmozdulása kézi úton történik, digitális útmérők segítségével pontos pozícionálást tesz lehetővé.
- CNC vezérlésű gépeken programozható a munkadarab elmozdulása, bonyolultabb szikraforgácsolási műveletek is végezhetők.



3.1.5. Huzalelektrodás szikraforgácsolás

- Ennél az eljárásnál egy vékony (0.1-0.5mm) csupasz félkemény elektrolitréz huzal egy gyengén fékezett csévéről szálfeszítőkön, terelő görgőkön és zafír vezető fejeken át a felcsévélő orsóra jut. Az elektróda huzal folyamatos elektromos kapcsolatát keményfém csúszó érintkező biztosítja.
- Az elektróda fogyást a huzal tengelyirányú, folyamatos mozgásával akadályozzák meg, illetve csökkentik megengedhető mértékűvé.
- Dielektrikum: ioncserélt víz, amely szűrőn és ioncserélő gyantákon át folyamatosan kering.



Huzalanyagok

- A réz remek huzalanyag, jó elektromos vezetése és könnyű megmunkálhatósága miatt.
- A vörösrezet 1979-től felváltotta a nagyobb vágási sebességet biztosító sárgaréz (a Zn hűtőhatása és a ZnO_2 csökkenti a huzaltörés valószínűségét). A többkomponensű huzalok egyesítik a kedvező hatásokat.
- A Zn bevonatú sárgaréz öblíthetősége jobb, mint a bevonat nélküli sárgarézé. A grafitbevonat a gázhalmazállapotú oxidok (CO , CO_2) miatt javítja a molibdénhuzal öblíthetőségét.



Huzalos szikraforgácsolás alkalmazása

- Műanyag-megmunkáló (alaksajtoló) szerszámok készítése
- Gyémántszerszámok méretre vágása (kis anyagveszteség)
- Elektromosan vezető kerámiák vágása
- Fémkompozitok, szálerősítésű műanyagok vágása



Huzalos szikraforgácsoló gépek

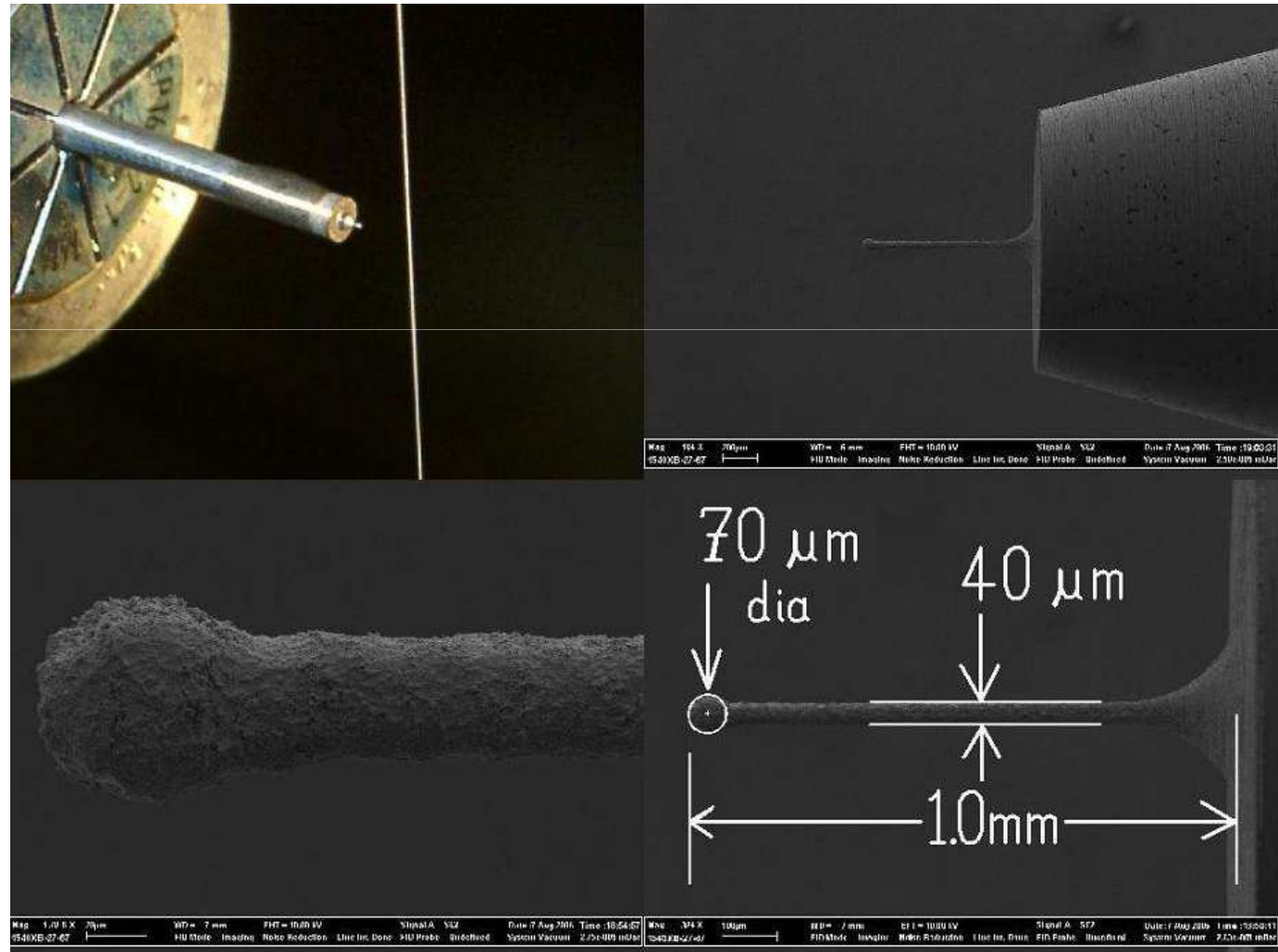


- A hagyományos huzalszakra gépeken a huzal két rögzített pont között dolgozik.
- CNC vezérlésű gépeken programozható a huzalvezetők elmozdulása, bonyolultabb szikraforgácsolási műveletek is végezhetők.



3.1.6. Szikraforgácsolás hátrányai

- nem alkalmazható nemvezető anyagok esetén
- az elektród formája a kialakítandó munkadarab **komplementere** (ez igen komplikált, drága, időigényes elektródformákat igényel)
- nagy fajlagos energiafelhasználás
- körülményes az elektródkopás számítógépes kompenzálása
- ha a dielektrikum kényszeráramoltatása nem megoldható, az anyageltávolítás sebessége csökken
- nagyoló anyagleválasztás során a felület durva lesz



3.2.1. Abrázív megmunkálások - Ultrahangos technológia

Az ultrahangos megmunkálás a rezgések mechanikai energiáját csiszoló szemcsék felgyorsításával közvetve hasznosítja. Az eljárás tehát lényegében mikroforgácsolás, ahol a forgácsoló mozgást a hagyományostól eltérő módon hozzák létre.

Az ultrahang előállítása

Az ultrahang keltéséhez rezgő hangforrásra van szükség. A rezgés gyakorisága nem függ a gerjesztés mechanizmusától, csak a hangforrás méreteitől és a rezgő közeg rugalmassági jellemzőitől. Az ultrahangos hangforrások ennek megfelelően kisméretűek.

Az ultrahang gerjesztésére a villamos áram valamilyen fizikai hatását használjuk fel.

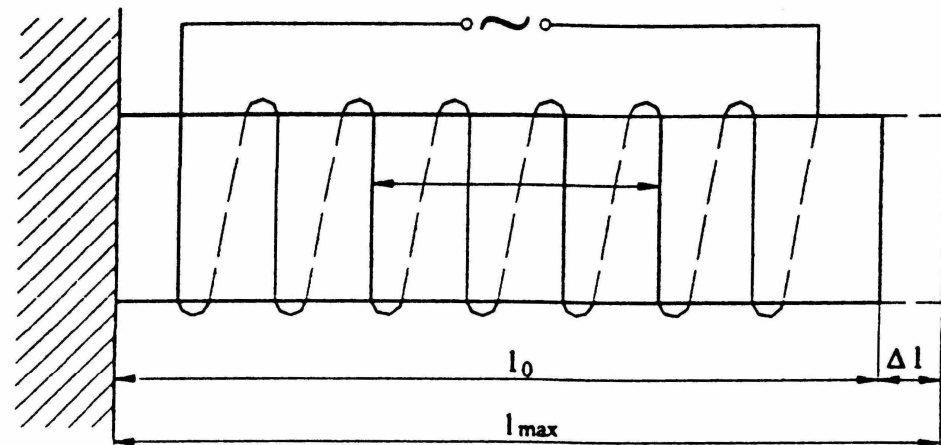
Magnetosztrikció alatt azt értjük, hogy a ferromágneses rúd változó mágneses térben a hosszát változtatja.

A magnetosztrikció előnyei:

- a szokásos 20 kHz körüli tartományban jó a hatásfoka
- nagy teljesítményt nyújt széles skálában
- külső behatásokra (víz, nyomás, stb.) érzéketlen
- megfelelő hűtéssel nagy az élettartama
- viszonylag egyszerű, olcsó

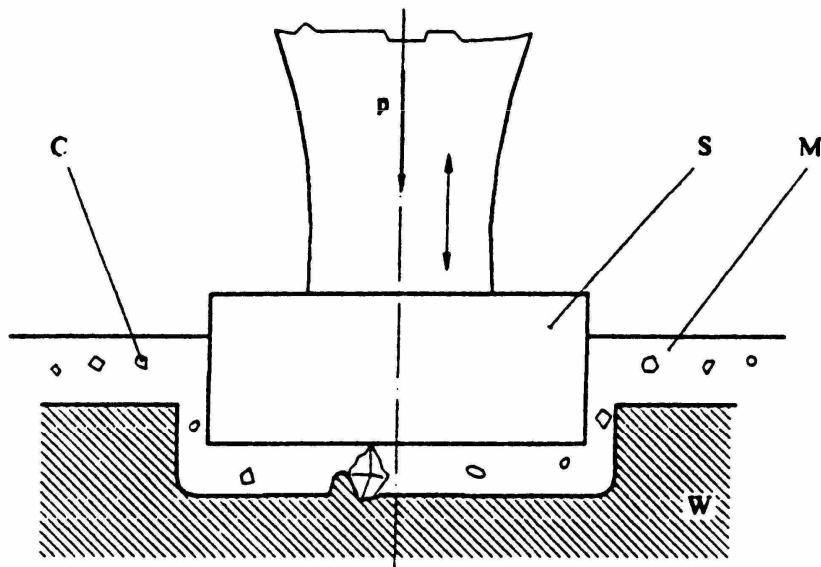
A hangforrásokkal szemben támasztott követelmények:

- hangolhatóság
- hangerő szabályozás
- stabilitás
- jó sugárzó képesség
- megfelelő frekvencia tartomány
- nagy teljesítmény

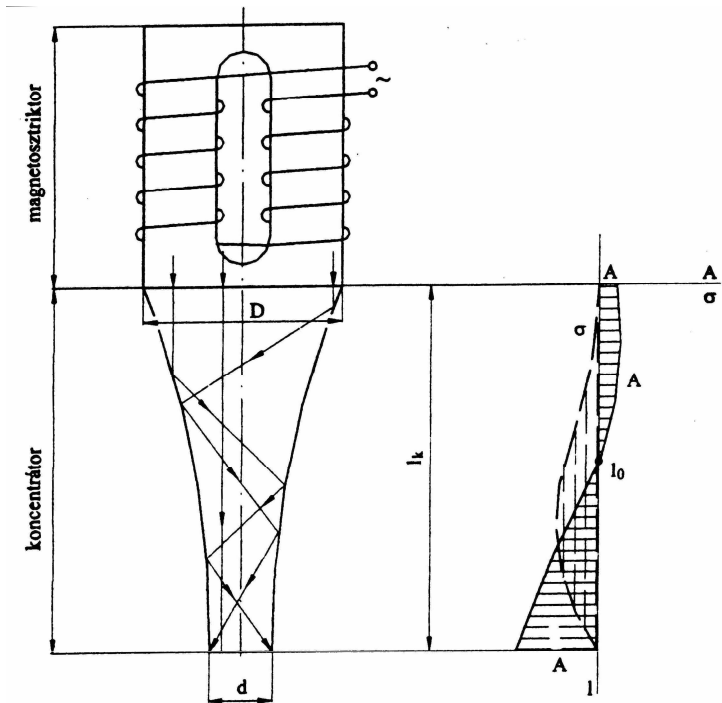


A koncentrátor működése

A koncentrátor pontjai különböző amplitúdókkal rezegnek, ezért jelentős belső feszültségek keletkeznek. A rúd periodikus hosszváltozása akkor éri el a maximumát, ha a mágneses térerősség ingadozással rákényszerített rezgés frekvenciája megegyezik a rúd mechanikus rezgéseinek saját frekvenciájával, vagyis rezonancia van. Ezért a koncentrátor méreteit az alkalmazott frekvenciához illeszteni kell.



*S) szerszám, p) nyomás, M) munkafolyadék,
W) munkadarab, C) csiszolószemcsék*



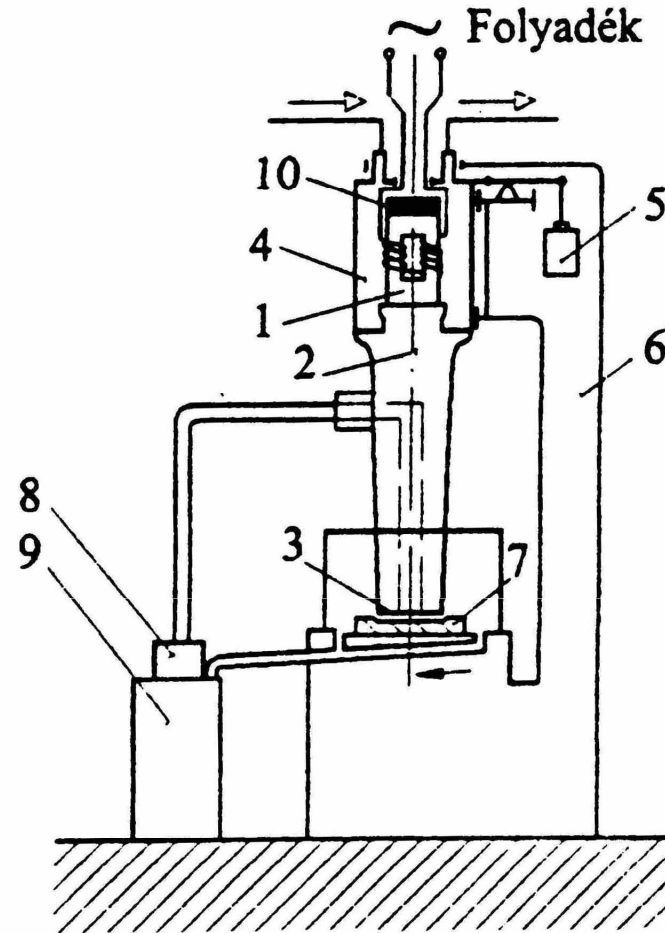
Anyagleválasztás ultrahangos megmunkálásnál

A koncentrátor végére erősített szerszámot p nyomással a munkafolyadékba merített munkadarabhoz nyomjuk. Minthogy a munkafolyadék csiszolószemcséket is tartalmaz, ezeket a szerszám és a munkadarab közé ékelődve, bizonyos távolságban tartják őket egymástól. A szerszám axiális rezgéseket végez, és alakja folyamatosan átmásolódik a munkadarabra, közben maga is kopik.

Az anyagleválasztás folyamata

Az anyagleválasztás folyamata 4 féle hatásból tevődik össze:

- A nagy méretű szemcsék a rezgő testtel megtámasztva közvetlenül gyorsulnak fel és közben perdületük is kialakul. Ezzel rideg anyagoknál mikroforgácsszerű anyagleválasztást hoznak létre.
 - A kisebb méretű szabad szemcsék a folyadékban tömegüknek megfelelő amplitúdójú rezgéseket végeznek és ezzel csiszolásnak vetik alá a felületet, tehát simítanak.
 - A nagy energiájú és sebességű rezgés hatására a folyadékban kavitáció keletkezik, szintén koptatja a szerszámot és a munkadarabot.
 - A folyadékban oldott vegyszerekkel kémiai anyagleválasztást lehet elérni.
- Ultrahangos megmunkológép elvi vázlatja az alábbi ábrán látható.



- 1) magnetosztriktor, 2) koncentrátor, 3) a szerszámfelület,
4) hűtőköpeny, 5) ellensúly, 6) géptest, 7) munkadarab,
8) szivattyú, 9) munkafolyadék tartály, 10) nyomást adó súly

Az ultrahangos megmunkálás alkalmazási területe

Az ultrahangos megmunkálást nagyon kemény, rideg anyagok megmunkálásánál alkalmazzák. Minthogy a munkadarabnak nem kell elektromosan vezetni, nemfémes anyagok megmunkálására is alkalmas. Korlátot jelent viszont a szerszámok akusztikai rezonancia miatti kis mértéke. Az eljárást leginkább a finommechanikában, precíziós szerszámok (kivágó és fröccsöntő szerszámok, húzókövek, stb.) gyártásában lehet hasznosítani.

A legjobban elterjedt az ultrahangos fúrógép, de más mozgás kombinációjú gépek is előfordulnak. A fúrógépeken furat és üregkészítés mellett darabolási feladatok is előfordulnak. Darabolásnál gyakran alkalmaznak csoportszerszámot. Fúrásnál a kiszűrő szerszám a jellemző.

Az üveg megmunkálása igen jól végezhető. Pontos munka végezhető optikai lencsék csiszolásánál, díszítő gravírozásnál SiC szemcséket szoktak alkalmazni.

Szemcsefogyás $v < 1\%$ -os.

A félvezetők megmunkálása nem sokkal nehezebb. Szerszámfogyás $v < 3\%$ -os.

A drágakövek megmunkálása különleges szerszámgépet igényel. Szerszámfogyás $v < 10\%$ -os.

A kerámia aránylag jól munkálható meg $v < 6\%$ -os szerszámfogyás mellett. Elsősorban húzókövek és forgácsoló szerszámok esetén alkalmazzák.



Az ultrahangos megmunkálás pontossága, a megmunkált felület minősége

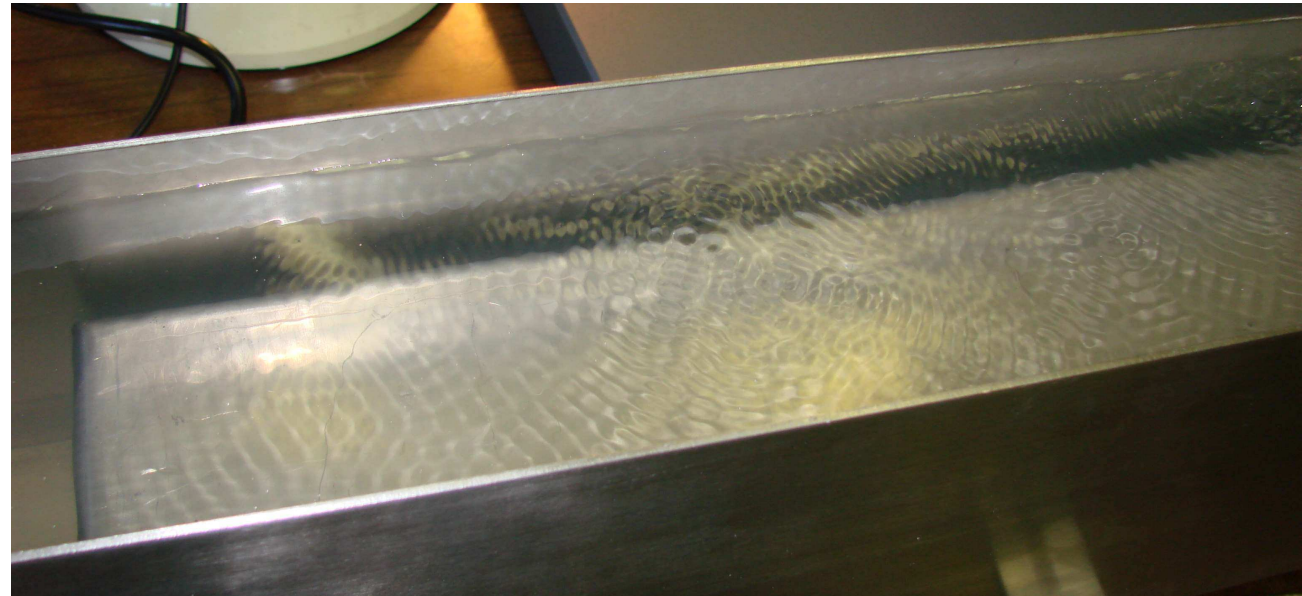
A megmunkálási pontosság a hagyományos eljárások hiba okozói mellett (kinematikai pontosság, beállítási hibák, stb.) nagymértékben függ a speciális alakképzési problémáktól. A szerszám általában maga is kopik. A megmunkált felület egyenletes, matt fényhatású lesz. A felület érdessége sok paramétertől függ.

A felület érdessége függ:

- a szemcsemérettől,
- a munkadarab fizikai-mechanikai tulajdonságaitól,
- a szerszám rezgésamplitudójától,
- a szerszám érdességétől,
- a szemcsét szállító folyadék tulajdonságaitól.

Egyéb ultrahangos elven működő eljárások

- Ultrahangos tisztítás
- Ultrahangos sorjázás



Ultrasonic és HSC technológia

Az egyik legfigyelemreméltóbb alkalmazási példa a fogtechnika, ahol az ultrahangos eljárás segítségével zárt folyamatláncban kiváló minőségű fogpótlások készíthetők gazdaságosan és az eddigieknél rövidebb idő alatt.

A HSC marás a hagyományos eljáráshoz képest akár öt- vagy tízszeres forgácsolósebességekkel és orsó-fordulatszámokkal dolgozik.

Ezek a nagy sebességek lényegesen nagyobb stabilitást kölcsönöznek a szerszámnak, ami lehetővé teszi az akár 0,5 mm-nél kisebb átmérőjű precíziós szerszámok alkalmazását. A gyártó DMG Ultrasonic technológiájával pedig a felületi érdesség $Ra < 0,2\mu\text{m}$ értékre szorítható le, utánmunkálás nélkül.



Az Ultrasonic eljárás mód

Az ultrahangos Ultrasonic technológián alapuló megmunkálógép központi eleme a speciálisan erre a célra kifejlesztett orsó a HSK szabványnak megfelelő szerszámrendszerrel. Az ultrahangos technológia nagyfrekvenciáját induktív úton viszik át az orsóról az Ultrasonic HSK befogójára, amely így rezgési állapotba hoz egy, a mindenkori feladathoz kiválasztott gyémántszerszámot.

Az oszcillációval akár másodpercenként 50 ezerszer létrejön és megszakad a kontaktus a szerszám és a munkadarab között. A megmunkálásnak ezzel a módjával csak kis darabokban válik le a forgács a munkadarab felületéről, és bonyolult munkadarabok is egy lépésben készre megmunkálhatók. A fogászati technológiában a fogpótlásokat anyagok igen széles köréből állítják elő, a lágy műanyagtól az igényes fémeken keresztül a nagy szilárdságú cirkonoxidig. A HSC marás és az ultrahangos forgácsolás kombinációjával mára a DMG lehetővé tette a fogtechnika területén alkalmazott összes alapanyag megmunkálását ugyanazon a gépen.



Koptató megmunkálások

Koptató csiszolás: sorja, felületi hibák megszüntetésére, vagy a felületi réteg megfelelő tulajdonságainak előállítására, de lehet rozsdamentesítés, polírozás, fényesítés is a cél. Eljárásai lehetnek: centrifugális erővel végzett, tehetetlenségi erőn alapuló, vibrációs, vagy merítő.



Szemcseszórás: A munkadarab felületén nagy sebességgel felütköző szemcsék, golyók vagy sörét a felületről forgácsot választanak le, esetleg deformálják. A csiszolóanyagot egy hordozóközeg segítségével (levegő, víz) juttatják a munkadarab felületére. Az alábbi képeken a homokfúvás technológiája látható.

