



Óbudai Egyetem
Pro Scientia et Futuro

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

SZEMINÁRIUMI MUNKA

projektum

Korszerű gyártástechnológia tárgyból

témavezető: Dr. Füstner Stevan

hallgató: Kovács Árpád

Neptun kód: BPJZ56

Szabadka, 2021

Tartalom:

A felhasznált rövidítések	3
Bevezető.....	4
Projektfeladat	4
Elméleti alapok.....	4
CAD/CAM	4
A szikraforgácsolás	4
Koptatócsiszolás	7
Szuperfinish eljárás	8
Sugaras folyamatok.....	9
LÉZER-sugárral történő megmunkálás	9
Elektron sugárral történő megmunkálás.	10
IONIZALT-sugárral történő megmunkálás	11
Vízzel való vágás.....	12
Fémsörét / Abrázív szemcse megmunkálás	14
Irodalom	16

A felhasznált rövidítések

A használt rövidítések jegyzéke és azok jelentése.

CAM – Computer assisted manufacturing/ Számítógéppel segített gyártás.

3D – Third dimension

Bevezető

A dokumentum a Korszerű gyártástechnológia tárgy szemináriumi munkájának kidolgozása céljából jött létre. Melynek témái a szikraforgácsolás, koptatócsiszolás azonbelül a vibrációs eljárás, forgódobos eljárás, superfinish (tükrösítés), valamint a sugaras eljárások (homok, fémsörét, víz, plazma és a lézer használata) elméleti bemutatója.

Projektfeladat

A dokumentációnak a következőket öleli fel. A szikraforgácsolás, koptatócsiszolás azonbelül a vibrációs eljárás, forgódobos eljárás, superfinish (tükrösítés), valamint a sugaras eljárások (homok, fémsörét, víz, plazma és a lézer használata) elméleti bemutatója.

Elméleti alapok

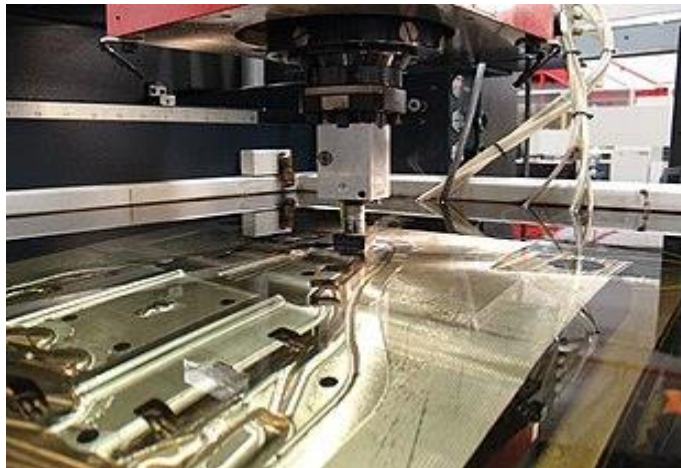
CAD/CAM

Mivel a maradandó anyagok része tartalmazza a CAD / CAM szoftverek jelenlétét ezért szükségesnek éreztem megemlíteni őket.

CAD – Számítógép segítségével segített tervezés, ezekkel a programokkal segíthetjük a gyártás tervezését, leanimálhatjuk, mivel mind a szikraforgácsolás, az lézervágás, Ionizációs kezelés, valamint az Elektron fúrás/Vágáshoz szükséges a Cad programok használata.

A szikraforgácsolás

A szikraforgácsolás (Electrical discharge machining) egy olyan forgácsolási technológia melyben az elektróda és az anyag között ív kisülés válassza le az anyagot. A munkadarab és a szerszám közötti érintkezés nincs.

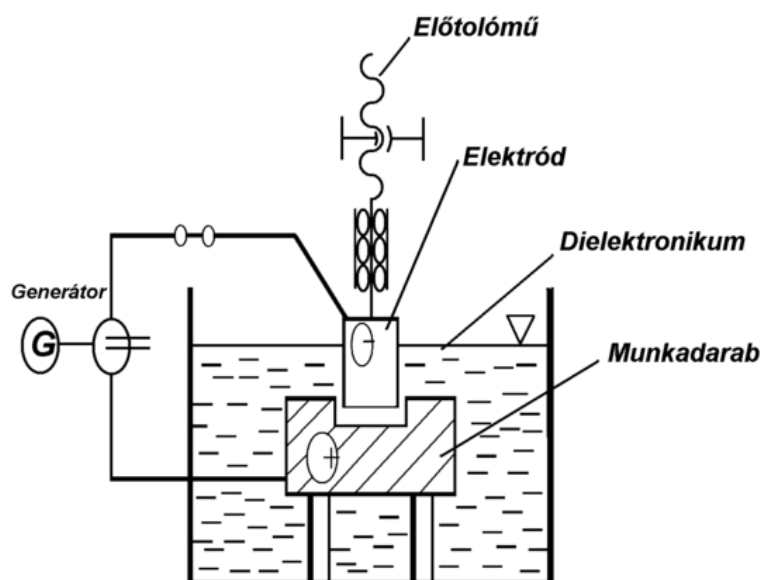


ábra 1 Szikraforgácsoló gép

A forgács eltávolítása, részben öntisztítással történik, részben pedig a dielektrikum állandó körmozgása segíti (mozgás közben szűrő segítségével választják ki a forgács szemcséket. A biztonságos forgácseltávolítását az elektród szakaszos közeledése, illetve távolodása is biztosítja. Az utóbbi funkciót huzallal működő berendezéseknél, a huzal folyamatos mozgása

biztosítja.

A tömbös szikraforgácsolásnál a kívánt formát egy térbeli elektródával képezzük le a munkadarabon. Az X-, Y-, Z- és C-tengelyek szimultán mozgásával különböző formákat, süllyesztékeket és alámetszéseket hozunk létre, melyeket más megmunkálási módszerekkel nem tudunk kialakítani. A munkadarab formáját egy térbeli elektródával és a tér minden irányába történő bolygató mozgásokkal alakítjuk ki, az elektródák méretétől függetlenül és autonóm módon.



ábra 2: Szikraforgácsoló működési elve

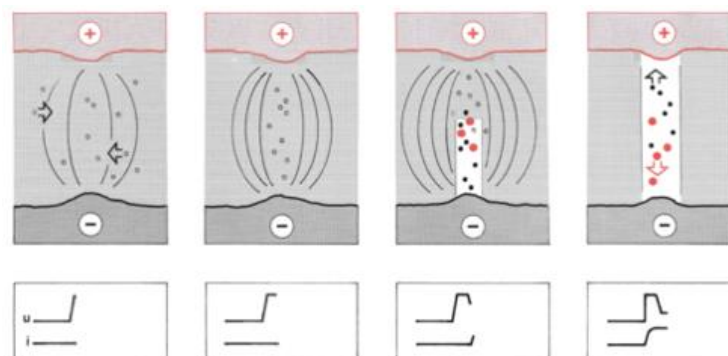
A huzalos szikraforgácsolásnál az anyagot egy különleges huzallal vágjuk. Ennek során a huzal egy előre programozott pályát fut be. A felső és alsó huzalvezetések független mozgásával alámetszések vagy kúpos felületek alakíthatók ki a legnagyobb pontossággal és legfinomabb felületminőséggel. A formákat és kontúrokat CAM-rendszerekkel programozzuk, majd azokat automatikusan és magas fokú autonómiával (önállósággal) állítjuk elő.

A munkadarabot úgy kell a gépbe helyezni, hogy a szerszámmal ne érintkezzen, és a megmaradt rést nem vezető közeggel kell feltölteni. A fém munkadarabot az áramkörbe csatlakoztatjuk, és ellentétes polarításúra állítjuk, mint a szerszámot, pontosabban elektródát. Így az elektróda és a munkadarab között elektromos ív alakul ki, ami ha kellőképpen megnövekszik, létrejön a kisülés. A folyamat szabályozhatóságának érdekében az áramkörbe egy kapcsolót is el kell helyezni. Erre szokásos még a PWM eljárást alkalmazni aminek segítségével szabályozható az ív áram erőssége.

A szerszámot pozitív töltésűre, míg a munkadarabot negatív töltésűre állítjuk, vagyis a szerszám lesz az anód, míg a negatív töltésű munkadarab a katód. A dielektrikum egy szigetelő jellegű anyag, ami lehet gáz, folyadék vagy szilárd halmazállapotú is, és a

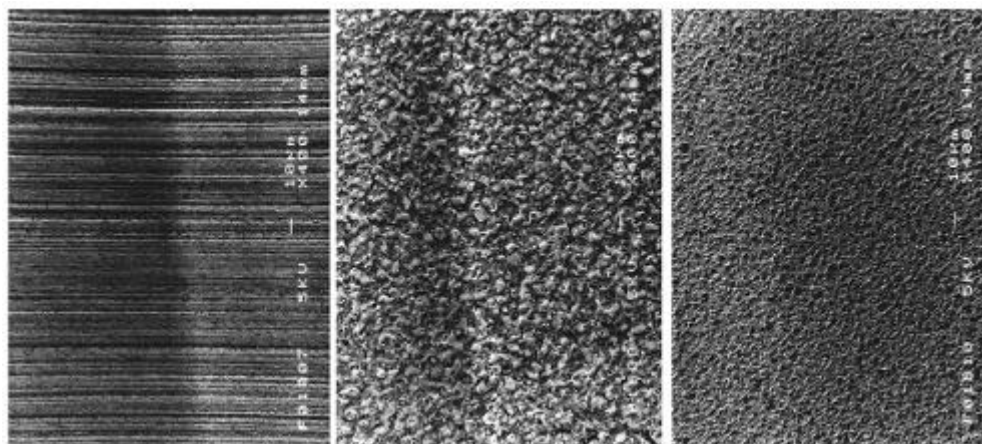
kisülés előtti pillanatig nem vezeti az áramot. Gyakran használnak ioncserélt lágyvizet vagy egyszerűen levegőt dielektrikumként. A dielektrikum felelős lehet továbbá a hűtésért is, amit a víz a magas fajhőjével jól meg tud valósítani. Mivel a leválasztott darabokat ez a kitöltő anyag magával sodorja, a keringető szivattyú elé szűrőt kell helyezni a károsodások elkerülésének érdekében.

Ha kicsi a távolság, és nagy a feszültség a két elektróda között, akkor a dielektrikum elveszíti a szigetelőképességét, és kialakul egy elektromosan vezető, ionizált csatorna. A folyamat pontosan a következőképpen alakul:



ábra 3 Vezető csatorna kialakulása

Szénacél munkadarabok megmunkálása során a leválasztott anyagrészecskék a (széntartalmú) dielektrikum bomlástermékeivel együtt a szerszámelektroda felé haladnak. A szénatomok a hőmérsékletcsökkenés miatt „pirolitikus grafitként” kiválnak a szerszámelektroda felületén, és ott olyan réteget képeznek, ami az eredeti elektróda anyagot védi. Különleges stratégiák alkalmazásával ezt a réteggépződést ellenőrzés alatt lehet tartani, így egyfajta egyensúly jön létre a rétegnövekedés és a kopás között, ami által a megmunkálást szinte elektróda kopás nélkül lehet elvégezni. A kopás, amit a szikraforgácsoló impulzusok okoznak, így a védőrétegen jelentkezik, és nem az eredeti elektródafelületen.



ábra 4 Grafit réteg létrejövetele a vágófejen

Koptatócsiszolás

A koptató csiszolást főleg nagy mennyiségű, ömlesztett állapotú munkadarabok felületének tisztítására, revétlenítésére, sorjázására, csiszolására és polírozására használják.

A koptató csiszolás akár szabályos, akár szabálytalan éllel dolgozik is - a munkadarab és a szerszám határozott mozgása jellemzi. Az itt ismertetésre kerülő eljárások - a koptató csiszolás változatai - határozatlan kinematikájúak, minek következtében a technológiákkal alak-, méret- és helyzetpontosság nem javítható.

Az elérhető felületi érdesség:

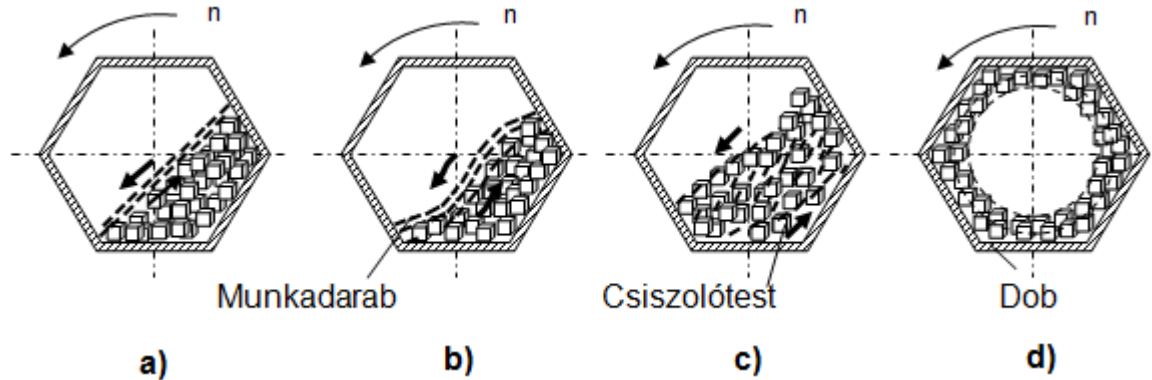
- felülettisztítás, revétlenítés $Ry = 20 \dots 1,5 \mu m$,
- csiszolás $Ry = 1,5 \dots 1,0 \mu m$,
- polírozás $Ry < 1,0 \mu m$.

A koptatással történő csiszolásnak két leginkább használt változata a:

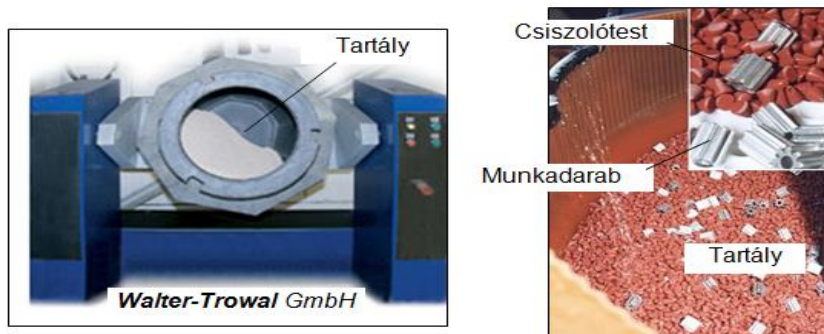
- Forgódobos eljárás,
- Vibrációs eljárás

A forgódobos csiszolás:

A forgó dobos eljárásnál az anyagot és a csiszolóanyagot behelyezzük egy forgó dobba és egy meghatározott fordulattal forgatjuk, az alábbi ábrán látható a használata:



ábra 5 Forgódob használata



ábra 6 Forgódob

Vibrációs eljárás:

A munkadarabok, (leginkább kisméretű példányok) egymásközött relatív mozgást végeznek.

Ezt a mozgást, egy kis fordulatszámmal mozgó dobbal lehet elérni, vagy elektromágneses vibrátorral lehet létrehozni. A folyamat intenzitását csiszolótestekkel is lehet fokozni. A levált szemcsék mechanikus úton kihullnak a dobból. A dobot folyékony közegben (víz) lehet működtetni, és így biztosítani a levált részecskék (forgács) eltávolítását.



ábra 7 Csiszolókővek

Az említett folyamatok, sokat függnek a munkadarab formájától és anyagától, úgy, hogy a végső megoldást kísérletezés segítségével lehet meghatározni.

Szuperfinish eljárás

A szuperfinish eljárást a Chrysler cég licenszelte 1934-ban. A szuperfinishelés ismert még, microfinishelés és honingolásként is. Ezt úgy érik el, hogy eltávolítják a vékony amorf réteget és ezt megközelítőleg $1\mu\text{m}$. A szuperfinish ellentétben a polírozással mely tükörsíma felületet hoz létre ez keresztsrafozás mintát hoz létre a munkadarabon.

Az eljárásfolyamata:

Azután, hogy a munkadarabot lecsiszolták, egy finomcsiszoló kővel, ismételve és forgatással, és visszafelé forgatással (ezek a mozgások hozzák létre a keresztsrafozás mintát).



ábra 8 Főtengely Szuperfinish eljárás alatt

Alkalmazási területei:

- kormányművek,
- váltóalkatrészek,
- elementek,
- hidraulika cilinderek,
- csapágys.

A superfinish ezeket az alkatrészeknek az életidejét tartósabbá teszi akár 4x-esen is.

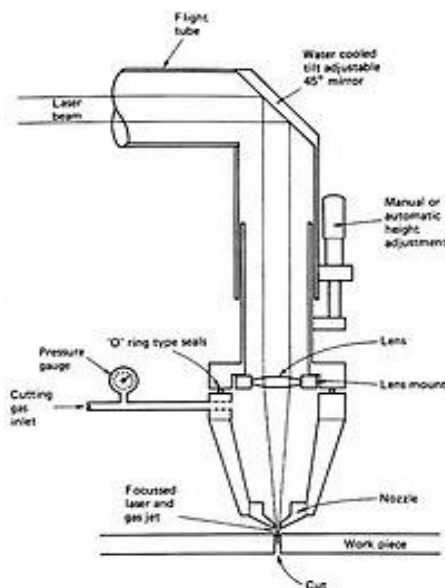
Sugaras folyamatok

A sugaras folyamatok többségére jellemző, hogy ugyanazon a pályán többszörösen végig mennek, és folyamatosan irányítás alatt állnak.

A sugaras folyamatok a következők:

LÉZER-sugárral történő megmunkálás

Lézer sugaras megmunkálásnál egy energia nyalább vágja magát keresztül az anyagon. A lézervágásnál az egyik legfontosabb tényező ellentétben, az ION és az elektronsugaras vágással, az hogy optikai alapon a fókuszpontba adja le a teljesítményét legjobban. Amikor az anyag és a lézerfénynyaláb összeér akkor az anyag felmelegszik és a fuvókáján a lézervágó fejnek a felforrósodott fém elválasztódik egymástól.



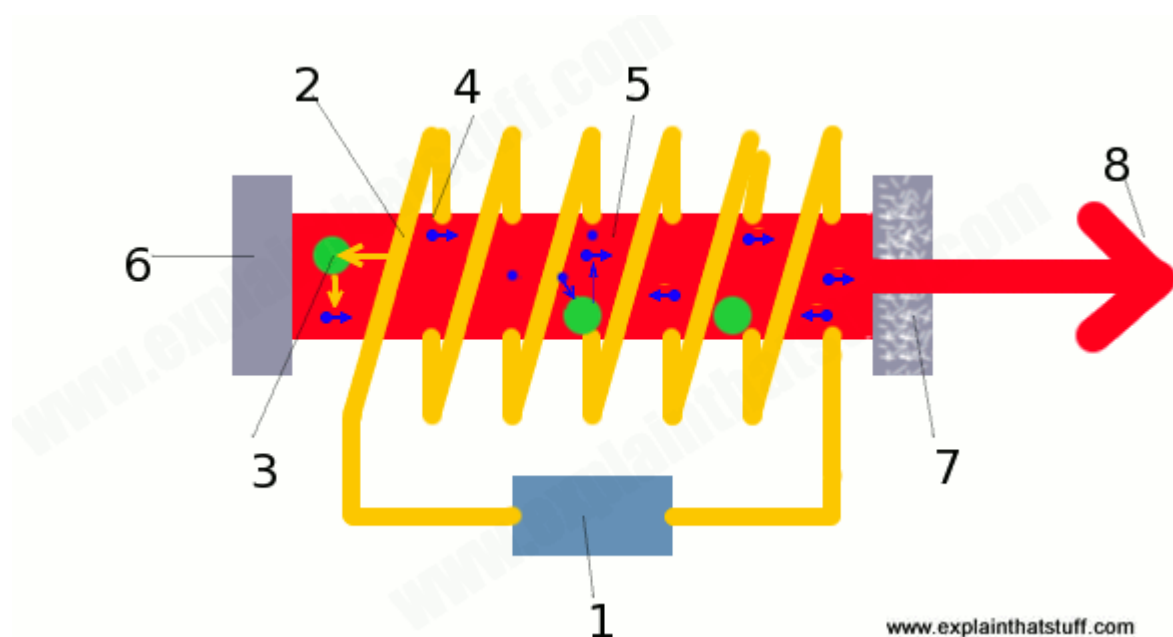
ábra 9 Lézer vágó fej

A lézersugár felforrósítja az anyagot és a lézervágókáján levegő kifújja az anyagot. Leggyakoribb használata a szerkezeti acélok, alumínium, lemeztáblák, idomacélok, megmunkálása, darabolása.

A lézeres vágó technológiák:

- Oxidációs vágás (égető vágás) Olyan hőmérsékletre emelik a hőmérsékletet, hogy az anyag elég, és tiszta oxigént fújnak az anyagra.

- Olvasztó vágás: A lézersugárral olvadáspontig hevítik az anyagot majd egy semleges gáz segítségével kifújják az anyagot. Speciális esetekben mint, pl a Titán, valamint a Magnézium Nitrogén gáz helyett, Argont használnak.
- Szublimációs vágás: Itt elégettik az anyagot majd az anyag levegőbe távozik ilyen vágás pl. a fa és a műanyag vágása.



ábra 10 Lézercsőműködési elve

A lézercső 15 kV feszültséget ér el ennek következtében egy üvegcsőben áramoltatott nagy tisztaságú, kisnyomású gáz(keverék) középfrekvenciás (1–10 kHz), nagyfeszültségű impulzusokkal gerjesztik (pumpálják). A keletkezett lézersugarat tükrökön (vetítéssel) vagy - kisebb teljesítmények esetén - üvegszálon át juttatják el a vágófejhez. A vágófejben egy vagy több speciális anyagú lencse végzi a fókuszálást. Vastagabb anyagokhoz általában 190mm gyújtótávolságú, míg 6mm vastagság alatt 110mm-es fókusz távolságú cinkszelenid (ZnSe) anyagú lencsét használnak.

A lencse a beérkező fényt a tárgy felületére fókuszálja oly módon, hogy a fókuszpont átmérője 0,1 mm körül van. Így rendkívüli energia koncentrálódik nagyon kis területen: hatására létrejön a vágás.

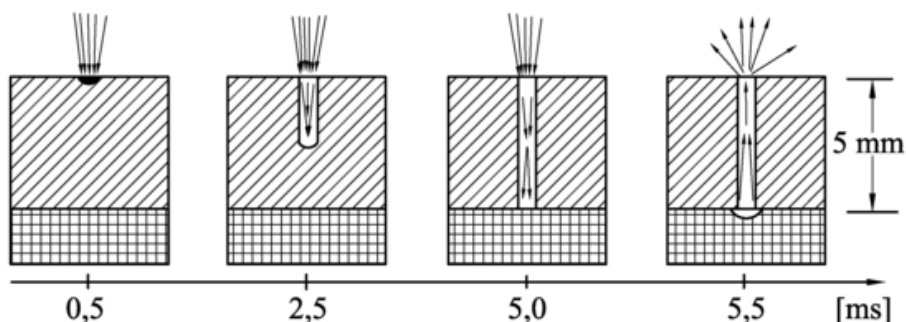
Lézervágás esetén még meg kell említeni a biztonsági tényezőt is, mivel a lézer a nem látható tartományban dolgozik, ezért szükséges a lézersugárnak egy zárt rendszer létrehozni, ne hogy emberi sérülést okozzon.

Elektron sugárral történő megmunkálás.

Amikor az elektronsugár behatol az anyagba, annak hőmérséklete a másodperc milliommód része alatt 1000 °C-ra nő, helyi olvadást és elpárolgást okozván.

A hevítés hatására az üreg belsejében kialakult nagy nyomás ki- és felfelé préseli az olvadékot a lyukból, lehetővé téve az elektronsugár számára, hogy a gőzökön áthatolva gyorsan tovább mélyítse a lyukat.

Reaktív tartóanyagot helyeznek a munkadarab mögé. Amikor az elektronsugár átfúrja a munkadarabot és eléri a tartóanyagot, abban további heves gázképződést okoz, amely kilöveli az olvadékot a lyukból és tiszta, minimális utómegmunkálást igénylő, szűk furatot eredményez.



ábra 11 Elektronsugaras fúrás

Az elektronsugaras vágás.

Az ún. EBC Electron Beam Cutting

Az elektronsugár keltette hő sávjában elpárolgatja az anyagot, a nagy energia hatására következő olvadék nem bírja bezárni a rést.

Különböző anyagok vágási sebessége:

Anyag	Vágási sebesség [mm/min]	Sugáráram (μ A)	Vágórés szélessége [mm]
Rozsdamentes acél	50	50	100
Volfrám	125	30	25
Sárgaréz	50	50	100
Aluminium-oxid	600	200	100

IONIZÁLT-sugárral történő megmunkálás

Ionizált sugaras megmunkálás elsődleges használata nano méteres tartományban található.

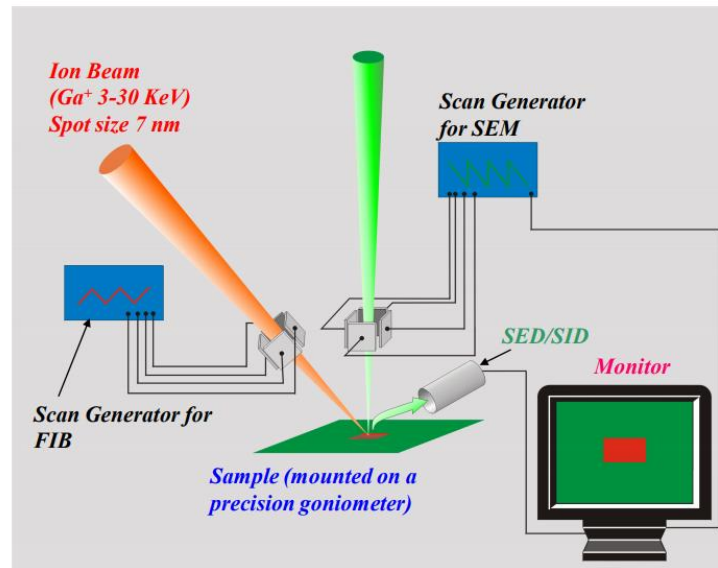


ábra 12 IOn maró gép

Az alap eljárás mind a három esetben azonos: foton részecskék (lézer), elektronok (elektron),

He jónok (jonizált) igen kis felületre való sűrítése ($0,001 \div 0,25 \text{ mm}^2$). A sűrített energia

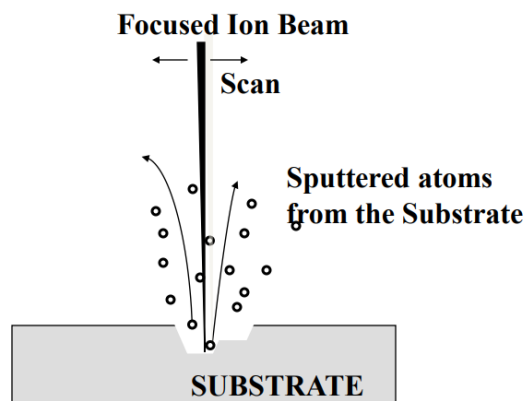
felhasználható lemezvágásra, esztergálásra, ...).



ábra 13 Ionizációs marás

Egyik fő használata mikroelektronikában a processzorok gyártásánál figyelhető meg. Ahol nano méteres vágásokra/marásokra van szükség.

Amikor az ion sugár belehalad az anyagba energia hatására az anyagból kiszakadnak a szemcsék, és a sugár szögének beállításával szabályozható a sugár erőssége.



ábra 14 Ionnal való leválasztás

Vízzel való vágás

A folyadéksugaras megmunkáláskor az anyagleválasztáshoz szükséges energiát a nagynyomású folyadék ($p > 2000$ bar) kis átmérőjű ($d < 1$ mm) fúvókanyíláson való átáramoltatásával biztosítják. A kiáramló folyadék a $v_c = 500 \dots 1000$ m/s sebességet is eléri, a vágás teljesítménye pedig a Bernoulli-egyenletet is felhasználva a :

$$P = \rho \cdot A \cdot \frac{v_c^3}{2} = \frac{\pi}{4} \cdot \sqrt{2/\rho} \cdot d_n^2 \cdot p^{1.5} \quad [\text{W}]$$

képletekkel két módon is számítható, ahol:

ρ - a folyadék sűrűsége $[kg/m^3]$,

A - a folyadéksugár keresztmetszete $[m^2]$,

v_c - a folyadéksugár sebessége $[m/s]$,

d_n - a fúvókaátmérő $[m]$,

p - a folyadék nyomása $[N/m^2]$.

A képlet alapján a nyomás és a vágófej geometriai paramétereinek ismeretében számítható a kiömlő folyadéksugár sebessége.

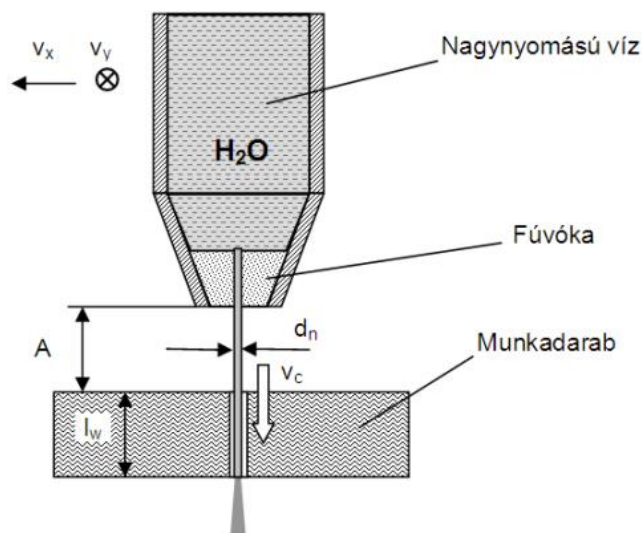
A munkadarabot a sugárfogó tartályon lévő, nagyméretű rácson asztalra helyezik. A megkívánt alakzat kivágása a vágófej x;y irányú, CNC-vezérlésű mozgatásával történik. Az asztal rácsszerkezetén átjutó folyadéksugár fékezésére a folyadékba merülő ásványi kőzetet vagy acélgolyókat is használnak. A tartályba került folyadék és adalékanyag egy részét újrahasznosítják. A víztartályban lévő folyadék tisztított és lágyított.

A technológiának két változata van:

- vízsugaras megmunkálás,
- vízsugaras abrazív megmunkálás.

Vízsugaras megmunkáláskor a vágáshoz csak a folyadéksugár energiáját használják.

Termelékenyen darabolhatók így a viszonylag lágy anyagok, mint például a laminált fa, a textíliák, a gumi, a bőr, az élelmiszerek, a műanyag habok és szendvicsszerkezetek.



ábra 15 Vízrel való vágás működési elve

A vízsugaras vágás technológiai jellemzői:

- víznyomás: $p = 2000 \dots 6000$ bar,

- fúvókaátmérő: $d_n = 0,1...0,4$ mm,
- a szállított vízmennyiség: $Q < 4$ l/min,
- a munkadarab távolsága a fúvókától: $A = 2...50$ mm,
- előtolósebesség: $v_f = 150...500$ mm/min, $l_w = 6...20$ mm vastagságú laminált fára.

Ha kemény, nehezen megmunkálható anyagokat vágnak vízsugárral, akkor a folyadékhoz abrazív szemcséket (*szilícium-oxid: SiO_2 ; gránát: $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$*) adagolnak. A megmunkálható anyagok sorába ezzel felkerült a kerámia, a gránit, a márvány, az üveg, a vastag falú műanyag és a különböző anyagú fémek egész sora. Kissorozatú lemezkivágás így például megoldható kivágó szerszám nélkül, ami sok esetben igen nagy költségmegtakarítást jelenthet.

A vágófejben keveredik az abrazív szemcse a vízzel, és kopásálló zafírból készült fúvókán keresztül jut a munkadarab felületére (3. ábra). A távozó vízsugár átmérője többszöröse a vízsugaras eljárásának, mivel a $W = 0,1...0,5$ mm szemcse nagyságú szemcséknek akadálytalanul át kell jutniuk a 4...5-szörös szemcseméretű fúvókán. A vágáshoz szükséges energia így kevésbé koncentrált, de az éles, ütközéskor alig morzsolódó szemcsék (pl. gránát) kompenzálják a veszteséget, sokszorosára növelik a hatékonyságot.

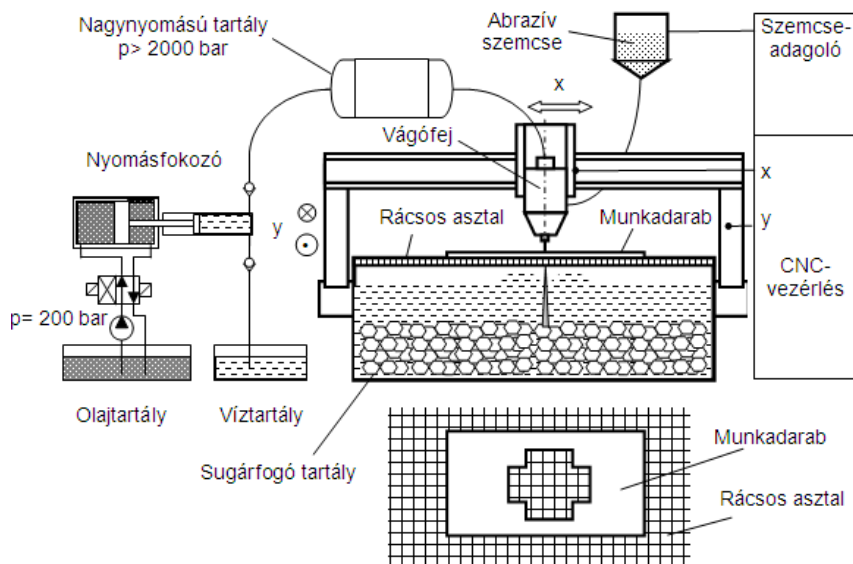
Az átvágható lemezvastagság a folyadéknyomással és a szemcsemennyiséggel növekszik, míg a v_f előtolósebesség és az A munkadarab-távolság csökkenti azt. A munkadarab fúvókától való távolsága természetesen nem lehet túl kicsi, mert ahhoz, hogy a szemcsék felgyorsuljanak, elegendő úthosszra van szükség.

A vágott felületen a szemcsék az ábra szerinti nyomot hagynak. A felső rész sima felülete a vágási mélységgel folyamatosan durvul. Észlelhető az is, hogy a mozgási energia csökkenésével a szemcsék pályája a v_f előtolósebesség irányával ellentétesen elhajlik a függőlegetől. A folyadéksugár kilépési oldalán gyakran sorja is megjelenik, aminek magassága (e) a technológiai paraméterek és a munkadarab anyagminőségének függvénye.

Fémsörét / Abrazív szemcse megmunkálás

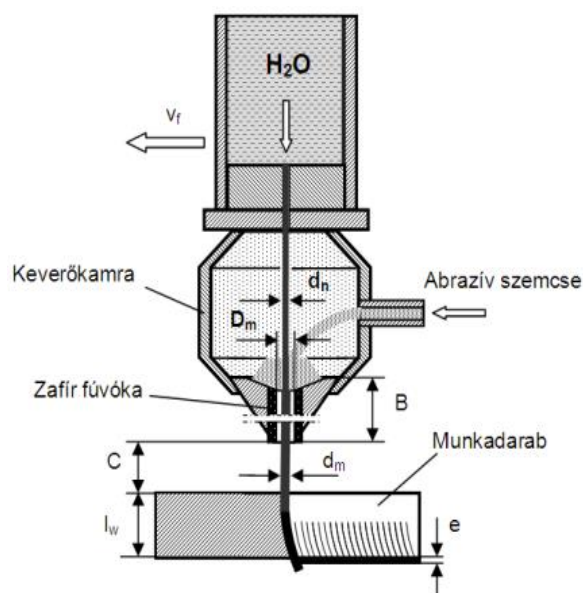
Ha kemény, nehezen megmunkálható anyagokat vágnak vízsugárral, akkor a folyadékhoz abrazív szemcséket (*szilícium-oxid; fémsörétet*) adagolnak. A megmunkálható anyagok sorába ezzel felkerült a kerámia, a gránit, a márvány, az üveg, a vastag falú műanyag és a különböző anyagú fémek egész sora. Kissorozatú lemezkivágás így például megoldható kivágó szerszám nélkül, ami sok esetben igen nagy költségmegtakarítást jelenthet.

A vágófejben keveredik a szemcse a vízzel, és kopásálló zafírból készült fúvókán keresztül jut a munkadarab felületére. A távozó vízsugár átmérője többszöröse a vízsugaras eljárásának, mivel a $W = 0,1...0,5$ mm szemcse nagyságú szemcséknek akadálytalanul át kell jutniuk a 4...5-szörös szemcseméretű fúvókán. A vágáshoz szükséges energia így kevésbé koncentrált, de az éles, ütközéskor alig morzsolódó szemcsék kompenzálják a veszteséget, sokszorosára növelik a hatékonyságot.



ábra 16 Abrázív szemcsés vágás

Az átvágható lemezvastagság a folyadéknyomással és a szemcsemennyiséggel növekszik, míg a v_f előtolósebesség és az A munkadarab-távolság csökkenti azt. A munkadarab fúvókától való távolsága természetesen nem lehet túl kicsi, mert ahhoz, hogy a szemcsék felgyorsuljanak, elegendő úthosszra van szükség.



ábra 17 A vágás folyamata

A vágott felületen a szemcsék az ábra szerinti nyomot hagynak. A felső rész sima felülete a vágási mélységgel folyamatosan durvul. Észlelhető az is, hogy a mozgási energia csökkenésével a szemcsék pályája a v_f előtolósebesség irányával ellentétesen elhajlik a függőlegestől. A folyadéksugár kilépési oldalán gyakran sorja is megjelenik, aminek magassága (e) a technológiai paraméterek és a munkadarab anyagminőségének függvénye.

Irodalom

Dr Fürstner Stevan – GYÁRTÁSTECHNOLÓGIA (2007)

[W1] - Electrical discharge machining –

https://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_discharge_machining

[W2] - <https://www.cnc.hu/2011/06/energikus-termeles-%E2%80%93-a-szikraforgacsolas/>

[W3] - [https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0007_02-Forgacsolas es szerszamai HU/65 koptat csiszols.html](https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0007_02-Forgacsolas_es_szerszamai_HU/65_koptat_csiszols.html)

[W4]- <https://en.wikipedia.org/wiki/Superfinishing>

[W5]-https://en.wikipedia.org/wiki/Laser_cutting

[W6]- https://en.wikipedia.org/wiki/Ion_beam

[W7]- <http://home.iitk.ac.in/~vkjain/L3-IBM-ME698.pdf>