

Vízugaras vágás

Hogyan érvényesül a víz ereje?

A természetben a víz romboló ereje az erózió kapcsán már évmilliók óta ismert tény. Számos példáját ismerjük ezen erő hatásának akár közvetlen környezetünkben is. Azok a vízmosások, folyóvölgyek, melyek ma látványukkal gyönyörködtetnek, tulajdonképpen víz pusztító erejének termékei.



A vízugaras vágás előbb említett tulajdonságának hasznosítása több évtizedre nyúlik vissza. A 30-as években amerikai és szovjet mérnökök tették meg az első lépéseket abban az irányban, hogy nagy nyomású vízugarat a bányászatban kövek és barnaszén darabolására használjanak. A technológia közben folyamatosan fejlődött. Ennek a folyamatnak jelentős lökést adott a repülőgépipari hasznosítás, amikor korábban soha nem használt anyagokat tudtak beépíteni. A korábbi vágási eljárásokat túlhaladva a vízugaras vágás ugyanis lehetővé tette jó műszaki tulajdonságokkal rendelkező anyagok megmunkálását, amire korábban nem nyílt lehetőség.

A 60-as évek vége felé amerikai repülőgépgyárak ezt a technológiát használták szállal erősített, sejt szerkezetű, valamint szendvicsanyagok vágására. Ezek az anyagok különösen érzékenyen reagálnak a magas hőmérsékletű, ill. a nagy mechanikai igénybevételű beavatkozásokra. A hagyományos lángvágó, fűrészelő, nyíró technológiák itt jelentősen károsíthatják az anyagszerkezetet.

Milyen előnyei vannak a vízugaras vágásnak más eljárásokkal szemben?

A legnagyobb előnye a vízugaras vágásnak más technológiákkal szemben az, hogy ez egy hidegvágási eljárás, így gyakorlatilag minden anyag vágására alkalmas. Olyan esetekben is jó megoldást nyújt, ahol más eljárások – ha használhatóak is ugyan – gyenge eredményt produkálnak. A hőbeviteli eljárások megégetéssel, beolvadással járnak a vágási felület mentén.

A lézer- és plazmavágás során előfordul, hogy az anyagban túl nagy feszültség, esetenként hajszálrepedés keletkezik, vagy ötvözeteknél sérül az anyagkapcsolat. Előfordul az is, hogy olyan mérgező gázok keletkezhetnek, melyeket hatástalanítani kell. Ezzel szemben a vízugaras vágásnál a felület nem edződik,

nem púposodik fel, nem, nincs beolvadás, és nem keletkezik semmilyen gáz. Egyes anyagok – pl. kemény műanyagok, műanyag bevonatú fémek – vágására szinte ez az egyetlen alkalmazható eljárás, mivel nem károsítja a felületet. Vastagabb és keményebb fémeknél, ha lehet is, nem éri meg másképpen darabolni a lemezt, mivel a szerszámkopás igen jelentős költséget jelent. A titán, a saválló acél, a réz és az alumínium pl. gondot okoz ezekben az esetekben.

Mik az elvárások a vágási eljárásokkal szemben?

Az ipari vágás iránti kereslet az elmúlt években drasztikusan nőtt. Az igények egyre inkább a jobb termelékenység és nagyobb vágási sebesség irányába mutatnak. Egyre inkább képesnek kell lenni ugyanakkor bonyolult formák pontos vágására úgy, hogy a vágott felületek jó minőségűek legyenek.

Milyen megoldásokat nyújt a vízsugaras vágás?

- nagy méretpontosság
- vágott élek nem sérülnek
- jó minőségű felületet lehet biztosítani, mely nem igényel további megmunkálást,
- a normál homogén vágási felület könnyebbséget jelent az esetleges további megmunkálás során.
- bármilyen bonyolult alakzat vágása
- rugalmasan kezelhetőek az apró méretváltozások, illetve az egyedi minták
- az anyagban bárhol el lehet kezdeni a vágást
- tökéletesebb anyagkihasználás a minimális vágórésnek köszönhetően



Hogyan épül fel a vízsugaras vágóberendezés?

A berendezés alapvetően két egységből épül fel: a nyomásfokozó berendezésből, és az igényeknek megfelelően kialakított vezérléssel ellátott vágógépből. A nagy nyomású pumpa 360 MPa körüli víznyomást állít elő, majd a vízszugár egy speciális zafírkövön jön ki, a nyomásból származó energiát átalakítva kinetikai energiává, ami kb. 800-900 m/s-os sebességet jelent. Az így keletkező energia elegendő ahhoz, hogy a vízszugár különböző anyagokat vágjon nagy pontossággal, gazdaságosan és gyorsan. A berendezés teljesítményigényét az

előállított nyomás, valamint a szükséges vízmennyiség határozza meg. Egy 360 MPaos nyomás előállításához 3,5 l/perces vízmennyiség mellett, kb. 30 Kw-os berendezés szükséges.

A víz vétele hálózati vízrendszerről történik. A rendszer víz előkészítést igényel a vízkövesedés megakadályozásának érdekében. Egy hagyományos berendezés két lépcsőben állítja elő a már említett nyomásértéket:

1. Először egy hidraulika-olajjal működő axiáldugattyús szivattyú 27 MPa nyomást produkál,
2. Az olaj szelepeken keresztül – vezérlés segítségével – egy dugattyús nyomás-fokozóba kerül, ahol a dugattyúk nyomófelületeinek 13x-os különbsége adja a rendszerbe kerülő víz végső nyomását

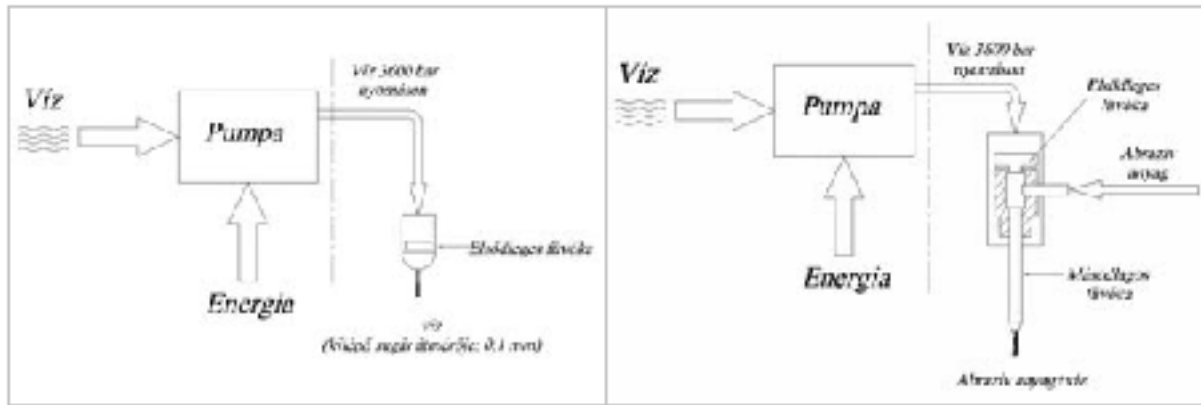
A hagyományos pumpa leírásából is jól látszik, hogy az olaj- és vízkör egymástól való elszigetelése folyamatos hibaforrásként kockázatot jelent, ráadásul a hatásfok is alacsony. Ezek az okok sarkallták a fejlesztőket arra, hogy tökéletesebb, jobb teljesítményű rendszert építsenek. Itt született meg az olajkört mellőző direkt hajtású pumpa ötlete.

Ezek a pumpák elektromos motor segítségével közvetlenül, dugattyús elven működnek és egy lépcsőben állítják elő a vágáshoz szükséges víznyomást. Az olajkör elhagyása jelentősen csökkentette a hibaforrások számát, így a szervizköltségeket is.

A vágógépen tulajdonképpen kettő, három, vagy akár 5-6 tengely egy időben történő vezérlését kell megoldani, attól függően, hogy 2D-s vagy 3D-s megmunkálást szeretnénk elérni. A 3D-s alkalmazás lehetőségeit jelentősen csökkenti az az objektív tény, hogy a kilépő sugár fennmaradt energiájának elnyelését meg kell oldani. 2D-ben gondolkodva ez nem okoz problémát, mivel az energiát egy vízzel teli kád nyeli el. 3D-ben ez már nem olyan egyszerű.

Hogyan tud a víz vágni?

Technológiai szempontból két csoportra bonthatók a vágandó anyagok: az egyikbe azok tartoznak, amiket lehet tiszta vízzel vágni, a másik csoportba azok tartoznak, amelyek vágásához abrazív anyagot (gránit homokot) keverünk a vágósugarba. A két sematikus ábrán jól látható a két technológia közötti különbség



Tiszta vizes vágás

A nagy nyomás (3600 bar) segítségével lehet vágni, ide tartozik a gumi, 3-4 mm-es habosított PVC, styrofoam, linóleum, habanyagok. Ekkor a vágási rés 0.1-0.2 mm.

Abrazív vágás

A víz energiája, valamint a homok koptató hatásával együtt érvényesül, így érjük el az anyag kettéválasztást. A vágórés ebben az esetben 0.8-1 mm közötti

Milyen tényezők hatnak a vágási felületre?

Van két olyan tényező, amely nagyban meghatározza, a technológia felhasználását, alkalmazhatósági területét. Az egyik a kúposág kialakulása a vastagság mentén, a másik pedig a sugárelhajlásból származó alá-metszések.

- **kúposág problémája:** a fúvókán kilépő sugár átmérője 0,8 mm, ami meghatározza a vágandó anyagon a vágórés szélességét. Ahogy azonban haladunk lejjebb az anyagvastagságban, a sugár veszít erejéből, így a hátoldalon kilépő víz már csak 0,4-0,5 mm-es rést tud vájni magának. A sebesség csökkentésével ugyan lehet minimalizálni a kúposágot, amit a mellékelt fotón jól lehet látni. A látható minőséget viszont a normál vágási sebesség harmadával lehet elérni. Ekkor már a sugár okozta nyomokat sem lehet látni a felületen.
- **alámetszések:** a vágás során a sarkoknál hirtelen változik a vágás iránya, ettől a vízszugár elhajlik, és esetleg nem kívánt módon metszi el az anyagot a kilépő oldalon. Ez gondot jelenthet a méretpontosság terén, de az újabb építésű gépünk esetében ezek a kedvezőtlen hatások a fej minimális döntésének vezérlésével már kiküszöbölhetőek.

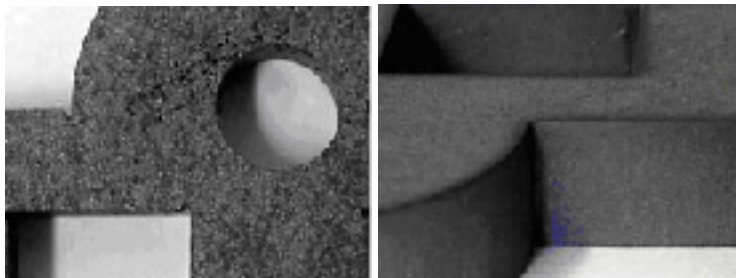
Milyen megoldások lehetségesek?

1. Paraméterek módosítása:

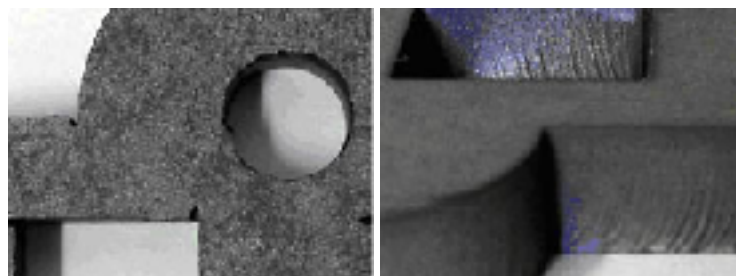
Mivel a vágás elmélete a szemcsék koptató hatásán alapul, ezért olyan sebességet kell választani, hogy a sugárban lévő gránit szemcsék ideális szögben találkozzanak a vágandó anyag felületével, hogy minél nagyobb hatásfokkal sodorja ki a "felesleges" anyagot. Viszont minél jobb ez a hatásfok, annál barázdáltabb, durvább a vágott felület. Ezen peremfeltételek tudatában kell meghatározni a megfelelő beállítandó paramétereket a vágás során. Természetesen a munkadarab további feldolgozása szempontjából kell ezt vizsgálni.

A különböző vágási paraméterek változtatásával egy 10 mm-es KO33-as acélalkatrészen keresztül is nyomon követhetjük a felület változását, illetve az alámetszéseket.

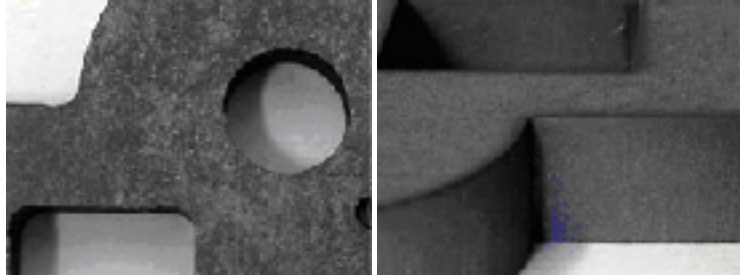
- Minimális utómunkát igénylő alkatrészek kivágásához, nem funkcionális felületeknél elért minőség:



- Olyan esetekben, ahol további megmunkálásra kerül a felület, vagy ahol az esztétikai szempontok lényegtelenek



- Az alámetszések elkerülése nemcsak a sebesség csökkentésével, hanem a technológiai áttervezéssel is megoldható rádiuszok vagy sarokkicsípek alkalmazásával, ha a további felhasználás ezt megengedi.



2. Az oldalferdeség és alámetszés jelenségét kompenzáló gép

A kedvezőtlen jelenségek megakadályozásához folyamatosan változtatni kell a sugár beesési szögét, amit további vezérelt tengelyek beiktatásával lehet elérni. A CAM program egy meghatározott módosított pályán mozgatja a fejet úgy, hogy a munkadarab oldalferdesége lehetőleg „0” legyen, legjobban közelítve az elméleti merőlegest.

Fontos megjegyezni, hogy a ferde fejállás miatt nagy jelentősége van a fúvóka és az anyagfelület távolságának. A távolság hatással van a méretpontosságra, ezért ezt a technikát csak megfelelően sík felületű alapanyagok esetében lehet alkalmazni.

Milyen tényezők befolyásolják tehát összességükben a vágás minőségét?

- Anyag fajtája
- Vízszugár átmérője
- Előállított víznyomás
- Vágási eljárás: tiszta víz v. abrazív
- Vágási sebesség
- Véglassítás, gyorsítási tényező (a sarokpontok megközelítésének paramétere)
- Abrazív anyag minősége, mennyisége, adagolása
- Vágófej távolsága az anyagtól

Mit lehet, és mit nem érdemes vízzel vágni?

Szinte minden anyag megmunkálható ezzel az eljárással, legalábbis amit eddig vágtunk:

- Hőálló, rozsdamentes és edzhető acélok
- 150 mm vastagságig (elméleti érték) gyakorlatban 80 mm felett már nem javasolt.
- Alumínium, sárgaréz, vörösréz, bronz, páncéllemez
- Kompozit anyagok, üvegszál- és szénszál erősítéssel
- Szendvicsszerkezetű anyagok (dibond lemezek)
- Gránit 60 mm vastag
- Grafit lemez anyagvastagság: 2 mm
- Üveg normál állapotban

- Gumilemezek
- Táblás habanyagok
- Dekorációs és ipari műanyag lemezek

Amire a vízsugaras vágás nem nyújt megoldást:

- Edzett üveg
- Kartonpapír
- Természetes fa
- A gránitnál nagyobb keménységű anyagok
- Ipari fénoxid kerámiák