

ALUMÍNIUMÖTVÖZET ABRAZÍV VÍZSUGARAS VÁGÁSÁNAK VIZSGÁLATA

INVESTIGATION OF ABRASIVE WATERJET CUTTING OF AN ALUMINIUM ALLOY

Dr. Maros Zsolt*

ABSTRACT

Abrasive waterjet cutting has for the last few years become a competitor to various procedures that generate heat. The new technique has become popular because the heat of cutting does not deform the material and the cut surface has high quality. Main advantage of this method is that almost every kind of material from stones to polymers can be cut. Efficiency and quality of the waterjet cutting process can be characterised by different output parameters, like surface roughness of the machined surface, geometry of cutting kerf (depth, width, tapering). Some results of experiments carried out for investigation of efficiency and quality of cutting of aluminium alloy surfaces are summarised in the paper

1. BEVEZETÉS

A vízsugaras vágás ipari felhasználása a 80-as évek elejére vált igazán lehetőséggé, amikor is kifejlesztették azokat a nyomásfokozó rendszereket, amelyek képesek voltak 3000 bar fölötti víznyomást is előállítani. Ekkor kezdődtek meg azok a kísérletek, amelyekben az addig tiszta vízsugárhoz már abrazív port adagoltak. Az első ipari vízsugaras vágógépek megjelenése a 80-as évek közepére tehető. Ma világszerte egyre szélesebb körben alkalmazzák ezt a technológiát többek között különböző alumíniumötvözetekből készült lemez előgyártmányok elsődleges megmunkálására.

A vízsugaras vágás előnyei illetve hátrányai alapján jól kiegészíti a hőhatást hasznosító vágási eljárásokat. Ott alkalmazható sikerrel, ahol a hőhatással működő eljárások technikai vagy gazdaságossági korlátokba ütköznek.

Abrazív vízsugaras vágásnál az anyagleválasztás erózióval történik. Ekkor a szilárd és folyékony részecskékkel való ütközés következtében jön létre anyagleválasztás [1]

A folyadékban lévő részecskék és a munkadarab ütközésekor az ütközés és az anyag jellemzőitől függően különféle jelenségek játszódnak le: nyírásos alakváltozás, képlékeny deformáció, repedések keletkezése és növekedése, keményedés, rideg törés, az anyag helyi megolvadása stb.

A vágási folyamatok vizsgálatakor a vágás hatékonyságát, a megmunkált felület érdességi jellemzőit és a vágási rés alakját szokás vizsgálni, leginkább azon vonatkozásban, hogy hogyan befolyásolhatók ezek a jellemzők a jellegzetes technológiai paraméterek változtatásával.

2. A BEVÁGÁSI MÉLYSÉG VIZSGÁLATA

A megmunkáláshoz szükséges energia-, víz- és abrazív anyag mennyisége a szivattyúk és nyomásfokozók teljesítményének növelésével, a fűvókák minőségének javításával és a technológiai paraméterek megfelelő megválasztásával szabályozható. A megmunkálás folyamata számos tényezőtől függ. A vágás hatékonysága különböző módokon növelhető:

- a technológiai paraméterek megfelelő megválasztásával,
- a szivattyúk és nyomásfokozók teljesítőképességének növelésével,
- a vizes és az abrazív fűvókák geometriájának változtatásával,
- az abrazív anyagának és szemcseméretének változtatásával.

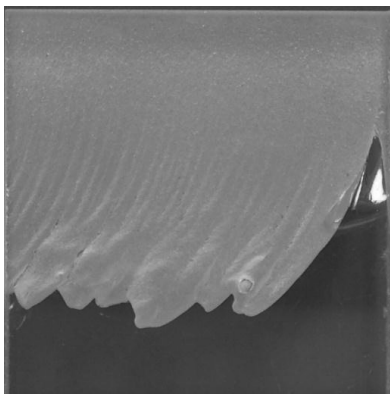
Fenti tényezők közül a technológiai paraméterek kivételével egyik tényező sem vizsgálható, csak egészen rendkívüli anyagi befektetésekkel. Ezért van az, hogy pl. a fűvóka geometriák vizsgálatáról szinte kizárólag a vízsugaras vágóberendezéseket gyártó nagy világcégek kutatói [2] számolnak be.

A vágás minősége és hatékonysága különböző paraméterekkel jellemezhető: így például a megmunkált felület érdessége és pontossága, a vágórés mérete és alakja, szélessége, mélysége és ferdesége. A vízsugaras vágás jellemzésére az irodalomban széles körben elfogadott paraméter az ún. bevágási mélység [3,7].

A bevágási mélység kísérleti vizsgálatok az anyagot nem vágjuk át teljes keresztmetszetében (1. ábra), csak

*egyetemi adjunktus, Miskolci Egyetem,
Gépgyártástechnológiai Tanszék

egy bevágást készítünk, és azt vizsgáljuk milyen mélység érhető el a technológiai paraméterek változtatásával. A bevágási mélység mérésekor a hossz mentén elvégzett több mérés átlaga adja az adott paraméterekkel elérhető maximális bevágási mélységet (h).



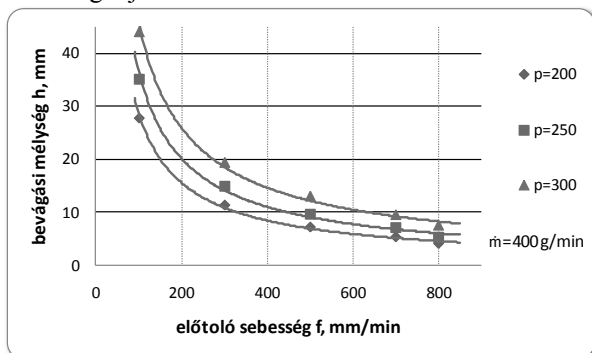
1. ábra. Jellegzetes bevágás tüve anyagban

A kutatási célok elérése érdekében ún. bevágási és átvágási kísérleteket végeztünk különböző anyagokon a felhasználók által állítható technológiai paraméterek, azaz a vágófej előtoló sebessége (f), a víznyomás (p) és az abrazív anyagáram (m_a) változtatása mellett. A bevágási kísérleteknél a bevágás mélységét (h), az átvágási kísérleteknél a felületi érdesség jellemző paramétereit, illetve a vágórés szélességi méreteit és az oldalak ferdeséget vizsgáltuk. A vizsgált anyagminőség AlMgSi0,5 alumínium ötvözet volt, mely viszonylag széles körben alkalmazott az ipari felhasználásokban.

A kísérleteket INNO PUMP-36HD kétdimenziós abrazív vízugaras vágógépen végeztük az alábbi paraméterek alkalmazása mellett:

- az elsődleges fúvóka átmérője: 0,2 mm
- az abrazív fúvóka átmérője: 0,8 mm
- az abrazív fúvóka hossza: 70 mm
- abrazív anyag: BARTON GARNET #80

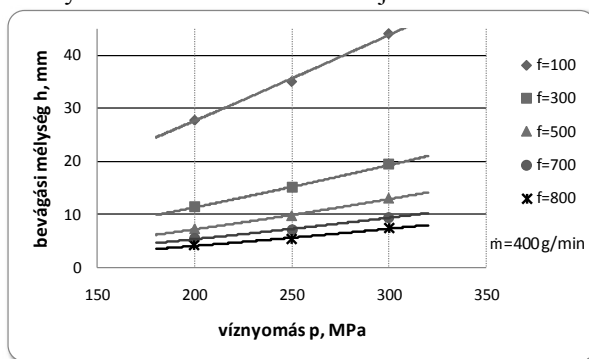
Ezen fix paraméterek mellett változtattuk az alkalmazott víznyomás, az abrazív anyagáram és az előtolás nagyságát. A kísérletek eredményeit a 2-4. ábrák foglalják össze.



2. ábra. Az előtolás hatása a bevágási mélységre különböző nyomásokon

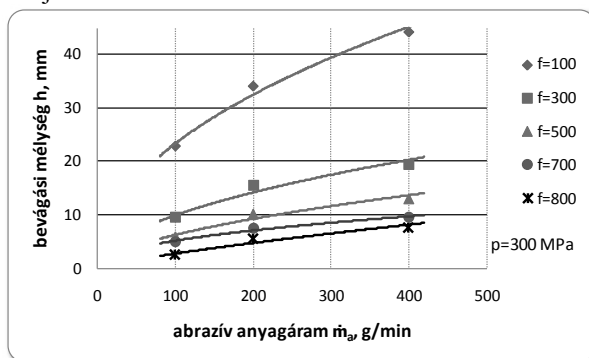
A 2. ábrából megállapítható, az előtolás növelésével a bevágási mélység főleg kis sebességeknél meredeken csökken, a görbék hiperbolikus jellegűek, 200-250 mm/min közötti tartományban a bevágási mélység a felére esik. A bevágási mélység változására az előtolás gyakorolja a legnagyobb befolyást. A megmunkálási költségek alakulására a technológiai paraméterek közül az előtolás nagysága van a legmarkánsabb hatással. Az előtolást ezért mindig a lehető olyan legnagyobb értékre kell megválasztani, mellyel a kellő pontosság és felületminőség még biztosítható.

A nyomás hatását a 3. ábra mutatja.



3. ábra. A víznyomás hatása a bevágási mélységre különböző előtolások esetén

A nyomás változtatásának hatása a 3. ábra alapján lineáris. Érdekes megfigyelni, hogy míg 100 mm/min előtolás esetén a nyomás változtatásának jelentős a szerepe, addig nagyobb előtoló sebességek mellett (pl. 800 mm/min) a nyomásváltoztatás hatása egyre kisebb (a görbék meredeksége nagyobb előtolásokon egyre kisebb). Ez az ún. behatási idő nagyságával magyarázható. Mivel az előtolás növelésével csökken a behatási idő, így a nagyobb nyomásból eredő részecske sebesség növekedés nem képes hatását kellő mértékben kifejteni.



4. ábra. Az abrazív anyagáram nagyságának hatása a bevágási mélységre

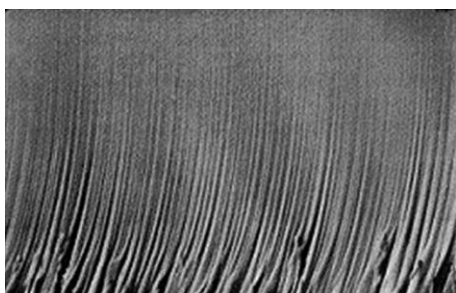
Az abrazív anyagáram mennyisége növeli a bevágási mélység nagyságát (4. ábra), különösen kis abrazív anyagáramok növelésekor. A vizsgált tartományban a bevágási mélység a duplájára nő. Ha az abrazív anyagáram nagysága túllép egy bizonyos értéket, akkor bevágási kísérletek végzésekor a túlságosan sok

„visszacsapódó” abrazív szemcse azonban akár csökkentheti is a bevágási mélységet.

3. A VÁGOTT FELÜLET ÉRDESSÉGI JELLEMZŐI

A megmunkálás hatékonysága mindig hatással van a megmunkált felület minőségére és pontosságára. A költségek csökkentése érdekében minden felhasználó törekszik a vágófej eltolásának értékét a lehető legnagyobbra megválasztani, de az eltolás növelése együtt jár a makro- és mikrogeometriai hibák növekedésével. A vízszaggal vágott felület minőségén elsősorban annak felületi érdességét, míg a pontosságán a vágórés ferdesége miatt kialakuló méreteltéréseket szokták érteni.

Az abrazív vízszaggal vágott felületek topográfiája szinte minden esetben az 5. ábrán látható jellegzetességeket mutatja [4]. A korábban leírtak szerint az átvágott vastagság függvényében a vágott felületet legalább két zónára szokták osztani: finom forgácsolás övezete és durva forgácsolás zónája. Ez utóbbiban jelennek meg az ún. elhajlási vonalak.



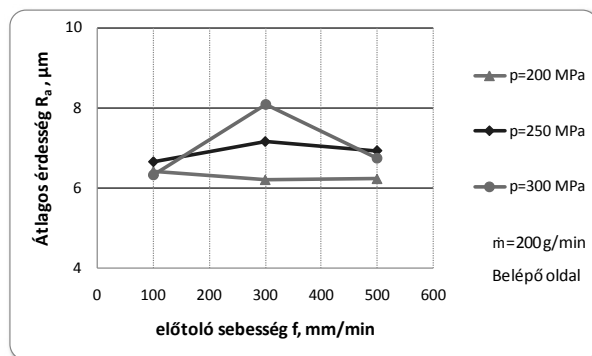
5. ábra. Abrázív vízszaggal vágott fém felülete a jellegzetes elhajlási vonalakkal

A felületet jellemző érdességi paraméterek közül a gépészetben legáltalánosabban használt mérőszám az átlagos érdesség (R_a). Az átlagos érdesség vonatkozásában közölt irodalmi adatok nem egyértelműek.

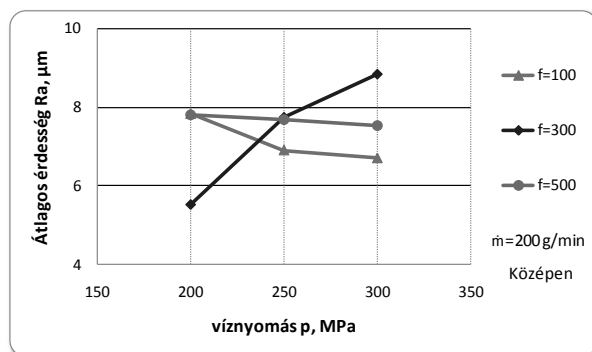
A megmunkált felület pontosságának és felületminőségének vizsgálatára átvágási kísérleteket folytattunk 10 mm vastagságú AlMgSi0,5 alumíniumötvözetben. A kísérletek eredményeit a 6-8. ábrák mutatják.

A 6. ábrából megállapítható, hogy az eltolásnak az átlagos érdességre gyakorolt hatása nem egyértelmű. Ez összhangban van a vonatkozó szakirodalomban megfogalmazott kételyekkel. A különböző nyomásokon és abrazív anyagáramoknál felvett mérési eredmények alapján egyértelmű tendencia nem mutatható ki.

A víznyomás nagysága (7. ábra), hasonlóan az eltoló sebességhez nem mutat egyértelmű összefüggést a megmunkált felület átlagos érdességével. Bizonyos eltolások mellett növeli, máskor csökkenti annak nagyságát. Nem érzékelhetők érdemi különbségek a megmunkált felület belépő oldala és közepe között.

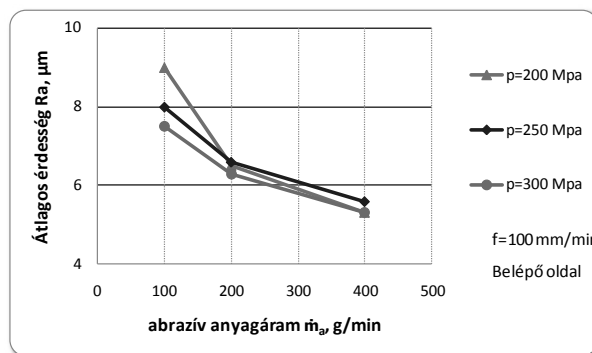


6. ábra. Az átlagos érdesség változása az eltoló sebesség függvényében különböző nyomásokon



7. ábra. Az átlagos érdesség változása a víznyomás függvényében

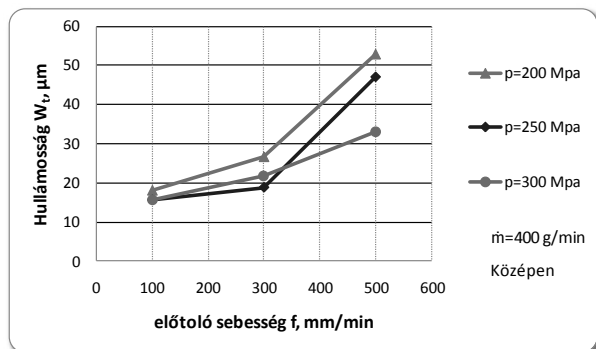
A 8. ábra alapján az abrazív anyagáram nagyságának hatása az átlagos érdességre jóval egyértelműbb az előző két paraméternél. Itt kimutatható, hogy az abrazív anyag mennyisége javítja a megmunkált felület átlagos érdességét.



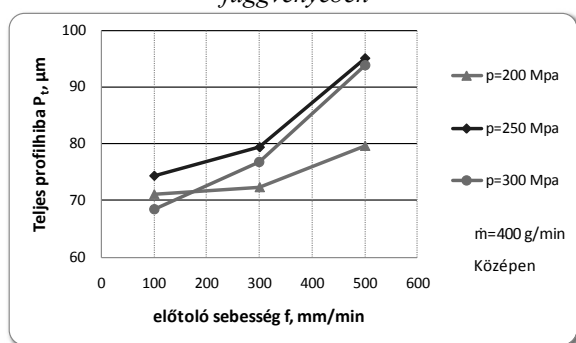
8. ábra. Az átlagos érdesség változása az abrazív anyagáram függvényében

Ennek magyarázata az, hogy az abrazív anyagáram nagyságának növelésekor megnövekszik az időegység alatt a felülettel ütköző részecskék száma, aminek eredményeképp a mikroegyenletlenségek eltávolításának valószínűsége megnő, a nagyobb számban legördülő szemcsék pedig mintegy koptatás által kedvezően befolyásolhatják a felület átlagos érdességét.

Az átlagos érdességgel ellentétben egyértelmű összefüggések mutathatók ki a hullámosság, a teljes profilhiba és a technológiai paraméterek között (9-10. ábrák)



9. ábra. A hullámosság változása az előtolás függvényében



10. ábra. A teljes profilhiba változása az előtolás függvényében

A 9-10. ábrákból megállapítható, hogy az előtolás egyértelműen növeli a megmunkált felület hullámosságát és profilhibáját. Hasonlóan egyértelmű következtetések vonhatók le a víznyomás és az abrazív anyagáram vonatkozásában is. Nevezetesen a víznyomás és az abrazív anyagáram növelése csökkenti a megmunkált felület hullámosságát és teljes profilhibáját.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az elvégzett technológiai kísérletek alapján alumíniumötvözetek vízsugaras vágásával kapcsolatosan az alábbi összegző megállapítások fogalmazhatók meg:

A bevágási mélység – azaz a hatékonyság vonatkozásában – megállapítható, hogy az előtoló sebesség hatása nagyon karakterisztikus. Növelésével a bevágási mélység főleg kis sebességeknél meredeken csökken. A nyomás növelése növeli a bevágási mélységet. Míg kisebb előtolás esetén a nyomás változtatásának jelentős a szerepe, addig nagyobb előtoló sebességek mellett a nyomásváltoztatásának hatása egyre kisebb. Az abrazív anyagáram mennyisége

növeli a bevágási mélység nagyságát. Kisebb abrazív áramoknál a bevágási mélység közel lineárisan nő. Ha az abrazív anyagáram nagysága túllép egy bizonyos értéket, akkor bevágási kísérleteknél a túlságosan sok „visszacsapódó” abrazív szemcse azonban akár csökkentheti is a bevágási mélységet. Ez a jelenség a teljes keresztmetszetben történő átvágásnál természetesen nem jelentkezik.

A felületi érdesség vonatkozásában megállapítható, hogy az előtoló sebességnek az átlagos érdességre (R_a) gyakorolt hatása nem egyértelmű sem a belépő oldalon, sem a megmunkált felület közepén. A különböző nyomásokon és abrazív anyagáramokon felvett mérési eredmények alapján függvényeszerű kapcsolat nem mutatható ki. Teljesen egyértelmű tendencia mutatható ki a technológiai paraméterek és a megmunkált felület másik két topográfiai mérőszáma a hullámosság (W_t) és a teljes profilhiba (P_t) között. Az előtoló sebesség növeli, a víznyomás és az abrazív anyagáram pedig csökkenti a megmunkált felület hullámosságát és teljes profilhibáját.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

IRODALOM

- [1] MOMBER A.W. - KOVACEVIC R.: Principles of Abrasive Water Jet Machining, Springer-Verlag London Limited, 1998, p394
- [2] HASHISH M.: Observations on Wear of Abrasive Waterjet Nozzle Materials, *ASME Journal of Tribology* 116, 1994, pp439-444
- [3] BRANDT S. - MAROS Zs. - MONNO, M.: AWJ Parameters Selection - a Technical and Economical Evaluation, *15th International Conference on Jetting Technology*, Ronneby, Sweden, 6-8 September 2000., pp353-366
- [4] Öjmertz C: A Study on Abrasive Waterjet Milling, *Thesis for the Degree of PhD Chalmers University of Technology* Göteborg Sweden, 1997, p81
- [5] HASHISH, M.: Characteristics of Surfaces Machined with Abrasive-Waterjets, *Journal of Engineering and Technology*, Vol113, 1991, pp354-362
- [6] WANG, J. – WONG, W.C.K.: A Study of Abrasive Waterjet Cutting of Metallic Coated Sheet Steels, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 1999, 39(6), pp855-870
- [7] Bodnár K.: Determination of Technological Parameters at Waterjet Cutting, *International tools conference 2009, Zlin, CD Proceedings*, p4