

Lézeres mikromegmunkálás szállézerrel

PUSKAS Zsolt , ügyvezető

Pulzor Művek Kft., 2640 Szendehely, Kölcsey u. 18.
e-mail: iroda@pulzor.hu

Összefoglaló

A cikk a lézertechnológia azon területét ismerteti, amely apró és bonyolult alkatrészek mikron pontosságú megmunkálásával foglalkozik. Szállézer segítségével bemutatásra kerül, hogyan lehet precíziós vágási és hegesztési struktúrákat létrehozni kis foltátmérővel, rövid (μ s hosszúságú) impulzusokkal. A különböző anyagokhoz természetesen a feladatnak megfelelő vágógázt kell használni.

Kulcsszavak: szállézer, mikromegmunkálás, rozsdamentes acél,

1. Bevezetés

A lézertechnológia a 21. századra jelentős iparágga fejlődött ki. A nagy, több kW-os berendezések már széleskörben elterjedtek az autóiparban és más területeken. A lézeres mikromegmunkálás néhány évvel ezelőtt még csak laborokban vagy kivételes ipari alkalmazásra használták, de ma már egyre többen fedezik fel maguknak. A lézertechnológiának ez az ága olyan feladatok megoldására alkalmas, amelyet hagyományos gyártási eljárásokkal nem, vagy csak nehezen tudnak megoldani.

A bemutatott technológia néhány alkalmazási lehetősége a teljesség igénye nélkül: elektrotechnikai forrasztó stencilek, rugók alakemlékező fémből, biokompatibilis anyagokból orvostechikai eszközök, endoszkópok vázai, gáztechnikai fűvókák, mikro szűrők, kisméretű kerámia alkatrészek.

Az IPG gyártmányú szállézer-forrással működtetett egyedi mikromegmunkáló berendezés működési tartományát és jellemző paramétereinek összefüggéseit szeretnénk bemutatni néhány példa segítségével.

A lézerberendezésünk CNC berendezésként működik, amelyet egy saját fejlesztésű számítógépes felületen keresztül vezérlünk, ezen a felületen állítható be az összes paraméter és olvasható be a vágási pályagörbe. A szerszám pályát CAD program .dxf rajzból generálja egy Magyarországon fejlesztett CAM szoftver. Az így elkészült G-kód a későbbiekben is könnyen módosítható.

2. A szállézer paraméterek és azok egymásra gyakorolt hatásai

A lézersugaras vágás paraméterei anyagminőségtől és anyagvastagságtól függően alapvetően változhatnak. De adott anyagnál és anyagvastagságnál is többféle vágási beállítás közül is lehet választani.

Tulajdonság	Állapot/mód	Jelölés	Érték	Mértékegység
Működési mód			Impulzus	
Polarizáció			Random	
Maximális átlag teljesítmény	Impulzus mód	$P_{average}$	30	W
Maximális kitöltési tényező	Impulzus mód		10	%
Impulzus hossz	Impulzus mód	τ	100	ms
Maximális impulzus energia	Impulzus mód, $\tau = \tau_{max}$, max. kimenő	E_{max}	1	mJ

	teljesítmény			
Kimeneti teljesítmény szabályzás			10-100	%
Hullámhossz		λ	1064	nm
Sugár átmérő	FWHM	$\Delta\lambda$	5	nm

A vágást befolyásoló paraméterek az 1. táblázatban szereplő értékeken túl a következők:

Kollimátor (-); Fókusz távolság - fók.táv. (mm); Fúvókatávolság - fuv.táv. (mm); Vágógáz nyomás - P (bar); Vágási sebesség - v (mm/s); Lövések közti távolság - f.d (mm)

Fontos azt figyelembe venni, hogy a fent említett paraméterek egy része állítható, más része kiadódó érték és legtöbbje nem független egymástól. A következőkben ezeket a paramétereket külön részletezzük.

A feszültség, frekvencia és az impulzushossz paraméterek szoros fizikai összefüggésben vannak egymással. Bármelyik érték változása befolyásolja a lézertény teljesítményét és energiáját kisebb vagy nagyobb mértékben. Ez a hármas összetartozó értékből egymáshoz képest is csak bizonyos határok között változtathatóak. A gerjesztő feszültség választható tartománya az impulzushossz csökkenésével szűkül. A felső határ fizikai eredetű, amely szerint az impulzushossz növelésével a frekvenciát csökkenteni kell, mert különben „összeérnének” az impulzusaink. Az alsó határt a gazdaságosság illetve a konkrét feladat szabja meg. Ezért a konkrét anyag, az átvágandó vastagság, a vágás geometriája és a kívánt vágási felület ismeretében ezek a határok még szűkülhetnek. A három paraméter együttesen meghatározza, hogy mekkora energiával és mekkora a teljesítménnyel lép ki a lézernyaláb a lézertől.

Tipikus mikromegmunkálási tartomány a 10mJ alatti energiaérték, amelyen belül érdemes minél rövidebb impulzusokat alkalmazni a kisebb hőhatásizóna érdekében.

Az eddig tárgyalt három fő paraméter közül, amennyiben az impulzushossz és a feszültség párosából kiadódik a megfelelő energiaérték az impulzus-frekvencia meghatározását a korábban leírt határokon túl, gazdasági és felületminőségi szempontok befolyásolják. Ugyanis a lövési-frekvencia, azaz a lövések egymás utáni gyorsasága szoros kapcsolatban van a következő három fizikai paraméterrel: sebesség, vágási idő, lövések távolsága a vágott felületen. A vágási él kívánt felületminősége az első érték, amelyet be kell állítanunk, amely elsősorban az egységnyi felületre bevitt energiasűrűségtől függ. Amennyiben az anyag átvágásához szükséges energiát már megtaláltuk, akkor már csak a lövések távolságával lehet ezt az értéket változtatni, amely tipikusan 0.025-0.001 érték között szokott lenni finom struktúráknál.

Csak ezután tudunk figyelmet fordítani a megmunkálás gazdaságosságára, a vágási és hegesztés sebesség és a belőle adódó vágási idő optimalizálására. Könnyen belátható, hogy a lehető legnagyobb vágási frekvenciával érhetjük el a legtermelékenyebb vágást.

Viszonylag sok tapasztalatot összegyűjtöttünk már különböző típusú rozsdamentes acélok vágásánál és hegesztésénél az általunk használt lézertorlással. Ezek a vágási és hegesztési paraméterek a legtöbb esetben könnyen adaptálhatóak más kis teljesítményű szállítók használatakor.

Nagyon fontos megemlíteni, hogy a sebesség mellett a gyorsulásnak is döntő szerepe van. Nagy teljesítményű lézerek esetében az ívek, kanyarok „tisztá” vágásához szükséges az energia visszazabályozása. Miko méretű alkatrészek kivágásánál nem csak az energiatorlódást kell elkerülni, hanem a pontos pályakövetés is szigorú kritérium, ennek eléréséhez a gyorsulást is külön tudjuk állítani.

A lézertorlást Aerotech és Scannlab mikromozgatókkal építettük össze melynek vezérlését saját magunk hoztuk létre. Így tudtuk megvalósítani, hogy az X-Y tengelyről visszakapott sebességinformációból és a beállított lövési távolságból számolt frekvenciával gerjesztett lézertorlás, lassuláskor kisebb teljesítményt ad le.

A vágógáz fajtája és a gáz nyomása is befolyásolja a vágás minőségét, ezért nem mindegy milyen anyagot milyen vágógázzal és mekkora gáznyomással vágunk. Néhány jellemző vágógáz típus: rozsdamentes acél esetében oxigén, titán és ötvözetei esetében argon. A kívánt áramlási viszonyokat

nem csak a fúvóka kilépő mérete (0.5-1mm) és a gáz nyomása határozza meg, hanem a fúvókából kilépő lézersugár és a vágandó minta közti távolság is.

3. Rozsdamentes acél precíziós megmunkálása

Lemezek kivágását 0,05 mm vastag fóliától tudjuk vállalni egészen 1mm vastag lemezig. Az alapanyag lehet bármilyen rozsdamentes acél, ipari kerámia vagy más speciális ötvözet. Réz ötvözetek vágását 0,4 mm vastagságig tudjuk megvalósítani.

Adott vágási feladathoz természetesen több jó megoldás is tartozik. A továbbiakban jellemző értékeket mutatunk be a rozsdamentes acél megmunkálásához.

A teljes tartományt úgy osztottuk három részre, hogy jellemző anyagvastagságot tudjunk párosítani. Irányadóként néhány adat:

- Nagy pontosságú vágásokhoz: 2000-4000 Hz, 10 mJ vagy kisebb energia, 4-20 mm/s vágási sebesség

- Közepes energiájú vágásokhoz: 1000-2000 Hz, 10-30 mJ energia, 4-20 mm/s vágási sebesség

- Nagy energiájú vágások: 100-1000 Hz, 30-120 mJ energia, 0,5-4 mm/s vágási sebesség

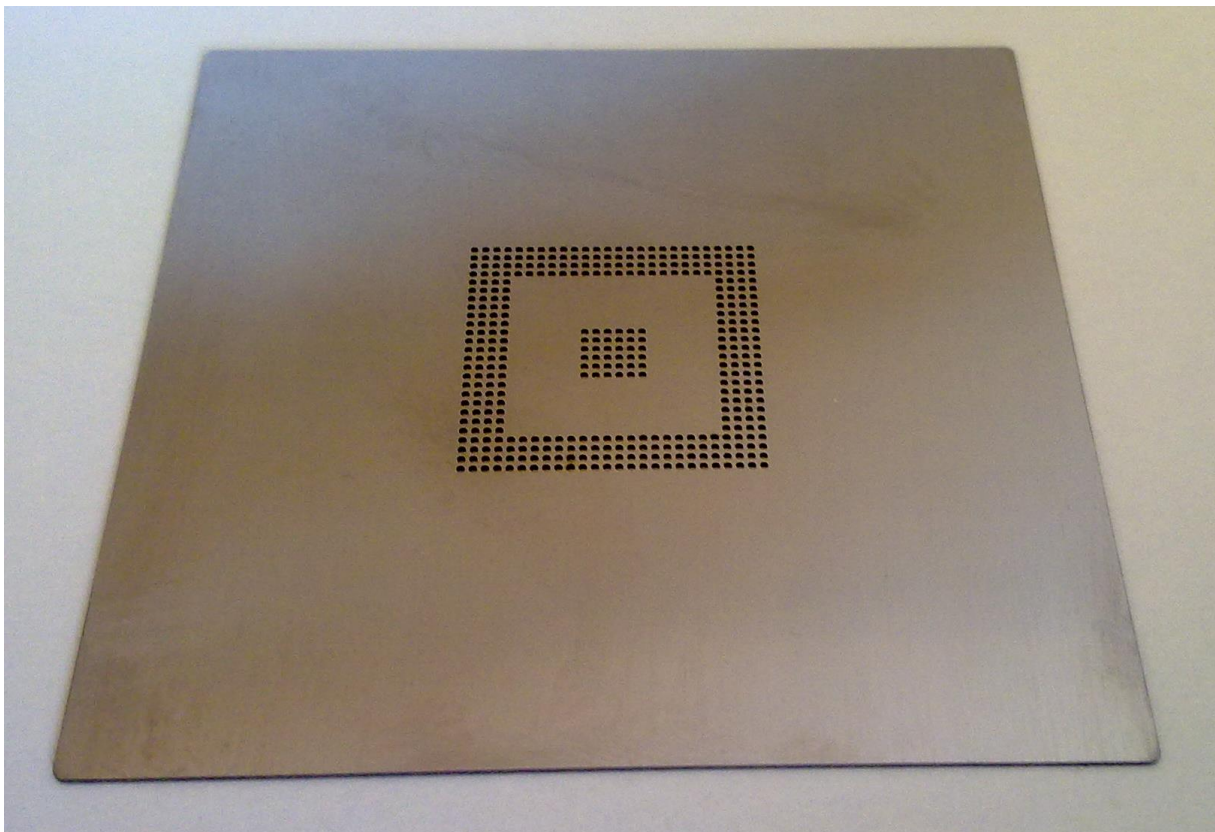
Lézer berendezésünkkel rozsdamentes anyagból 0,05 mm és 1,00 mm közötti vastagságot tudunk vágni. Az előző értékekhez csoportosítva a falvastagságot a következőket kaptuk:

- 0,3 mm anyagvastagságig tudjuk a nagy pontosságú vágáshoz tesztelt értékeket használni

- 0,3-0,6 mm anyagvastagságok között közepes energiájú beállításokat használunk

- 0,6 mm felett a nagy energiájú beállítások a megfelelőek

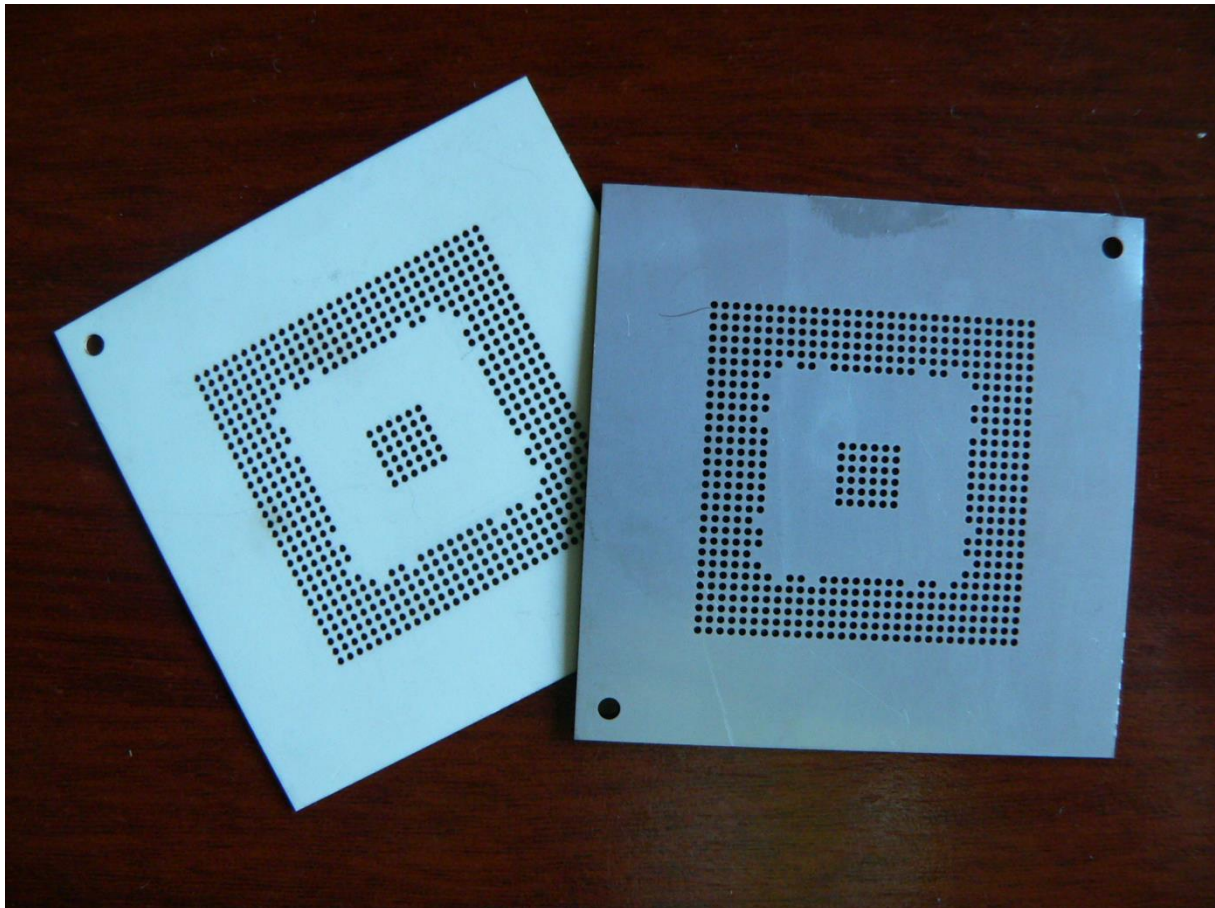
Mikromegmunkálásra konkrét példaként látható a 2. ábrán egy stencil [2], amely nagy pontosságú vágással készült 0.15mm vastag anyagból



2. ábra: A képen egy 0,3 mm vastag lemezből kivágott BGA stencil látható a lemez befoglaló mérete 80x80mm

Az ipari kerámiák előnye, hogy nagyon jó síkfekvéssel rendelkeznek. Alkalmazhatók nagy hőterhelésű feladatoknál úgy, hogy deformáció és méretváltozás nem történik. Nagyon jó kopásállósággal rendelkeznek.

Hátrány a törékenysége és az alapanyag magas ára.



4. ábra: A képen egy kerámiából és egy rozsdamentes acélból készült stencil látható anyagvastagság 0,3 mm

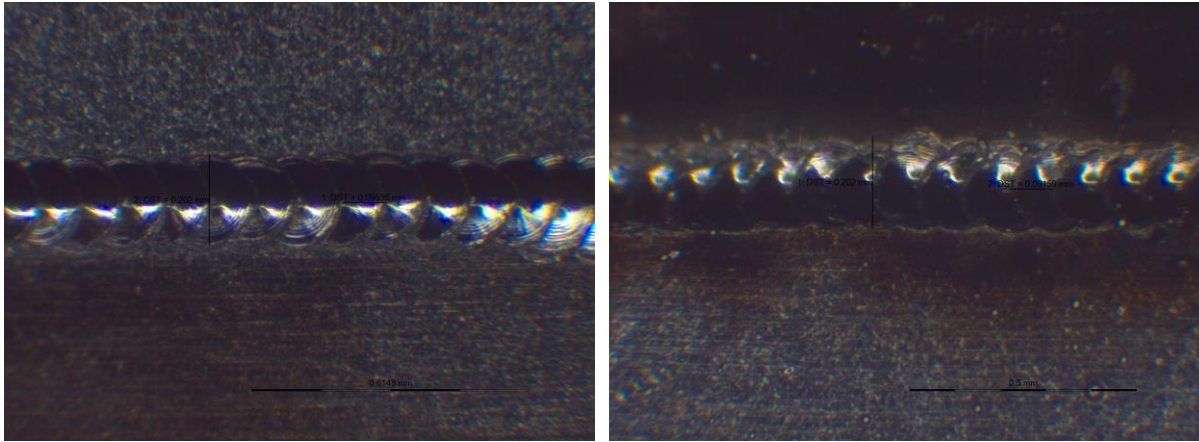
Tapasztalataink alapján, az egyes vágási feladatokhoz tartozó beállítások (függetlenül attól, hogy a vágás hengeres, vagy síkvágás) csak kis mértékben térnek el egymástól. Amennyiben új vágási feladatot kell megoldani, kiindulhatunk olyan korábbi beállításokból, amelyek hasonlóak az új feladathoz.

A következő értéktartományok érvényesek mikromegmunkálásra rozsdamentes acélok esetén.

- Fúvókatáv: 0,2-0,5 mm
- Gáznyomás (O₂): 4-7 bar
- Sebesség: 4-20 mm/s

Ebből a beállításból kiindulva, néhány próbavágásból megállapíthatjuk a megfelelő megmunkálási paramétereket egy új feladat esetében is. A lézer paraméterek beállításait – ahogy az a 2. fejezetben leírtuk - mindig az anyag összetétele és vastagsága függvényében kalkuláljuk.

Lézeres hegesztés esetében fontos szempont hogy a felső és a hegesztési gyök oldalán hasonló méretű kötést lássunk. A 3. ábrán látható képen két különböző vastagságú rozsdamentes acél lemez hegesztett kötését láthatjuk.



3. ábra: Hegesztett kötés különböző vastagságú rozsdamentes acél lemez esetén

5. IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Thawari G, Sarin Sundar JK, Sundararajan G, Joshi SV: Influence of process parameters during pulsed Nd:YAG laser cutting of nickel-base superalloys. J Mater Process Technol 2005;170(1-2):229-239.
- [2] Ginsztler J, Major L, Puskás Zs, Koós M, Dobránszky J, Giese M, Szabó B, Albrecht K: Development and Manufacturing of Coronary Stents in Hungary. Materials Science Forum 537-538 (2007) 631-638.