

EGY KORSZERŐ GYÁRTÁSTECHNOLÓGIA: A LÉZERES MIKROMEGBUNKÁLÁS

A MODERN MANUFACTURING TECHNOLOGY: LASER MICROPROCESSING

Dr. Samu Krisztián¹, Góz Attila²

1. Abstract

Today laser processing is gaining ground in industrial applications, specially the micro-processing. Lasers can be used in several processing tasks - mainly in cutting – because it offers many advantage compared to other manufacturing methods. It allows us to produce high precision parts, with a small size-tolerance, thanks to the small beam radius. This method is reliable, precise, and safe. Heat and energy input is well controlled. There are no tools with great load, or abrasion. Complex contours can be cut fast and simply, processing time is short. The procedure can be automated, so we can reach economic manufacturing. Special products – stents for example – can be manufactured effectively with this technology.

2. Bevezetés

A lézer szó hallatán ma már nagyon sok különböző műszaki felhasználás jut eszünkbe. A széles alkalmazási területen belül egyre jobban kiemelkedik a gyártástechnológia. Ezzel a területtel kapcsolatban kicsit nagy a távolságtartás ezért cikkünkben szeretnénk feltárni a technológia főbb vonását: Milyen egy működő megmunkáló állomás? Melyek az előnyei más gyártástechnológiákhoz képest és mitől speciális a mikromegebunkálás területe? Cikkünk a fenti kérdések megválaszolására törekszik, különös tekintettel a gépészmérnököket érintő témakörökre.

3. Történet és fizikai alapok

A lézerek működését lehetővé tevő kvantumfizikai jelenségek felfedezése Albert Einstein nevéhez fűződik. Az első üzemképes szilárdtest lézert - egy rubinlézert - 1960-ban építették meg az Egyesült Államokban. Rövidesen több működőképés típus készült el, 1963-ban pedig elkészült a manapság széles körben használt CO₂

és Nd:YAG lézerek első példánya. Ezután ugrásszerű fejlődésnek indult a technológia, napjainkra mindenhol találkozhatunk vele az iparban, a telekommunikációban, orvostudományban, vagy akár saját háztartásunkban.

Hogyan működik ez a rendkívül sokrétű technológia? A választ a kvantumfizika adja meg: Az emisszió keletkezése három jelenség kombinált hatására vezethető vissza: A spontán emisszió, abszorpció, és az indukált emisszió hoz létre atomi szinten anyagra jellemző hullámhosszú fotonokat.

A létrejövő lézerfény tulajdonságai:

- monokromatikus
- időben és térben koherens a fény, adott keresztmetszetben a fázis, polarizáció azonos
- nagy energiasűrűség
- kis széttartás, a lézerfény alig szóródik

A stimulált anyag fajtája alapján léteznek gázüzemű, folyadék, szilárdtest és félvezető lézerek. A gerjesztés lehet elektromos, kémiai, optikai (villanólámpa pumpált, dióda pumpált, másik lézerrel gerjesztett) vagy rádióhullámokkal történő. Ezen kívül feloszthatjuk lézerforrásainkat folytonos üzemű és impulzus-üzemű berendezésekre. [2]

4. Ipari alkalmazás

A lézereket különböző feladatokra használják: adatbeolvasás, távolságmérés, optikai szenzorok, nyomtatás, gyógyászat, haditechnika, szórakoztatóipar, telekommunikáció és a számunkra legfontosabb felhasználás: az anyagmegmunkálás. Ezen a területen legelterjedtebb a lézeres vágás, de a technológia, különösen a mikromegebunkálás, kiválóan alkalmas gravírozásra, rétegfelrakásra, hőkezelésre, hegesztésre és nanotechnikai alkalmazások előkészítésére is.

¹ adjunktus, BME - Mechatronika Optika és Gépészeti Informatika Tanszék, samuk@mogi.bme.hu

² okl. mérnök, goezeke@gmail.com

A terület számos előnyt kínál más gyártási formákkal összehasonlítva: Nagypontosságú, méretszabatos alkatrészek elkészítését teszi lehetővé, köszönhetően a kis foltátmérőnek, mely keskeny vágási rést biztosít. Az adott kis megmunkálási területen nagy energiasűrűség érhető el, emiatt az anyag csekély hőterhelést szenved, nem vetemedik, olvad. Az eljárás megbízható és nagy méretpontosságú. Az anyagok széles skálája megmunkálható. A lézerfény optikai kábelben vezethető (Nd:YAG esetén), így nagy távolságokra eljuttatható, gyakorlatilag veszteségmentesen. A lézerforrásnak tehát nem kell a megmunkálás közvetlen közelében lennie. Az energia-bevitel és a leadott teljesítmény precízen szabályozható. Nincsenek nagy terhelések, kopásnak kitett szerszámok, a technológia érintkezésmentes. Bonyolult kontúrok is gyorsan és egyszerűen vágathók, a megmunkálási idő rövid, a sebesség széles intervallumban állítható. A folyamat nagymértékben automatizálható, ezért gazdaságos gyártást érhetünk el. A technológia környezetbarát. [1, 2]

5. Mikromegmunkálás

A mikromegmunkálás ágazata egészen újszerű filozófiát képvisel: kis energiákat és teljesítményeket használ, jellemző rá a magas frekvencia és a rövid impulzushossz, aminek következtében jó minőségű a vágási felület, és kicsi a hőhatászóna. Ennek a technológiának kisebb az energiaigénye, maximum néhányszor 10 W átlagteljesítmény leadására képes, ezzel acélok esetén körülbelül 1 mm vastagságú lemez vágható. A vágási rés mikrométeres tartományba esik, így alkalmas finomstruktúrák létrehozására. Előnyös tulajdonságok miatt a technológia jól használható például precíziós orvosi eszközök, implantátumok gyártására. Az 1. ábrán működés közben látható a folyamat.

A következőkben bemutatjuk egy korszerű megmunkáló állomás felépítését. A berendezés egy LASAG KLS 246-040 FC impulzusüzemű, lámpapumpált lézerhez épült. Ez célzottan precíziós

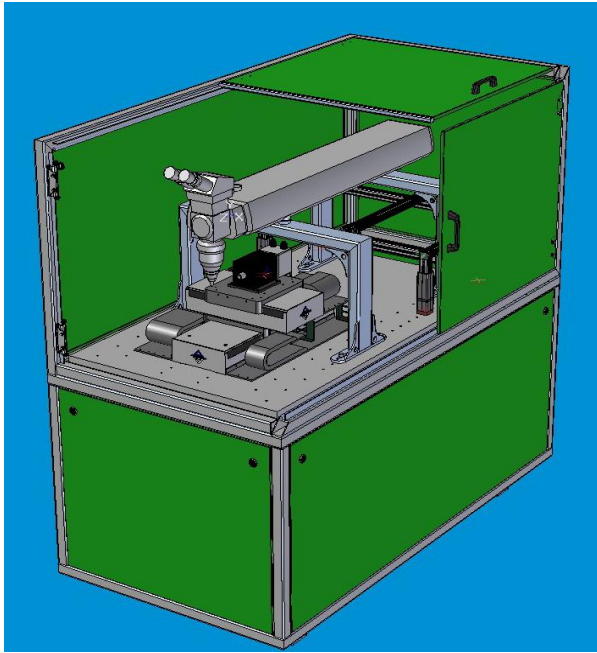
vágásra került kifejlesztésre, mivel nagyjából 0,03 mm-es foltátmérőt képes produkálni. A berendezés vezérelhető CNC, PLC vagy számítógépes program segítségével és támogatja a hatékony diagnosztikát és hibakeresést. A megmunkálásra javasolt anyagok: szénacél és rozsdamentes acél, könnyűfémek, nikkal és kobalt ötvözetek, kerámiák és félvezetők, kompozitok, gyémánt. A KLS 246 lézer két fő egységből áll: a tápegységből és az optikai egységből, melyek közül a táp látja el feszültséggel a lézerforrást, valamint ezzel kommunikál a vezérlés is, soros porton keresztül. Szintén itt található a vízhűtés hőcserélője. Az optikai egység része a rezonátor, emellett helyezkedik el a nyalábtágító, ennek feladata a vágófejbe jutó nyaláb szélességének szabályozása. Az innen továbbhaladó fénysugár egy 90 fokos megtörés után a vágófejen halad keresztül, mely fókuszálja és a fűvóka nyílásán kivezeti azt. A szerkezet ki van egészítve egy mikroszkóppal is.



1. ábra: A lézer működés közben

A lézer egy rezgésmentes asztalra van felépítve egy állványzat segítségével. Ezen helyezkedik el a vágófej alatt a pozicionáló XY asztal. Ez két lineáris léptetőmotorból áll, melyek mikronos pontosságúak. Ezen helyezkedik el az alapanyagok rögzítésére szolgáló csavaros alátámasztó paletta. Az állomást szekrény veszi körül, mely véd a szemre ártalmas sugárzástól. A vágógáz palackokból, vagy kompresszorból érkezik, pneumatikus vezetékeken keresztül. A vezérlés PC-ről történik, melyen futtatható a profilok létrehozására szolgáló CAM program, a

motorok vezérlése, és a lézer diagnosztikai programja. Az összeállítás felépítését mutatja a 2. ábra. [1, 3, 5, 6]



2. ábra: Lasag KLS 246

6. Paraméterek

Mivel különböző szerkezeti anyagokat vágunk különböző vastagságban, a lézer paramétereinek optimalizálása szükséges. A keresés próbavágások, tesztek sorozatával történik. Nem minden paramétert adhatunk meg szabadon, ezek lehetnek kiadódóak, vagy egymás függvényei. Az első paraméterek, amelyek beállítását el kell végezni, a frekvencia, az impulzushossz, és a gerjesztő-feszültség. Ezek hatása leginkább a leadott teljesítményben és az anyaggal közölt energiában jelentkezik. A frekvencia azt jelzi, hogy időegység alatt hány impulzus hagyja el a lézerforrást. Esetünkben leggyakrabban a 100-5000 Hz-es tartomány releváns. Finom szerkezetekhez ezen belül is a magasabb értékeket preferáljuk. Az impulzushossz egy gerjesztő villanás hosszát adja meg. Ennek értékét a frekvencia korlátozza. Fontos még a vágás sebességének és gyorsulásának beállítása. A sebesség növelésével romlik a vágási felület minősége. A gyorsulásnak legfőképp az ívek vágásánál van szerepe.

A frekvenciából és a sebességből kiadódó érték a lövések közti távolság. Minél kisebb ez, annál jobb

felületi minőségű lesz a vágási él. Láthatjuk, hogy a nagyobb frekvenciák választása előnyös, mert így nagyobb sebességgel érhetjük el ugyanazt a lövések közti távolságot, így gazdaságosabbá tehetjük a gyártási folyamatot. A lézersugár egy nyalábtágítón is áthalad. Ez javítja a lézernyaláb párhuzamosságát és meghatározza az átmérőjét, mielőtt a vágófejbe jutna. A nyaláb szélességével fordított arányban változik a foltátmérő és a fókuszmélység. Finom struktúrák vágásakor előnyösebb nagyobb értéket beállítani az expanderen, viszont ettől érzékenyebb lesz a fókusztáv változására a rendszer. A fűvókátáv a lemez és a fűvóka közti távolság. Feladatunk a vágógáz telerése, célunk, hogy a lemez felett lamináris áramlást hozzunk létre. A sugár fókusztávát a vágófejen tudjuk állítani a fűvókátávhoz. A vágásokat mindig valamilyen gáz bevezetésével végezzük. Anyagtól függően használunk oxigént, nitrogént, argont, sűrített levegőt, és más gázokat is, melyek nyomása is beállítandó. [1, 3]

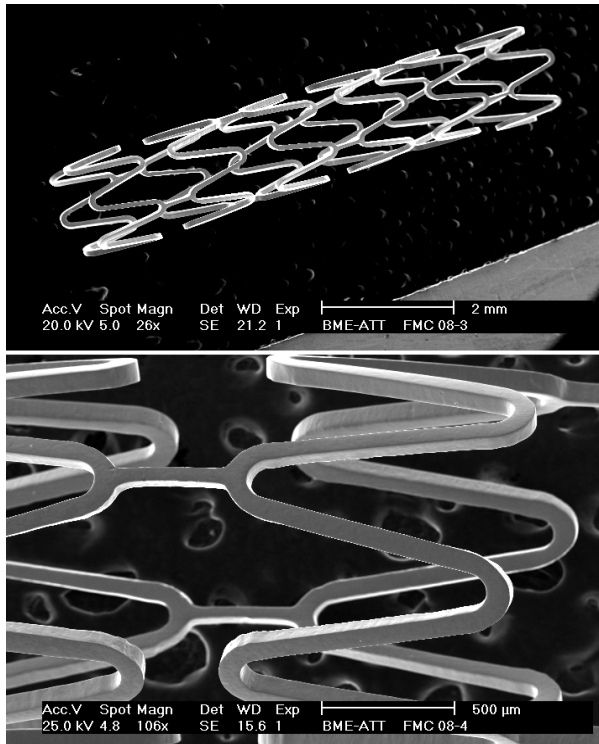
7. Mikromegmunkálás a gyakorlatban

A mikromegmunkálás fontosságát remekül szemléltetni tudjuk egy ballonnal tágitott szívkoszorúér sztent gyártásának bemutatásával. Kiindulásként elkészítjük a 3D-s modellt, melyből terítéket képezve rajzként rendelkezésünkre áll a kívánt mintázat. Ezután el kell készítenünk a berendezés számára az NC kódot. Ennek során számos gyártástechnológiai elgondolást figyelembe kell vennünk. Mivel bonyolult kontúrokat alakítunk ki, sok bordával, hengeres felületen, segédvágásokat is terveznünk kell. A lézernek minden egyes kódsornál újra be kell kapcsolnia, ezért tranzienst folyamatok is jelen vannak. Hogy ezek a vágáson ne legyenek érzékelhetők, előfuratolást, illetve ahol lehet, megfelelő hosszúságú ráfutást alkalmazunk. A minél rövidebb ciklusidő érdekében minimalizálni kell az átmozgások hosszát. Ez úgy érhető el, ha nagyjából spirális vonalban haladunk végig a hengerpaláston. Az erre a célra kifejlesztett szoftverrel beállítjuk a profilozást, majd adott átmérőjű csőre G-kódot generálunk.

| | | | |
|---------------|---------------------|--------------|---------|
| feszültség | 340 V | vágógáz | oxigén |
| frekvencia | 3000 Hz | gáznyomás | 5 bar |
| impulzushossz | 0,02 ms | fűvókátáv | 0,2 mm |
| sebesség | 8 mm/s | fókusz | 5,25 mm |
| gyorsulás | 4 mm/s ² | teljesítmény | 7 W |
| lövéstáv | 0,002 mm | energia | 1,8 mJ |
| nyalábtágító | 8 | | |

1. Táblázat: Szent vágási paraméterek

Ezt az implantátumot 316 LVM SS korrózióálló acélsöből készítjük el, ami biokompatibilis anyag. Csak mindenhol megegyező átmérőjű rozsdamentes acélsöből készíthető. Miután rögzítettük az átmérőhöz választott patronnal a forgatómotorhoz, a csövet vágási pozícióba kell helyezni.



3. ábra: Szent elektronmikroszkópos képe

Fontos, hogy a motor és a cső végén lévő befogó pofák egy szintben legyenek, és hogy a vágófej a cső gerincére legyen pozicionálva. Szentek esetén olyan beállításokat kell keresnünk, melyek hiba nélkül átvágják a cső falát, de az ehhez szükséges minimumnál nem adnak nagyobb energiát. Csak nagyon kis hőhatászóna engedhető meg. Itt is a nagy frekvenciát részesítjük előnyben, hiszen jó minőségű vágási élt kell

produkálnunk. A tesztek során kapott optimális paramétereket az 1. táblázat tartalmazza. Mindössze 1,8 mJ a használt energia nagysága, és 3000 Hz-en vágunk, ezek tipikusan mikromegmunkálási paraméterek.

Miután birtokában vagyunk a paramétereknek, meg kell tervezni az anyagtovábbítást, és biztosítanunk kell a biztonságos munkavégzés feltételeit. A kész sztenteket több lépésben utókezeljük. Az élek lekerekítését és a tükörsima felületet elektropolírozással tudjuk elérni. A termék elektronmikroszkópos képe a 3. ábrán látható. [4, 6]

8. Összefoglalás

A sztent gyártás példáján látható, hogy más megmunkálás nem tudja biztosítani a precíz és minőségi termékeknek az elkészítését. Igaz, hogy egyes követelmények elérhetők például precíziós esztergálással, de egy hatékonyan üzemeltetett lézer gazdaságosabban használható, kisebb energiaigénnyel, gyorsabban képes a lemezvágási feladatok ellátására. Talán pont a vágást befolyásoló rengeteg tényező, és a paraméterek bonyolult nyomon követhetősége miatt válik ilyen összetett és szép mérnöki feladattá a lézeres mikromegmunkálás kivitelezése. A terület ezen kívül számos fejlesztési lehetőséget rejt magában, melyekkel tovább fokozhatók az elérhető minőségi követelmények.

Irodalomjegyzék

- [1] Puskás Zsolt, Antalfi Zoltán, Dobránszky János: *Lézeres mikromegmunkálás, OGÉT 2009*
- [2] Geretovszky Zsolt, Szörényi Tamás: *Szemtől szemben a lézerekkel - Magyar Tudomány, 2005. december*
- [3] LASAG KLS 246-040 FC Technical Data Sheet
- [4] Ring György, Bognár Eszter, Dobránszky János, Ginzler János: *Koszorúerszentek vizsgálati lehetőségei*
- [5] Bedécs Róbert: *A lézer technológia diktálja az iramot - LaserSystems*
- [6] Lasag Industrial Lasers – www.lasag.com