

Szakmai publikáció

Budapest, 2007.11.07.
Acélszerkezet, 2007/4., 76-80.

Termikus vágási eljárások összehasonlítása és kiválasztási szempontjaik

Gyakran felmerülő kérdés napjainkban az acélszerkezeteket, illetve alkatrészeket gyártó társaságoknál, hogy láng, plazma vagy lézer technológiába ruházzanak be. Sokan keresik az adott termék előállításának gazdaságosabb, ugyanakkor a szigorodó minőségi követelményeknek megfelelő gyártási lehetőségeit. Jelen cikk arra tesz kísérletet, hogy összefoglalja mire is képesek a termikus daraboló eljárások a technikai fejlődés jelen szakaszában, illetve az adott feladatra legmegfelelőbb eljárás kiválasztásánál milyen szempontokat célszerű figyelembe venni.

A termikus vágási technológiák jellemzői

Lángvágás

Lángvágáskor az égőgáz–oxigén lánggal gyulladási hőmérsékletre hevített fémet az oxigénsugár elégeti, és az égéstermék a vágási résből kifújja. A láng csak a felületet hevíti, a mélyebben lévő részeket a fém égéshője, a salak hője és a hevítőláng melegíti. A lángvágás feltételei: a fémes anyag oxigénben eléghető legyen; gyulladási hőmérséklete az olvadáspont alatt legyen; a fém oxidjának olvadáspontja alacsonyabb legyen, mint a fém olvadáspontja; a fém reakcióhője nagy legyen, továbbá a keletkezett égéstermékek (salak) hígfolyósak, könnyen eltávolíthatók legyenek. Ezen feltételeknek a szerkezeti acélok és a titán felel meg.

A lángvágó berendezések hatékonysága az automatizáltság fokától függ. Az automatizáltság terén is állandó a fejlődés. A korszerű CNC vezérléseknek és precíz gyors hajtásoknak köszönhetően a pozicionálási idők lényegesen csökkentek. A beállítások és a vágási folyamat vezérlés általi ellenőrzése jelentősen hozzájárul a lángvágás minőségének javításához. Az egyszerűbb lángvágó berendezések esetében is az automatikus gázkapcsolás, vagy a szenzorvezérlésű magasságtartás már széria felszereltségnek számít. A nagy teljesítményű fúvókák alkalmazásával 5-7 %-os vágási sebesség növekedés érhető el.

A lángvágáshoz alkalmazott égőgáz kiválasztásának fontos szerepe van. A legjobb eredményeket az acetilén alkalmazásával érhetjük el. Az 5 - 60 mm anyagvastagság tartományban acetilénnel végzett vágások termelékenysége 10 – 20%-kal magasabb a földgázzal, illetve 20 – 30 %-kal magasabb a PB-gázzal végzett vágások termelékenységeivel szemben.

Plazmavágás

A plazmaív az elektróda és az alapanyag között létrejött villamos ív és egy szűk furaton nagysebességgel kiáramló gáz együttes hatására jön létre oly módon, hogy a gázáram a vele egytengelyű villamos ívet összehúzza. Az erősen koncentrált 13 000-15 000 °C

plazmával a fémet pontszerűen megolvasztja és a gázok kinetikus energiája a megolvasztott fémet a vágási résből eltávolítja.

A szerkezeti acélok, a korrózióálló acélok, az öntöttvasak, a réz, az alumínium és ötvözetek plazmavágásához hagyományos és finomsugaras plazma választható. A plazmavágás 0,5 – 150 mm-es anyagok vágására használható. A vágófejek különböző kialakításúak, az egyszerűbb levegőhűtésűtől a bonyolult többgázos vízűtéses változatig számos konstrukció megtalálható a széles kínálatban. A plazmavágás technológiája érzékeny az égő- és a munkadarab-távolság állandóságára, továbbá a vágandó anyag felületi minőségére. Igen szűk az a paraméter tartomány, ahol jó minőségű vágás érhető el. A finomsugaras plazmákkal 230 A teljesítményig az 1.-es vágási minőség a 0,5 – 30 mm tartományban érhető el. Ugyanez a minőség hagyományos plazmával 600 A teljesítményig az 5 – 120 mm anyagvastagság tartományban érhető el. A plazmák jelenlegi vágási sebességei a 100 – 12000 mm/perc tartományba esnek.

A plazmával vágható furatméret 1,5 anyagvastagság, vagy annál nagyobb átmérőjű furatok esetén megfelelő minőségű. Az ennél kisebb átmérőjű furatok kivitelezése megfelelő minőségben nem garantált, bár egyes gyártók prospektusaiban már jelezték, hogy képesek az anyagvastagsággal egyező átmérőjű furatok jó minőségű vágására is.

A különböző anyagok plazmával történő vágáshoz többféle gáz, sűrített levegő, oxigén, nitrogén, nitrogén-hidrogén (F5), argon-hidrogén (H35), esetleg metán szükséges. Az alkalmazott gázok kiválasztásához és megfelelő paramétereinek beállításához jó szolgálatot nyújtanak az automata gázkonzolok, amelyek lehetővé teszik, hogy a vezérlésen néhány gombnyomás segítségével gyorsan beállíthatók legyenek az alapanyaghoz, anyagvastagsághoz, illetve vágópuskához megfelelő gázok és paramétereik.

Lézersugaras vágás

Az energia forrása egy olyan külső energiával gerjesztett sugárforrás, ami az ultraibolya és infravörös közötti tartományban elektromágneses sugárzást bocsát ki. A gerjesztett gáz vagy szilárd lézeraktív anyagban lézerfény keletkezik. A lézersugaras vágás a lézersugár és a vágandó anyag kölcsönhatásán alapul. A kölcsönhatás következtében az alapanyag felizzik, megolvad, majd részben vagy egészben elgőzölög. A megolvadt és gőzfázisú anyagot egy fűvőkán odavezetett gázsugárral távolítják el.

A lézerek jelenlegi vágási sebessége 500 – 10000 mm/perc. Az extrém nagy vágási sebességek a 0,5 -1,5 mm vékonyságú lemezek megmunkálására, kisebb munkaterülettel rendelkező lézergépekre jellemző. Ezek pozícionálási sebessége 300 m/perc is lehet és a maximális gyorsulás elérheti az 1g gyorsulást. A vastagabb lemezek megmunkálására szakosodott nagy munkatartományú (pl. 3000 x 6000-től a 3000 x 38000-ig) gépekre a 60m/perc pozícionálási sebesség és 0,5g gyorsulási értékek a jellemzők.

Napjainkban több gyártó termékpalettáján szerepel az automata lemezadagolóval működő ipari lézer, amely a lemez felrakását, beállítását, az adott program szerinti alkatrészek kivágását, a kivágott darabok és hulladék lerakódását önállóan végzi. Ezeknél a lézerberendezéseknél az operátor feladata a felügyelet és az esetleges hibajelzések esetén a beavatkozás.

Termikus vágóberendezések

A teljesen automatizált CNC termikus vágó berendezéseknél a vágófej mozgatása, a begyűjtés, a láng beállítása, a plazma beállítása vagy a lézer paraméterek beállítása, a lyukasztási folyamat, a vágás kivitelezése és a paraméterek állandó ellenőrzése mind a vezérlés feladata. A korszerű vezérlések felhasználóbarát felületeket pl. Windows-t használnak. A vezérlések a programok segítségével számos CAD rendszerrel képesek kommunikálni és adott formátumban készült rajzot átkonvertálni, adatbázisokból a gép felszereltségének megfelelő szerszámokra technológia paramétereket hozzárendelve a

terítéket elkészíteni és a komplett vágási technológiát meghatározva a vágási feladatot elvégezni. A vezérlés hálózati csatlakozáson keresztül kommunikál az irodával, ahol a szabásterveket, vágási technológiát készítik el.

A vágóasztal, a hosszirányú és keresztirányú erőátvitel elemei a fogaskerék és nagy pontosságú fogasléc, léptető motorok, precíziós golyósorsók, továbbá a különböző szenzorok biztosítják a gyors pozicionálást és a fej vagy fejek vágás közbeni pontos mozgását. A legkorszerűbb szervóhajtások révén a követési dinamika, a helyzetbeállítás pontossága 0,02 mm, az ismétlés pontossága $\pm 0,01$ mm.

Szép számmal találhatók a termikus vágógép kínálatban olyan berendezések, amelyek több eljárás kivitelezésére alkalmasak. Megtalálhatók a láng- és plazmavágásra alkalmas gépek, vagy a lézerrel kombinált plazmavágók, amelyek igyekeznek az eljárások előnyeit ötvözve szélesebb palettán ellátni a vágási feladatokat.

A mozgató rendszer, vezérlés és az erőforrás megfelelő összehangolása nagyon fontos a végeredmény szempontjából. Ebben jelentős különbségek adódnak a különböző termikus vágóberendezéseket gyártók kínálatában.

A termikus vágási technológiák egymásnak nem versenytársai annak ellenére, hogy a megmunkálendő anyagok egy meghatározott körét tekintve átfedés van közöttük. Azt, hogy adott esetben melyiket célszerű választani az alapanyag, az anyagvastagság, a minőségi követelmények és gazdaságossági szempontok határozzák meg. A gazdaságosság eldöntéséhez nem elegendő összehasonlítani a méterenkénti vágás fajlagos költségeit. A legmegfelelőbb eljárás kiválasztásához egy komplex műszaki-gazdasági elemzést kell végezni, amely figyelembe veszi a megmunkálendő darabszámot, a darabok komplexitását, az eljárások beruházási költségeit, termelékenységet, stb.

Az 1. és 2. táblázatokba összefoglaltuk a termikus vágási eljárások legfontosabb jellemzőit. Az 1-3. ábrákon megtalálhatók egy vágófej alkalmazása esetére az eljárások költségjellemzői. A 4. ábrán az eljárások berendezéseinek beruházási költségei láthatók. Az 5-6. ábrákon a fajlagos vágási hosszra számított költségek alakulása eljárásonként az anyagvastagság függvényében került összehasonlításra. Ezek az ábrák egy vágófejjel, egy műszakban, 80 %-os berendezés-kihasználtság mellett, ST 37-2 anyagminőség vágására érvényes adatok szerepelnek. Több műszak, vagy több vágófej alkalmazása esetén a fajlagos költségek csökkenthetők, amint az a 7. ábrán látható.

Eljárás	Előny	Hátrány
Lángvágás	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Széles anyagvastagság (5 – 1000 mm) tartományban használható ▪ Kicsi a beruházási költség ▪ Több fej (2 – 6) alkalmazásával növelhető a termelékenység ▪ Alacsony kopó alkatrész költség 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Szerkezeti acélok, illetve titán vágható ▪ 5 mm alatt rossz a vágott felület minősége ▪ Nagy a vágott rész szélessége ▪ Nagy a hőhatásövezet
Plazma vágás	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Minden fém vágható ▪ Kicsi a hőhatásövezet ▪ Nagy a vágási sebesség ▪ Ismétlési pontosság jó 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vastagság korlátok, <ul style="list-style-type: none"> ○ finomsugaras 50 mm ○ hagyományos plazmával 150 mm ▪ Ferde a vágott felület ▪ Magas kopóalkatrész költség ▪ Képzett operátor
Lézersugaras vágás	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Minden anyag vágható ▪ Kicsi hőhatásövezet ▪ Nagy vágási sebesség ▪ Jó ismétlési pontosság ▪ Egyenes vágási felület ▪ Nincs elhúzóadás 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vastagságkorlát, <ul style="list-style-type: none"> ○ max .25 mm-ig ○ Jó minőségben max. 15 mm-ig ▪ 10 mm felett lassú vágási sebesség ▪ Magas szerviz költség ▪ Jól képzett operátor

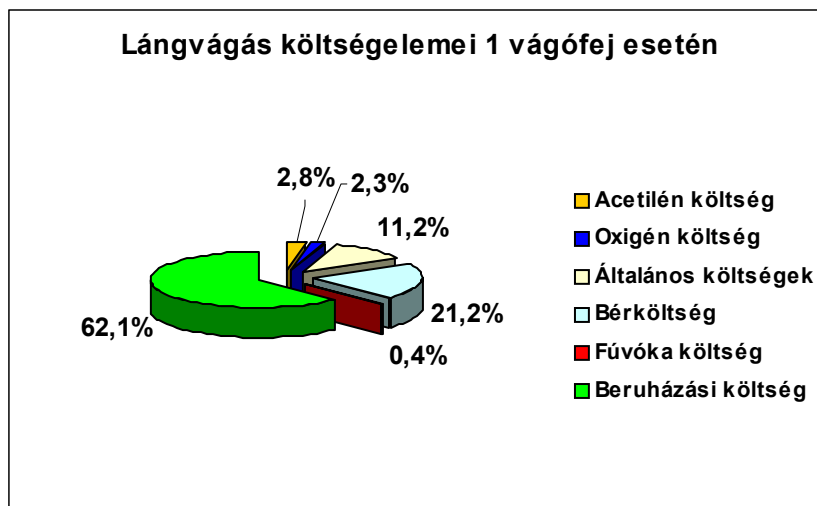
1. táblázat. Termikus vágási eljárások előnyei - hátrányai

Eljárás	Lángvágás	Plazmavágás	Lézersugaras vágás
Beruházási költségek	kicsi	közepes	nagy
Üzemeltetési költségek	relatív alacsony, gázfelhasználás nagy	kicsi-nagy, függ a plazma fajtájától, az alkalmazott gázoktól	nagy, a rezonátor alkatrészek és az optikai elemek drágák
Karbantartás	egyszerű, üzemben elvégezhető	mérsékelt, sok javítás helyben végezhető	bonyolult, jól képzett szakembert igényel
Biztonsági teendők	kicsi, elszívás kell	mérsékelt, nagy teljesítményű elszívás, operátor optikai védelme	fokozott védelem, jó elszívás, operátor fokozott optikai védelme
Pozicionálási sebesség	lassú	közepes	gyors
A vágásfelület minősége	megfelelő	megfelelő	10 mm alatt megfelelő, felette fokozatosan romlik
Pontosság	1 mm	0,25 mm	0,1 mm
Tipikus vágási szélesség	3-6 mm	1-6 mm	0,2 – 0,6 mm
Vetemedésmentesség vágás közben	korlátozottan jó	korlátozottan jó	jó
Vágható anyagok	csak szénacél és titán	minden villamos vezető anyag *	fém, fa textil és műanyagok**

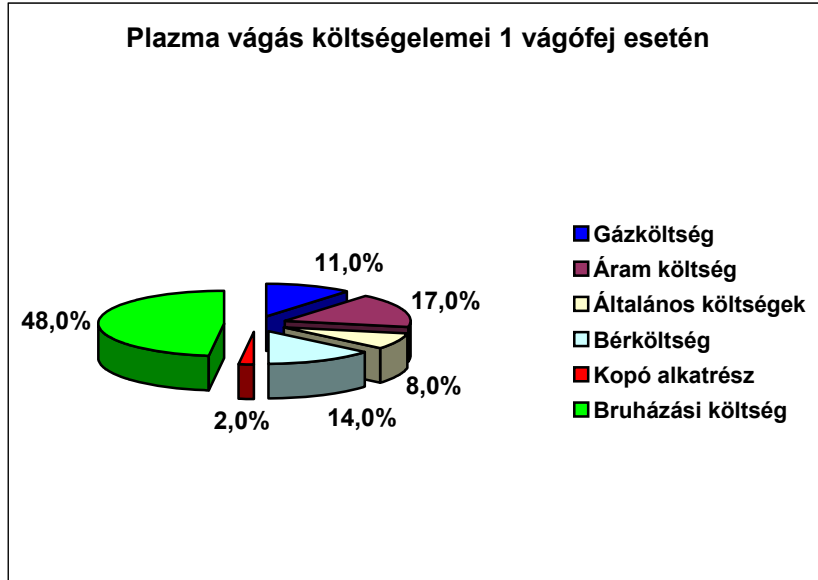
* Bizonyos plazmák alkalmasak nem vezető anyagok vágására is

** Egyes gyártók kizárják a műanyagok feldolgozhatóságát a lézer berendezésükkel.

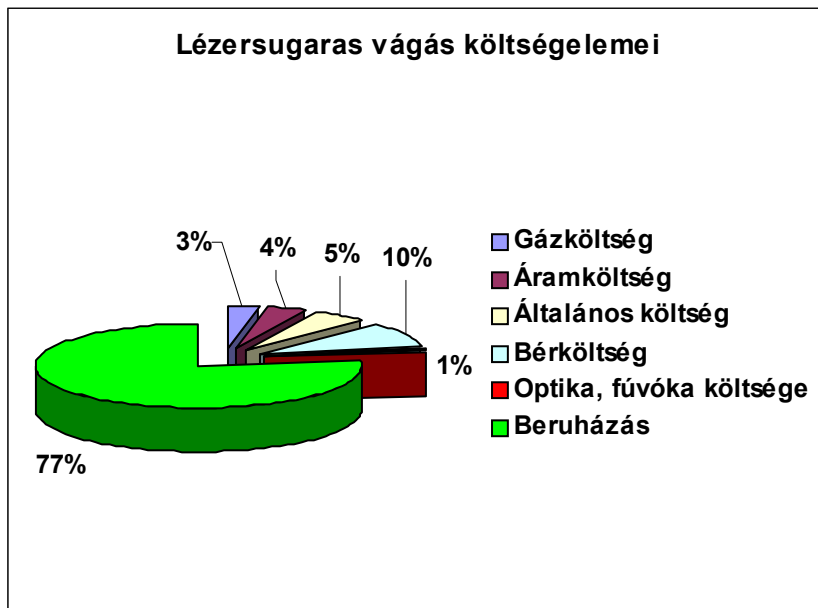
2. táblázat Termikus vágási eljárások összehasonlítása



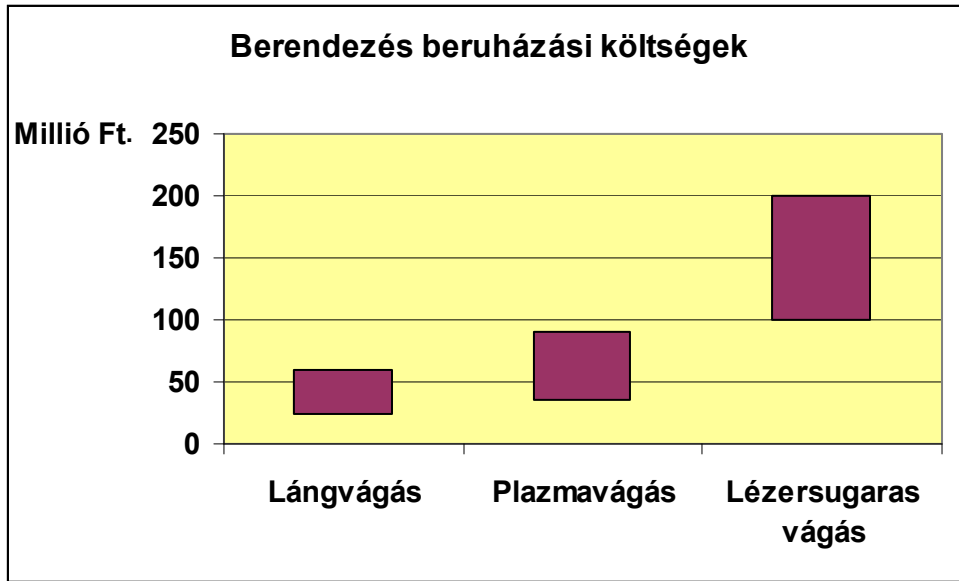
1. ábra. A lángvágás költségelemei



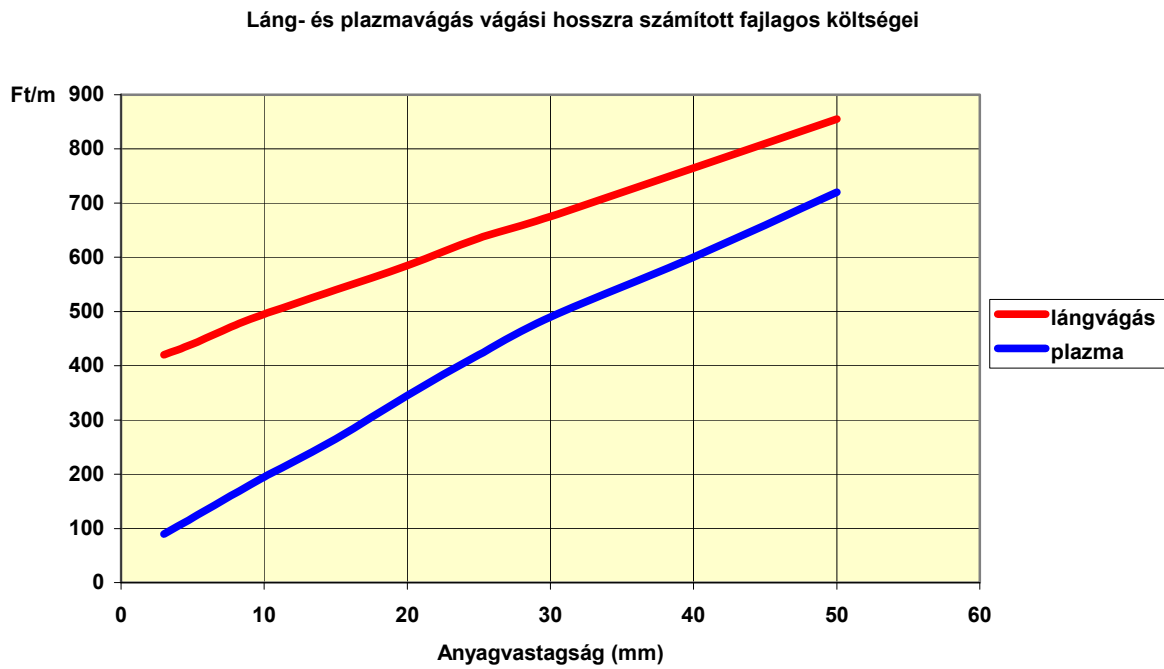
2. ábra. A plazma vágás költségelei



3. ábra. A lézersugaras vágás költségelei

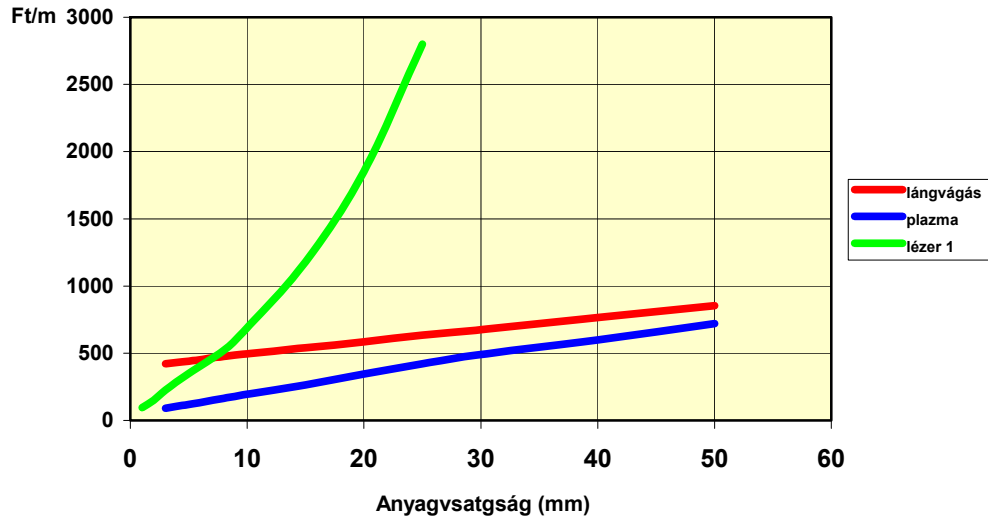


4. ábra. A termikus vágás berendezéseinek beruházási költségei („től-ig” értékek)

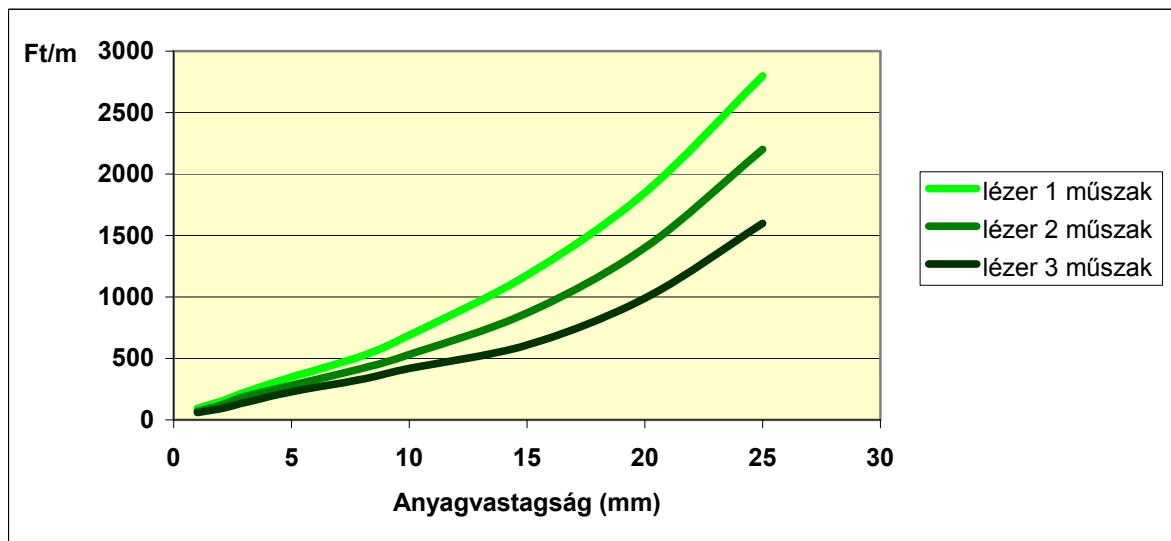


5. ábra. Láng-és plazmavágás vágási hossza vonatkozó fajlagos költségei

Láng-, plazma-, és lézersugaras vágás vágási hosszra vonatkozó fajlagos költségek



6. ábra. A láng-, plazma , és lézersugaras vágás vágási hosszra vonatkozó fajlagos költségei



7. ábra. Lézersugaras vágás költségeinek alakulása műszakszám függvényében

Gyakorlatban több gyártó épít be azonos lézerezonátort, vagy plazmaforrást különböző vázszerkezetbe, eltérő hajtást, vezérlést és szoftvereket alkalmazva. A rendszerek összehangolása eredményeként a vágási sebességekben illetve a termelékenységben jelentős különbségekkel (5-10%) találkozunk a piacon. Gépválasztás előtt javasoljuk a vágási próbát, amikor az általunk használt anyagból a legbonyolultabb alkatrészből készítjük el a mintadarabot lehetőség szerint különböző eljárásokkal. Erre látunk egy példát a következőkben.

A termikus eljárások termelékenységére vonatkozó összehasonlításra ad lehetőséget az eljárások versenye, amelynek lényege, hogy azonos anyagminőségből ugyanazt a darabot különböző eljárásokkal vágunk ki. Az eljárások versenyének eredményeit 10, illetve 20 mm anyagvastagságok esetén a 8. és 9. ábrán láthatjuk.



8. ábra. Eljárások versenye, 10 mm-es anyag vágásának időeredményei



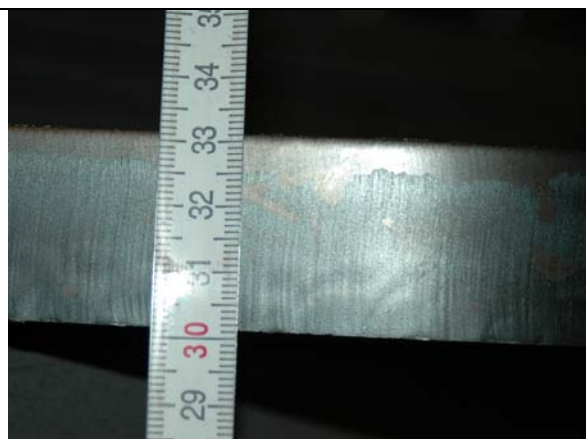
9. ábra. Eljárások versenye, 20 mm-es anyag vágásának időeredményei

Egy ilyen összehasonlítás sokkal reálisabb eredményt ad, mintha csak az eljárásokra jellemző vágási sebességek kerülnének összehasonlításra. Meg kell jegyezni, hogy a lyukasztási időkben illetve a pozicionálásban a lézer a leggyorsabb, ezt követi a plazma és végül a lángvágás. A lineáris vágási sebességekben a 10 mm-es anyagvastagság felett a plazmavágás sebessége a legnagyobb, ezt követi a lézer, majd a lángvágás. Az eredményeket összegezve megállapíthatjuk, hogy a plazma-, illetve lézersugaras vágás termelékenysége 2,5 – 3 szorosa a lángvágásénak. A lángvágás termelékenységét több (2-6) vágófej alkalmazásával jelentősen növelhetjük, amennyiben a kivágandó darab ezt lehetővé teszi.

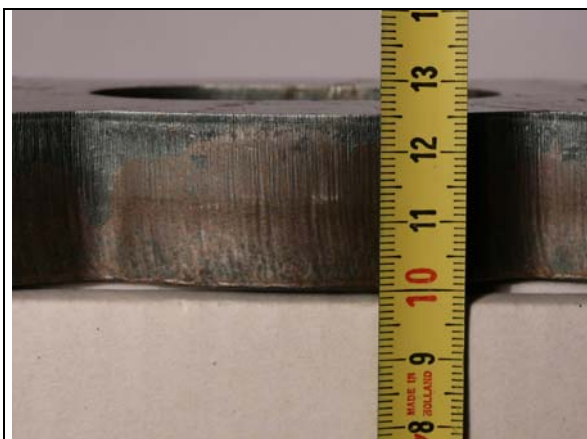
A különböző eljárásokkal elérhető legjobb minőségeket a 10., 11., 12., 13. ábrán láthatjuk. A vágás minőségére jelentős hatással van az alapanyag minősége. Ez látványosan jelentkezik például a lézersugaras vágás esetén. A hagyományos szerkezeti acélokhoz képest (max. 0,55 % Si) a lézersugaras vágásra kifejlesztett RAEX lemezekben egy nagyságrenddel kevesebb 0,04% alatti a szilícium tartalom, amely sokkal finomabb vágási felületet eredményez (12. ábra.) Ez utóbbi lemezek mintegy 10%-kal drágábbak.



10. ábra. Lángvágás minősége
(Anyag: S235J0)



11. ábra. Finomsugaras plazmavágás minősége (Anyag: S355J2)



12. ábra. Lézersugaras vágás minősége.



13. ábra. Lézersugaras vágás minősége

(Anyag RAEX)	(Anyag S355J2)
---------------	-----------------

Összefoglalás

Ezek után melyiket is válasszuk? Összefoglalásként, íme néhány szempont, amit a gazdaságossági számítások, illetve az *1. és 2-es táblázatokban* bemutatottak mellett érdemes figyelembe venni az eljárás illetve berendezés kiválasztásánál.

A lézersugaras vágást célszerű választani akkor, ha:

- fokozott minőségi és pontossági követelményeknek ($\pm 0,1$ mm) kell eleget tenni,
- vékony vagy közepes anyagvastagság megmunkálása esetén,
- bonyolult kontúrok, éles sarkok, keskeny hidakat, kis átmérőjű furatokat tartalmazó darabok kell kivágni,
- fontos a vágás merőlegessége a lemez síkjára,
- kis hőhatásövezet az elvárás,
- oxidmentes vágási felületeket szeretnénk (rozsdamentes acélok vágása).

A plazmavágást válasszuk, ha:

- vastag rozsdamentes acélokat kell vágni,
- vékony és közepes vastagságú lemezekből nem túl bonyolult alkatrészeket kell vágni ,
- a termék elviseli a vágás síkjának $1-2^\circ$ -kal a merőlegestől való eltérését,
- a darabok mérettűrése megengedi a $\pm 0,25$ mm eltérést
- fontos a gyors vágás és nagy termelékenység.

A lángvágás előnyös:

- a vastag szerkezeti acélok darabolásánál,
- ha egyszerűbb alkatrészeket kell vágni,
- több vágófej alkalmazható,
- a darabok mérettűrése megengedi a nagyobb eltéréseket, mint a plazmánál,
- nem okoz problémát a nagyobb hőhatásövezet.

Jelen cikk arra tett kísérletet, hogy a teljesség igénye nélkül összefoglalja mire is képesek a termikus daraboló eljárások a technikai fejlődés jelen szakaszában. Körbejárta azokat a szempontokat, amelyeket célszerű figyelembe venni egy eljárás illetve egy berendezés kiválasztásánál. Reméljük, hogy segítségül szolgál azok számára, akik döntés előtt állnak illetve, hogy talán találtak azok is fontos információkat benne, akik már rendelkeznek több – kevesebb tapasztalattal a termikus vágások területén.

Szerkesztette

Halász Gábor
hegesztés-vágás szaktanácsadó

Messer Hungarogáz Kft.
Tel: 06 1 435 1157
gabor.halasz@messer.hu
www.messer.hu

Felhasznált irodalom:

- (1) Kúti Sándor – Plazmavágógépek. Hegesztéstechnika, XI. évfolyam 2000/1
- (2) Dr. Sólyomvári Károly – CNC vezérlésű termikus és vízsugaras vágóberendezések. Hegesztéstechnika, XI. évfolyam 2000/2 szám
- (3) Dr. Gáti József – Láng-, plazma-, lézer-, vagy vízsugár vágás? A vágási eljárások elemzése. Hegesztéstechnika, XIV. évfolyam 2003/2 szám.
- (4) Dr Dulin László – Mivel vágjunk? II. Hegesztéstechnika, XV. évfolyam 2004/2 szám.
- (5) Messer C&W - Laser Schneiden Verfahren, Anwendungen, 1998
- (6) Messer C&W – Verfahrensrennbahn - 2001
- (7) Halász Gábor – Autogénteknikai égőgázok a gazdaságosság szemszögéből. Acélszerkezetek, IV. évfolyam 1. szám