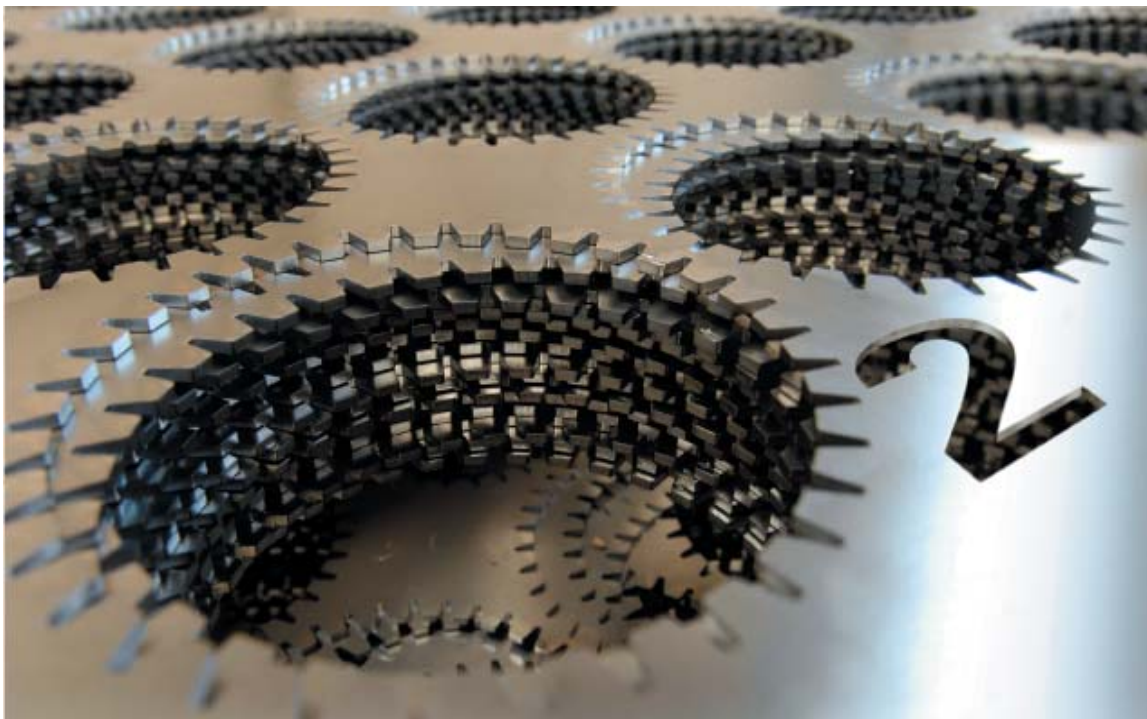


Szakmai publikáció

Budapest, 2011.08.24.
Acélszerkezetek 2011/3

Szerk. Halász Gábor

Gázok – a lézeres anyagmegmunkálás láthatatlan titka
Láthatatlanok, szerepük mégis lényeges a folyamatban

A termelékenység, gazdaságosság és minőség iránt támasztott növekvő követelmények új eljárások kifejlesztését ösztönzik a hegesztés és vágás területén is. Ez ad lökést többek közt a lézertechnológia fejlődésének is, amely mára számos megmunkálási folyamatban nélkülözhetetlenné vált. A lézertechnológia optimális alkalmazásában döntő fontosságú a megfelelő rezonátor- és munkagázok, gázkeverékek kiválasztása, melyek teljes palettáját a Messer Megalas[®], Nitrocut[®] és Oxicut[®] néven kínálja.

A rezonátor és munkagázok alkalmazási területei

A lézeres anyagmegmunkálásban a gázokat a segédanyagok közé szokás sorolni, melyekre az adott eljárástól és az alkalmazott lézerforrás típusától függően a lézeres munkafolyamat több pontján is szükség van. A megfelelő gáz kiválasztása döntő jelentőséggel bír az optimális eredmény elérése érdekében. Megkülönböztetünk rezonátor- és munkagázokat. A rezonátorgázok a rezonátor működtetéséhez szükségesek, pl. a CO₂-lézereknél. A munkagázokat a lézersugár mellé juttatják be a munkatérben, például védőgázként vagy vágógázként.

A gázok tisztasága

A CO₂-lézerek rezonátorgázainak szigorú követelményeknek kell megfelelnie a tisztaság tekintetében. A lézeres hegesztéshez és vágáshoz szükséges munkagázok esetében is hasonlóan lényeges a tisztaság.

A gázok tisztaságának egyszerű jelölésére általában a tisztasági fokozatra vonatkozó számértékekkel kifejezett formát (a „pontjelölést”) alkalmazzuk: pl. 4.6. Az első számjegy a térfogatszázalékban megadott gáztartalom „kilences” szám jegyeinek számát, a pont utáni második a kilencesek utáni decimális jegyet adja meg. Így a 4.6 jelölés minimum 99,996 százalékos gáztisztaságot jelent. A tisztasági fokozat, a tiszta gáztartalom és a szennyezők megengedett összes mennyisége közötti összefüggést a következő táblázat mutatja:

Tisztasági fokozat pontjelöléssel	Tisztaság %-ban	A szennyezők maximális mennyisége
7.0	99,99999	0,1 ppm
6.0	99,9999	1 ppm
5.5	99,9995	5 ppm
4.6	99,996	40 ppm
3.2	99,92	800 ppm

Rezonátorgázok

Rezonátorgázok alatt a lézersugár előállításához szükséges gázkeverékeket értjük. A gázokat előre összeállított keverékként szállítják, vagy az egyes komponenseket a lézerberendezésben keverik össze. A gázkeverék összetétele a lézer típusától függ. A pontos összetételt a gyártók határozzák meg. Ennek megváltoztatása a teljesítmény csökkenéséhez, vagy akár a rezonátor meghibásodásához is vezethet.

A rezonátorgázoknak szigorú követelményeknek kell megfelelniük a tisztaság, minőség és a keverék konzisztens jellegének tekintetében, több okból is. Az olyan zavaró szennyezők, mint a nedvesség, vagy a szénhidrogének nyomokban is üzemi hibát okozhatnak. A szénhidrogének károsíthatják az érzékeny és drága optikai egységeket. A nedvesség zavart kelthet a gerjesztési kisülésben és megakadályozza, hogy a lézer teljes hatékonysággal működjön. További zavaró tényezőt jelenthetnek a porrészecskék, mivel szórják a lézerfényt, így kevésbé hatékony a folyamat. A gázellátórendszernek ugyancsak meg kell felelnie a magas gáztisztasági követelményeknek.

Lézervágás

A többi termikus vágási eljárással összehasonlítva lézersugárral bonyolult formák is nagy sebességgel, precízen és mérethűen vághatóak ki. Az erősen fókuszált sugár keskeny, határozott vágórést hoz létre, alacsony a hőbevitel, az anyagban a hő okozta deformáció csekély, nagyon jó a vágási felületminőség, így nem, vagy alig van szükség utómunkára. Számos területen alkalmazzák, így az autóiparban, hajóépítés és repülőgépgyártás során, fémszerkezetek gyártásánál, a gépiparban, lemezmegmunkálásnál, textiliparban, vagy akár az orvostechikában.

A lézeres vágástechnológiáknak három nagyobb csoportját különböztetjük meg: **lángvágás** (oxidációs vágás), **olvasztó vágás** (inert gázos vágás) és **szublimációs vágás**. A megfelelő eljárás kiválasztását meghatározza a vágandó alapanyag, a minőséggel és gazdaságossággal szemben támasztott elvárások, valamint a vágáshoz használt gáz fajtája.

A tiszta oxigénes lángvágás az autogén lángvágáshoz hasonló eljárás. A

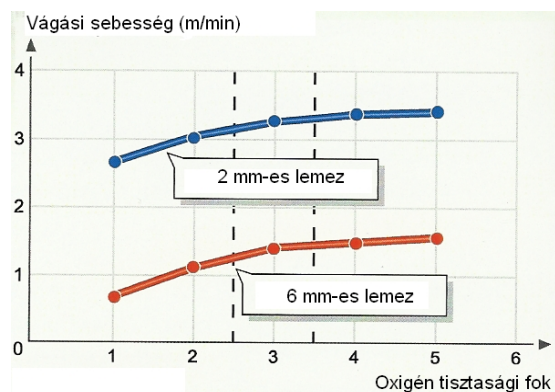
lézernyaláb a vágandó anyagot gyulladási hőmérsékletre hevíti, amelyet aztán nagy tisztaságú oxigénben elégetnek. A lángvágás előfeltétele, hogy az alapanyag gyulladáspontja alacsonyabb legyen az olvadáspontjánál. Ilyen anyagok például az ötvöztelen és a gyengén ötvözött acélok. Ellenpéldaként az erősen ötvözött acélok és a nemvas fémek említhetők. Jóllehet ezeknél is lehetséges az oxigénes vágás, de minőségi és gazdaságossági szempontból nem ez az ajánlott eljárás.

A lángvágással nem megmunkálható anyagoknál olvasztó vágást alkalmaznak, melynek során az anyagot olvadáspontra hevítik, majd az olvadékot segédgáz segítségével nagy nyomáson (25 bar) fúvatják ki a vágórésből. A vágáshoz használt segédgáz általában nitrogén, speciális esetekben – elsősorban a nitrogénnel kémiai reakcióba lépő anyagoknál, mint pl. titán, tantál, cirkónium vagy magnézium – pedig argon. Ha a minőség úgy kívánja, ötvöztelen és gyengén ötvözött acélokat is vágunk olvasztó eljárással, melynek során oxidmentes vágási felületet kapunk, viszont a vágási sebesség lényegesen kisebb.

Azokat az anyagokat, melyeknek nincs olvadáspontja – mint például a fa, műanyag, kompozit anyagok, plexiüveg (PMMA), kerámia vagy papír – szublimációs eljárással vágják, melynek során az anyag szilárd halmazállapotból közvetlenül gázneművé alakul át. A vágórésből eltávolított anyag nagy részét lézerrel párologtatják el. A munkagáz feladata a gőz és anyagrezecskék távoltartása az optikától.

Vágógázok

A vágáshoz használatos gáz kiválasztása a vágandó anyagfajtától és a vágási felülettel szembeni minőségi követelményektől függ. A lángvágáshoz megfelelő anyagokhoz tiszta oxigént használnak (oxidációs vágás). A vágás gyorsaságát nagyban befolyásolja az oxigén tisztasága (1. ábra). Nagytisztaságú gázzal (Oxicut®) a vágási sebesség – a lemez vastagságától függően – akár 20 %-kal is növelhető.



1. ábra

Az 1. ábrán a két függőleges szaggatott vonal jelzi a leggyakrabban használt gázminőséget. A baloldali a 2.5 (99,5%) tisztaságú, míg a jobb oldali a 3.5 (99,95%) tisztaságú oxigénnek felel meg. Látható, hogy a 3.5 tisztaságnál nagyobb tisztaságfoknál a görbék meredeksége csökken, viszont az árak nő a jelentős előállítási költségek miatt. Ezért a szénacélok és gyengén ötvözött acélok megmunkálásához a 3.5 tisztaságú oxigén az ajánlott.

A lángvágásra nem alkalmas anyagokat általában nitrogénnel vágják, melynek inertizáló tulajdonsága oxidmentes vágási felületet eredményez (inert gázos vágás). A szennyezőnek számító oxigén és nedvességtartalom oxidációs elszíneződést okozhatnak a felületen. A magas minőség 5.0 gáztisztasággal biztosítható (Nitrocute®).

A titán, tantál, magnézium és hasonló anyagok az oxid- és nitridképzők közé tartoznak, mivel intenzíven reagálnak az oxigénnel és a nitrogénnel. Annak érdekében, hogy ezek az anyag típusok utómunka nélkül hegeszthetők legyenek, argont érdemes

alkalmazni a vágáshoz. Itt is érvényes az a szabály, hogy minél magasabb az argon tisztasága, annál tisztább lesz a vágási felület. Ez azért is lényeges, mivel a nitridek és oxidok a későbbi hegesztési folyamatok során átkerülhetnek a hegesztési varratba.

A lézerhegesztés típusai

A lézerhegesztés hőforrásként erősen fókuszált lézersugarat használ, amelynek nagy energiasűrűsége nagy munkasebességet tesz lehetővé. További előnyei a keskeny hőhatásövezet, az alacsony hőbevitel és a csekély deformáció. Egyéb hegesztési technológiákhoz hasonlóan különlegesek az illesztések: a lézer képes a hegesztett elemek keresztülhatolni. Így olyan területet is hegeszthető, mely korábban hozzáférhetetlen volt. Ezt a tulajdonságot kiváltképp az autóiparban tudják kihasználni, olyan hegesztési pontokon (pl. karosszéria), melyek rejtve vannak. Az egészségügyi eszközgyártás, vagy a mikroelektronika területén is kiválóan alkalmazható.

Táv-hegesztéssel (remote welding) komplex elemek akár 2 méter távolságból is hegeszthetőek. Az eljárás fő előnye a lézersugár gyors pozícionálhatósága, melyet egy több szögben állítható tükörrel állítanak be egy központi egységből. További előnyként megemlíthető a munkaidő lecsökkenése, valamint az, hogy nincs szükség bonyolult, mechanikus szerkezetekre a sugárvezetéshez.

Lézersugaras kötéstechológiánál négyféle eljárást szokás megkülönböztetni: hővezetési hegesztés, mélyvarratos hegesztés, lézersugaras forrasztás és lézer-hibrid hegesztés. A hegesztés végezhető hozaganyag hozzáadásával, vagy anélkül. Nem összeférhető, egymástól eltérő fémek és ötvözetek hegesztése is lehetséges, mint például alumínium/acél, vagy szénacél/rozsdamentes acél, úgynevezett fekete/fehér hegesztés.

A **hővezetési hegesztés** csak kis teljesítményt igényel. A lézer energiája a hegesztési felületen hővé alakul át, ahol hegfürdőt képez, amely konvekció útján adja le a hőenergiát. Az ívfényhegesztéshez hasonlóan a védőgáz megválasztásával befolyásolható a konvekció, és a hegesztéstechnikai követelményekhez igazítható a beolvadási profil.

A **mélyvarratos hegesztéshez** nagyobb teljesítményre van szükség, mivel a fémet nem csak megolvastják, hanem el is párologtatják. A lézersugár a felületre közel merőlegesen kialakuló plazmacsatornán keresztül, tükröződéssel jut az anyag belsejébe. A lézer mélyen behatol az anyagba ún. keyhole-t (kulcslyuk) képezve. Itt alakul ki egy plazmaoszlop, amely felveszi a lézer energiáját és továbbadja azt az anyagba. A hegesztés folyamatos. A gőzcsonaból kilépő plazmafelhőt védőgáz segítségével fúvatják ki, hogy ne vegye fel a lézer energiáját, mielőtt azt a hegesztési folyamatba adná le.

A **lézer-hibrid hegesztés** nevéből adódóan több eljárás kombinációja. A lézerhegesztés jól kombinálható a MAG hegesztéssel. A lézerhegesztés gazdaságosságához hozzájárul a MAG-eljárás nagy leolvastási teljesítménye, amely nagyobb lemezvastagságok hegesztését teszi lehetővé. A hegesztési védőgáz kiválasztásakor fontos, hogy a védőgáz mindkét eljárásnak megfeleljen. Erre az este bevált gázösszetétel az argont, héliumot és egy aktív komponenst, pl. szén-dioxidot, tartalmazó háromkomponensű gázkeverék. A MAG-hegesztés mellett más eljárásokkal is kombinálható a lézerhegesztés, például WIG- vagy plazmahegesztéssel.

A **lézersugaras forrasztás** a hővezetési hegesztéshez hasonló eljárás. A forrasztási energiaigényét kell elsősorban figyelembe venni. A lézersugaras forrasztás különösen az autóiparban terjedt el. A csekély hőbevitel és deformáció mellett a forrasztási korrózióállósága és a könnyebb megmunkálhatóság játszanak döntő szerepet. A nagy kötésbiztonság és a magas fáradási szilárdság miatt is kedvező alternatíva.

Hegesztési védőgázok – segédanyagok az optimális eredményhez

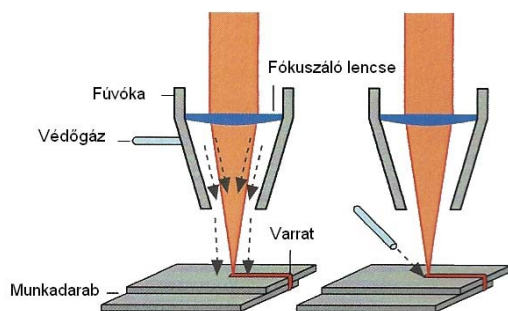
A védőgázok a hegesztés során többféle szereppel bírnak. Megvédik a forró felületet, mely a külső környezeti levegővel érintkezve nitrogént, és nedvességet vehet fel, vagy oxidálódhat. A védőgáz további feladata, hogy folyamatosan eltávolítsa a plazmafelhőt a hegesztési felület felől. A többi védőgázos hegesztési eljáráshoz hasonlóan a lézerhegesztésnél célzottan befolyásolható a hegesztési folyamat az optimális gázkeverék hozzáadásával. A gázkeverék alapgáza általában argon. CO₂, oxigén, hélium, nitrogén vagy hidrogén hozzáadásával a hegesztési folyamat termikusan, vagy metallurgia szempontból is befolyásolható. A különféle gázok előnyös tulajdonságainak kombinációjával tipikus gázkeverék-csoportok jöttek létre: argon/hélium, argon/oxigén és argon/hidrogén. A megfelelő komponens kiválasztását a hegesztendő anyag határozza meg elsősorban.

Hegesztés védőgáz nélkül

A szilárdtest-lézerek esetében gyakran védőgáz nélkül hegesztenek. Így is korrekt megjelenésű hegesztési varratot kapunk, azonban védőgáz nélkül a hegesztett anyag nitrogént, oxigént vagy nedvességet vehet fel, amelyek következtében később pórusok, hidrogén okozta repedések alakulhatnak ki. Különösen az ötvöztelen és gyengén ötvözött acéloknál vezethet a nitrogén időelőtti öregedéshez, vagy elridegedéshez. Általában csak évekkel később, nagyobb terhelések hatására jelentkeznek a negatív hatások.

Védőgáz-atmoszféra és gázbevezetés

A hegesztési vagy forrasztási helynél a tökéletes védőgáz-atmoszféra kialakításának előfeltétele a gáz lamináris (réteges) áramoltatása. Túl nagy áramlásai sebesség esetén a védőgáz-áramban turbulenciák, örvények keletkeznek, amely bekeverné a légköri levegőt is a gázáramba. Ez a hegesztési hibák egyik leggyakoribb oka. A különböző gázkeverék-összetételek is befolyásolják a lézersugarat. Különböző fúvóka-kialakítások léteznek: koaxiális, oldalirányú, periférikus, vagy gyűrűs.



Védőgáz bevezetése lézerhegesztésnél: koaxiálisan, vagy oldalról

Koaxiális gázbevezetés esetén a fúvóka-kimenet és a lencse közti sugárteret teljesen védőgázáram tölti ki. Ilyenkor a plazmaoszlop kialakulása kárt okozhat a lencsékben. Oldalirányú gázbevezetésnél injektorhatás léphet fel, amely a környezeti levegőt a gázáramba és ezáltal a hegesztési zónába szippanthatja. Ennek következtében a hegesztés már egy módosult védőgáz/levegő-keverék atmoszférában zajlik, amely porozítások kialakulásához, futtatási színekhez és más hegesztési hibákhoz vezet. A gyűrűs fúvókákhoz ajánlott öblítőgázt is alkalmazni (pl. nitrogént, vagy héliumot), amely megakadályozza, hogy védőgáz kerüljön a lencseoptika környezetébe. A gyűrűs fúvóka-kialakítással biztosítható a hegfürdő egyenletes védőgáz-lefedettsége.

Gázellátás és gázellátó rendszer kiépítése

A felhasználási mennyiségtől és céltól függően a Messer különböző ellátási megoldásokat kínál. Kisebb gázigény esetén – mint pl. a lézergázok (rezonátor gázok) esetében – az egyedi sűrített gáz palackos ellátás javasolt. A palackok mérete űrtartalom szerint 10-től 50 literig terjed. A vágáshoz nagyobb mennyiségben van szükség oxigénre, vagy nitrogénre, melyeket cseppfolyós formában, tartályos ellátással szállítunk.

Az optimális gázellátás szempontjából fontos annak a biztosítása, hogy ne kerülhessenek szennyezők a gázba mialatt a tároló egységből a felhasználási helyig eljut. Ennek feltétele a gázellátó hálózat és a szerelvények precíz, szakszerű installálása, a megfelelő szerelvénytípusok kiválasztása, az ellátási forma és gáztisztaság hozzáigazítása a felhasználási igényhez. A biztonság tovább növelhető egy kiegészítő részecskeszűrő beépítésével. A rezonátor is magas minőségi igényeket támaszt a gázellátás tisztaságával szemben, ami egyaránt vonatkozik a rezonátor gázra, és a hálózati vezetésekre, tömlőkre.

A berendezéshez vörösréz, vagy CrNi-acélból készült csővezetéken keresztül vezetik be a gázt. A tömlőnél fennáll annak a kockázata, hogy nitrogén, oxigén vagy nedvesség diffundál be a tömlőbe. Speciális anyagokkal csökkenthető ez a probléma.

A lézeres anyagmegmunkálás előnyei

- Nagy termékrugalmasság
- Kiváló minőség
- Alacsonyabb darabköltség
- Megbízhatóság

Tipikus gázfajták

- Rezonátor gázok a lézersugár generálásához (CO₂ lézer)
- Öblítőgáz
- Védőgázként használatos munkagázok
- Munkagázok vágáshoz
- Cross jet

Szerkesztette:

Halász Gábor
Messer Hungarogáz Kft.
hegesztés-vágás szaktanácsadó
Tel. 06 70 335 1157
gabor.halasz@messer.hu