

## 3.18 | Műanyagok hegesztése és perforálása 3.13 | lézersugárral 1.5

*Tárgyszavak: háromdimenziós hegesztés; üvegszál-as poliamid; berendezés; vizsgálat; perforálással gyengített hely; autógyártás; kasírozott textil.*

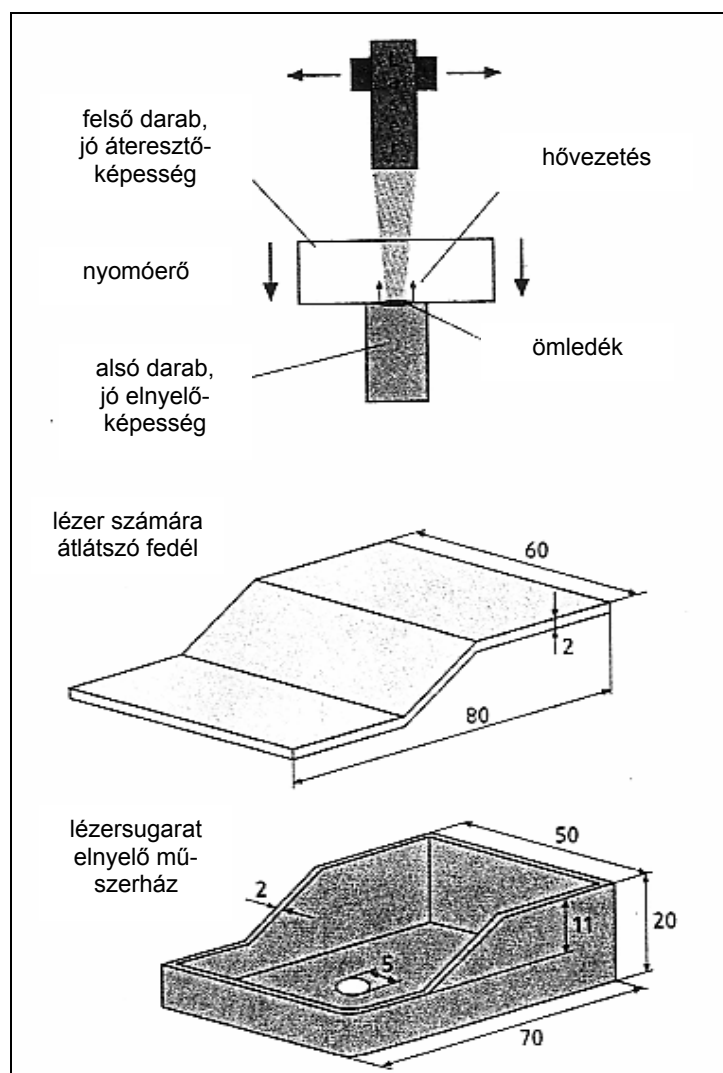
### Műanyag tárgyak háromdimenziós hegesztése lézerrel

A korábban sorozatgyártásba már bevezetett hegesztési eljárások, az ultrahangos, a fűtött elemes és a vibrációs hegesztés mellett ma már egyre többet hallani a lézeres hegesztésről, mint alternatív eljárásról. Ahogy nőtt a lézeres alkalmazások száma, úgy csökkent az eredetileg igen drága berendezések ára, ezért a lézeres hegesztés ma már nem csak műszaki, hanem gazdasági szempontból is vonzó lehet. A módszer elvét az 1. ábra mutatja. A lézeres hegesztéskor legalább az egyik hegesztendő elemnek átlátszónak kell lennie a sugárzás számára. Ilyenkor az átlátszó elemet átvilágítják az energiadús sugárral anélkül, hogy jelentősen felmelegedne. A lézersugarat a másik hegesztendő elem nyeli el, amelynek elnyelő képességét megfelelő adalékkal (rendszerint színező korommal) növelik. Az átvilágított elem felülete az abszorbeáló elemben képzett ömledék hatására, hővezetés révén olvad meg. A nem abszorbeáló elem tehát közvetett módon melegszik fel. Mivel a közeli infravörös (NIR) tartományban, 1000 nm körüli hullámhosszon a legtöbb műanyag átlátszó, ehhez az eljáráshoz nagy teljesítményű diódalézereket (HDL) alkalmaznak. A lézeres hegesztés egyik előnye éppen a zavartalan hőközlés, ami nem jár együtt mechanikai hatással, mint pl. vibrációs hegesztéskor. Mivel a lézersugár jól fókuszálható, a többi terület nincs erős hőhatásnak kitéve, és a jó eredmény érdekében a hegesztendő darabok optikai tulajdonságai is megfelelően módosíthatók.

### Háromdimenziós hegesztési varratok

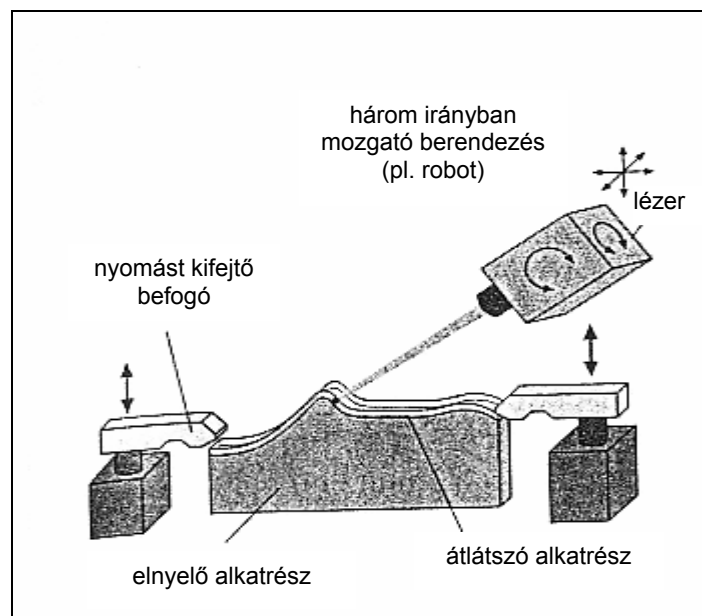
A sorozatban legjobban alkalmazható lézerhegesztési módszer az ún. kontúrhegesztés, amikor jól fókuszált lézersugarat vezetnek végig a tervezett hegesztési varrat mentén. Rendszerint egyszeri végigvezetés is elegendő. Az eljárás előnye, hogy bonyolult geometriájú, háromdimenziós hegedési varratokkal rendelkező tárgyak is kíméletesen, érintésmentesen kezelhetők (2. áb-

ra). Ezt az előnyt ma még nem aknázzák ki kellőképpen. A háromdimenziós varratokat ma gyakran vibrációs hegesztéssel alakítják ki, bár a hegesztendő darabokra gyakorolt mechanikai hatás nem hanyagolható el. Eddig kevés ezzel kapcsolatos kutatást végeztek. Az aacheni IKV (Műanyag-feldolgozó Intézet) kapott megbízást lézerhegesztéssel kialakítandó háromdimenziós varrat kifejlesztésére. A kutatáshoz használt formadarabot az 1. ábra alsó része mutatja, amelyet úgy választottak ki, hogy tanulmányozható legyen rajta a hegesztési sík lépcsőszerű változásának hatása. Az alsó darab egy műszerdoboz, amelyre rá kellett erősíteni a tetejét. A hegesztendő darabokat fröccsöntéssel állították elő az 1. táblázatban feltüntetett különböző műanyagokból. A konkrét típusokat úgy választották meg, hogy a doboztest elnyelje, a tető pedig átteressze a lézersugarat. A hegesztőberendezést a következő elemekből állították össze:



1. ábra A lézeres hegesztés elve (felső kép) és egy háromdimenziós hegesztési varrattal készült próbadarab (alsó kép)

- a lézerforrás egy LDL 40-100 típusú, nagy teljesítményű lézergyő (gyártó: Laserline, Koblenz), amely 940 nm hullámhosszú sugárzást bocsát ki. A kibocsátott lézerfény 1,5x1,5 mm<sup>2</sup>-re fókuszálható;
- a lézerforrást egy RV-4A típusú, 6-tengelyű robot karjára szerelték fel (gyártó: Mitsubishi Electric, Ratingen), amely személyi számítógép segítségével szinte korlátlanul programozható, és akár 3000 mm/s sebességű elmozdulást is lehetővé tesz;
- a reprodukálható hegesztés érdekében egy megfelelő geometriájú befogórendszert is kialakítottak, amely biztosítja a hegesztéshez szükséges nyomást is.



2. ábra Bonyolult vonalvezetésű hegedési varrat készítése lézersugár segítségével

Vizsgálták a felsorolt anyagkombinációk hegesztési folyamatát oly módon, hogy szisztematikusan változtatták a lézer teljesítményét, a mozgatás sebességét és a befogási nyomást. A műszerdoboz formáját úgy tervezték, hogy alul maradt egy nyílás, amelyen keresztül a gáztömörséget, ill. a repesztési nyomást meg lehetett határozni. A hegesztési varratot mikroszkóppal is ellenőrizték, és a látott képet megpróbálták korrelációba hozni a hegesztési paraméterekkel, ill. a hegesztés minőségét jellemző mérési eredményekkel.

### Az üvegszálás PA hegesztési folyamatának elemzése

A 30% üvegszálát tartalmazó poliamidok (2. anyagkombináció) hegesztési paramétereit a 2. táblázat szerint változtatták. 50, ill. 100 mm/s hegesztési

sebesség mellett a kb. 240 mm hosszúságú hegesztési varrat hegesztési ideje kb. 4,8, ill. 2,4 s volt, ami összemérhető a vibrációs hegesztés 2–5 s-os idejével. A tömítettséget valamennyi alkalmazott hegesztési paraméteregyüttes után öt párhuzamos próbatesten mérték meg. A bevitt energiát (a teljesítmény és a hegesztési idő szorzatát) a besugárzott felületre vonatkoztatták, és így állapították meg azt a határértéket, ahol a szivárgás megszűnt. Azt találták, hogy  $0,25 \text{ J/mm}^2$  érték fölött már biztonsággal zárt a rendszer, és e fölött a repesztési nyomás sem függött lényegesen az energiasűrűségtől. A jó reprodukálhatóságot jelezték a kis szórások a kritikus energiasűrűség fölött. Annak ellenére, hogy elég nagy mozgási sebességet (100 mm/s) és nagy lézerteljesítményt (92,7 W) használtak, nem képződtek olyan hibahelyek, amelyek negatívan befolyásolták volna a termék viselkedését. Ezért a repesztési nyomások az egész vizsgált tartományban elég magasak (6–10 bar) voltak. Az adatok értékelésekor azt is figyelembe kell venni, hogy kivétel nélkül mindegyik darab a hegesztési varratnál ment tönkre, ami az üvegszálak orientációjára vezethető vissza. Az eltérő szálorientáció miatt ugyanis a hegesztési varrat mindenképpen gyengébb, mint a hegesztett darabok egységesen orientált tömbanyaga. A fajlagos energiasűrűség növelésével a repesztési nyomás hirtelen megnő, majd egy plató elérése után kismértékben csökken – az utóbbi jelenség oka feltehetőleg a bomlástermékek feldúsulása a nagy fajlagos energiasűrűség-értékek tartományában. Ez a mikroszkópos felvételeken is megfigyelhető, ahol az elbomlott anyag kis fekete pontocskák formájában jelentkezik. Ennek veszélye akkor áll fenn, ha indokolatlanul megnövelik a lézer teljesítményt, vagy ha túlságosan lelassítják annak mozgását.

1. táblázat

A lézeres hegesztés vizsgálatához használt anyagok

Sorszám	Alapanyag	Lézersugarat elnyelő anyag <sup>1/</sup>	Lézersugarat át-eresztő anyag	Gyártó
1	erősítetlen PA	Durethan 30S, <0,25% korom	Durethan 30S, natúr	Bayer AG, Leverkusen
2	30% üvegszál tartalmazó PA	Durethan BKV 30, <0,25% korom	Durethan BKV 30	Bayer AG, Leverkusen
3	erősítetlen PA	Schulamid 6 MV13 sw, 0,2% korom	Schulamid 6 MV13 LW	Schulman GmbH, Kerpen
4	POM	Hostaform C 9021, 0,1% korom	Hostaform C 9021 natúr	Ticona GmbH, Frankfurt
5	PP	Hostalen, 0,1% korom	Hostalen, natúr	Targor GmbH, Mainz
6	ABS	Terluran, 0,2% korom	Terluran, natúr	BASF AG, Ludwigshafen
7	PC	Makrolon, 0,1% korom	Makrolon, natúr	Bayer AG, Leverkusen

<sup>1/</sup> az elnyelést növelő adalék mennyisége % (m/m)-ben.

A 0,25 %(m/m)-nél kevesebb kormot tartalmazó PA GF 30 és natúr PA GF 30 kombinációjával készült darabok hegesztésének kísérleti terve

Paraméter	Egység	Alsó érték	Középső érték	Felső érték
Lézerreljesítmény, P <sub>L</sub>	W	62,0	78,1	92,7
Mozgási sebesség	mm/s	50,0	75,0	100,0

## Jól definiált, gyengített helyek kialakítása lézerrel

A légszákoknak az ajtó és a belső burkolat vagy az ülés elemeibe való egyre nagyobb integrációja és az anyaggal bevont műszerfalak bevezetése előre definiált szakadási helyek (kigyengített anyagrészek) beépítését teszi szükségessé a műanyag elemekbe. Ezt eddig csak úgy lehetett megoldani, hogy speciális hegedési varratokat építettek be a termékbe. Az ilyen varratok bevitele azonban igényes feladat, és korlátozza a tervezők munkáját. A jénai Automatisierungstechnik GmbH a termékgyártókkal együttműködve biztonságosan működő lézeres eljárást dolgozott ki definiált szakadási helyek beépítésére textilekbe. A készülék „lelke” egy olyan érzékelő, amely az anyag átégése előtt érzékeli a sugárzást. A munkadarab a lézersugár forrása és a szenzor között mozog. A 10,6 µm hullámhosszú CO<sub>2</sub>-lézer addig hat az anyag hátsó felületére, amíg a maradék vastagságon áthatolva el nem jut a szenzorba, amely leállítja a sugárzást. Így olyan „furat” áll elő, amelyet a termék külső oldaláról nem lehet látni. Sok ilyen egymás mellé helyezett nyílásból alakul ki a kigyengített vonal vagy felület (mikroperforáció), amelyet könnyen meg lehet bontani. Ezt a módszert már 50 autótípusnál sikerrel alkalmazzák. Annak sincs jelentősége, hogy a megmunkált anyag egy- vagy többrétegű, a lényeg a felület lézersugarat áteresztő képessége. Az eljárás sokféle műanyaggal (pl. PP, PUR, PVC, TPO, TPU) megvalósítható.

A fejlesztéskor fontos cél volt, hogy hordozós (kasírozott vagy hátoldalra fröccsöntött) és hordozómentes textíliákra egyaránt alkalmas legyen az eljárás. A kasírozott textileknél azt a megoldást választották, hogy a hordozóba más mélységű lyukakat égetnek, mint a textilbe, és így a kettő különböző mértékben gyengül meg. A textil hátoldalára fröccsöntött hordozó és a textil közé azonban legtöbbször beépítenek egy köztes fátyolt, amelynek elégeése vagy elpárolgása látható jelet hagy a textil felületén. Ezt csak egy bonyolultabb szoftver alkalmazásával lehetett elkerülni. Ennek segítségével a lyukak száma, távolsága és mélysége egyedileg változtatható. Az újabb eljárás alkalmazásához egy második szenzor alkalmazására is szükség van, a próbák jelenleg folynak. A második esetben, a hordozó nélküli textilt vagy a habbal kombi-

nált textilt külön gyengítik ki, és utána kasírozzák. Ilyenkor nagyon finom nyílásokat égetnek. Egy 50 W teljesítményű CO<sub>2</sub>-lézerrel 30–50 mm/s megmunkálási sebesség érhető el. Ezzel a módszerrel szinte bármilyen textíliát lehet kezelni. Ha a textil túlságosan áttetsző a sugárzás számára, a szenzor elé külön sugárzásgyengítő réteget lehet helyezni. Ez a módszer a lézer új alkalmazását jelenti az autóiparban, és az így kialakított gyengített helyek sokkal biztonságosabbak a korábbi módszerekkel előállítottakhoz képest.

**(Bánhegyiné Dr. Tóth Ágnes)**

Haberstroh, E.; Lützel, R.; Schulte, J.: Schnell und zuverlässig. = Kunststoffe, 92. k. 11. sz. 2002. p. 98–100.

Steinhäuser, F.: Mikroperforation mit Laser. = Kunststoffe, 92. k. 11. sz. 2002. p. 96–97.

## **Röviden...**

### **Profiltisztítás a gyógyszeriparban**

A gyógyszeripar az utóbbi időben folyamatosan leépíti azokat a tevékenységeket, amelyek kívül esnek a szorosan vett gyógyszerfejlesztésen. A szakemberek véleménye szerint az erőket a kutatásra-fejlesztésre kell koncentrálni, és az ezen kívül eső feladatokkal külső cégeket kell megbízni. Ezek közé tartozik a gyógyszerek alkalmazáshoz szükséges segédeszközök tervezése és gyártása. Ilyen irányú szaktudással a műanyag-feldolgozó cégek rendelkeznek. Becslések szerint ez a fajta profiltisztítás a gyógyszergyártók egyharmadát érintheti, mértékét tekintve meghaladhatja a 10%-ot.

A műanyag-feldolgozók elsősorban a különböző légzőszervi betegségek kezeléséhez alkalmazott gyógyászati segédeszközök gyártásában látnak lehetőséget az együttműködésre. Terveik szerint egy célirányos vizsgálólaboratórium alkalmas lenne a különféle gyógyszerformák kipróbálására is. Szakembergárdájukat ebben az esetben gyógyszerfelszívódás vizsgálatában járatos szakemberekkel egészítenék ki.

A gyógyszerek klinikai kipróbálásához általában kisebb, rendszerint 5 ezres mintamennyiséget használnak. A laboratórium vállalná ennek a mennyiségnek a megfelelő eszközbe töltését, amihez természetesen be kell szerezni a szükséges hatósági engedélyeket. A műanyag-feldolgozók számára új kihívás, de egyben biztos piac lehet a gyógyászati segédeszközök gyártása.

*(European Plastics News, 29. k. 11. sz. 2002. dec. p 8.)*

## Új poliésztergyanták szálítatásos profilhúzáshoz, hajóépítéshez, kádakhoz

A Reichhold cég (Durham, N.C. USA) három új poliésztergyantát kínál szálítatásos profilhúzáshoz (pultrúzióhoz) vagy szóráshoz.

A Dion 31066 kis zsugorodású, kevésbé vetemedő pultrúziós poliésztergyanta, amelyből szép felületű szerszámnyeleket, ajtó- és ablakkereteket lehet gyártani. A komponenseket ún. egycsomagos kiserelésben, adagokban forgalmazzák, használat előtt tehát megtakarítható a mérleg használata. Mivel nincs szükség vetemedésgátló adalékra, a gyanta sokkal élénkebb színűre színezhető, térhálósodás közben nem fehéredik ki. A gyantával elérhető a 2,5 m/min profilhúzási sebesség.

A Norpol-506-os sorozatszámú poliészterek kis sztiroltartalmú diciklopentadién alapú gyanták vízi (tengeri) eszközök, hajók gyártásához. A 35%-nál kisebb sztiroltartalom és a csekély zsugorodás következtében az ebből a gyantából készített felületeken kevésbé nyomódnak át az üvegszálak.

A Norpol Non Roll System nevű gyantarendszert előformázott akrilátlemezek hátoldalára szórják fel kádak, zuhanyzófülkék, zuhanyzótalpcák gyártásakor. A speciális adalék révén a gyantának kitűnő a nedvesítőképessége, ezért nincs szükség a felhordott gyantaréteg hengerlésére, legfeljebb a széleknél. Ebben a gyantában is <35% sztirol van, és kb. 12–15% 12–15 mm hosszú vágott üvegszál, továbbá kalcium-karbonát töltőanyagot tartalmaz.

*(Plastics Technology, 48. k. 8. sz. 2002. p. 20.)*

## Szellőző sportcipő

Az Adidas sportszergyártó cég "ClimaCool" márkanévű, szellőző sportcipőit a Bayer cég Elastogran leányvállalata és a cipőtervező közösen fejlesztette ki. A cipő talpába, orrába, a merevítésbe és a talpbetétkébe Elastollanból (termoplasztikus elasztomer, TPU) speciális kiképzésű szellőzőrácsot építettek be. A sportoló lábának vízháztartását az eltávozó nedvesség és a beáramló friss levegő között beálló egyensúly határozza meg.

*(Kunststoffe, 92. k. 9. sz. 2002. p. 58-59.)*