

## Lézer technika a műanyagok megmunkálásában

A lézer technika egyre nagyobb szerepet kap a műanyagok formaadás utáni megmunkálásában; hegesztéshez, vágáshoz, a felület strukturálásához, feliratozásához alkalmazták. Számos iparágban – az elektronikában, az autógyártásban, a csomagolótechnikában, a gyógyászatban és az optikában – része a sorozatgyártásnak. Előnye a rugalmas sugárvezetés, a pontos energiaadagolás, az érintésmentesség, a rendkívül kis – akár nanotartományú – méreteken belüli nagy pontosság.

*Tárgyszavak: lézer technika; hegesztés; vágás; strukturálás; feliratozás; elektronika; mikrorendszerek; autógyártás; csomagolás; orvostechika; új alkalmazási területek.*

A lézer technika egyre nagyobb szerepet kap a műanyagok formaadás utáni megmunkálásában; hegesztéshez, vágáshoz, a felület strukturálásához, módosításához, feliratozásához alkalmazzák. Az egyre magasabb szintű műszaki követelményeket kielégítő nagy teljesítményű műanyagok kifejlesztésével párhuzamosan fejlődnek a lézersugárra alapozott megmunkálási technológiák is, amelyekkel ma már a nanoméretű mintázattal ellátott felülettől a nagy felületű könnyű építőelemek hegesztéséig számos korábban megoldhatatlan vagy csak nagyon nehézkesen megoldható feladatot lehet akár sorozatgyártásban is elvégezni. *Az adott feladathoz mindig a megfelelő sugárforrást kell használni, amelynek hullámhossztartománya az ultraibolyától a távoli infravörösig terjedhet.*

## Lézer technika az elektronikában és a mikrorendszerek gyártásában

Az elektronikában és a mikrorendszerek gyártásában az eddig is alkalmazott eljárások mellett a lézer technikát akkor alkalmazzák, ha nagyon kis méretű struktúrákat kell kialakítani. Ilyenek pl. az áramköri lemezekben kialakítandó furatok, a nyomda-technikában előforduló finom rajzolatok, a bioanalitikában és a mikroanalitikában alkalmazott eszközök komponensei.

A strukturáláskor a lézersugárnak azt a tulajdonságát használják fel, hogy nagy energiát lehet vele nagyon pontosan szabályozva nagyon kis területre átvinni, és ezt az energiát egy nagyon kis vastagságú felületi réteg abszorbeálja. Ennek következtében ebben a rétegben extrém nagy hőmérséklet-gradiens lép fel, és az itt lévő anyag elpáro-

log. Hogy valóban csak a legfelső anyagrétegre terjedjen ki ez a jelenség, a következőket kell figyelembe venni:

- olyan hullámhosszú lézersugárral kell dolgozni, amelyet a megmunkált műanyag jól el tud nyelni,
- a magas hőmérséklet-gradiens érdekében az anyag nem vezetheti el a hőt a mélyebb rétegek felé. Ezt rövid időtartamú pulzusokkal lehet elérni.

*A felsorolt feltételeket – az anyagtól és a feladattól függően – legkönnyebben 157–248 nm közötti hullámhosszú excimer lézerrel vagy 9,4–10,6  $\mu\text{m}$  közötti hullámhosszú  $\text{CO}_2$ -lézerrel lehet teljesíteni. Áramköri lemezek fúrásához, vágásához megháromszorozott frekvenciájú, 355 nm hullámhosszú Nd:YAG-lézert is alkalmaznak.*

Mikrorendszerek gyártásakor gyakran kell  $\mu\text{m}$  méretű furatokat, csatornákat kialakítani mikromennyiségű folyadékok szállításához. Ehhez az excimer lézerek váltak be. Ez a lézertípus kis behatolóképesége és rövid pulzustartama révén a legtöbb műanyagba visszamaradó anyag nélkül munkálja be a kívánt formákat. A lézersugaras megmunkálás előnyei fokozottan érvényesülnek a prototípusok előállításában.

## **Lézertechnika az autógyártásban**

Az autógyártásban a lézertechnikát a vágástól a célzott perforálásig és az elemek összeépítéséig, összeszereléséig számos célra használják. Mivel az autógyártók egyre több részletmunkát adnak ki a beszállítóknak, főképpen az utóbbiak alkalmaznak lézerszerszámokat konfekcionáláshoz, utómegmunkáláshoz, szereléshez.

*Meglehetősen elterjedt a nagyméretű utastéri burkolóelemek – mennyezetborítás, oldalfalak fedőelemei – kivágása lézersugárral, mert az ezeken kialakítandó kisebb áttörések, kivágások és a lyukak szélezése ugyanabban a munkaműveletben végezhető el.*

Nagy segítséget ad a lézertechnika a légszakoknál alkalmazott rejtett perforáció elkészítésében. Pulzáló  $\text{CO}_2$ -lézerrel mikrofuratokat alakítanak ki egy habosított építőelem hátsó felületén úgy, hogy az elülső felületen megmaradjon egy néhány tized mm vastag fedőréteg. Ilyen módon meggyengítik az elemet a perforációs vonal mentén, a perforáció azonban a zsák működésbe lépése előtt láthatatlan marad.

*A hőre lágyuló műanyagok lézeres hegesztése viszonylag új eljárásnak tekinthető, és leginkább az autógyártásban érdeklődnek iránta. Az iparág számára vonzó az energia érintésmentes bevitele az anyagba, a folyamat jó reprodukálhatósága, a hegesztési területtel határos anyagrészek termikus terhelésének és porrészecskék keletkezésének kizárhatósága. Olyan helyeken és célokra használják, ahol az ultrahangos, a vibrációs, a fűtőelemes hegesztés elérte teljesítőképessége határát, pl. mikromechanikai és elektronikus autóalkatrészek gyártásához és szereléséhez.*

A lézeres hegesztés leggyakrabban alkalmazott módja az átlapolásos vagy átsugárzásos hegesztés. Ilyenkor az összeépítendő két elem összehegesztendő felületeit egymásra fektetik, és átvilágítják a lézersugárral. A felső rétegnek „átlátszónak” kell lennie a sugár számára, azaz nem nyelheti el annak energiáját. Az alsó réteg anyaga ezzel szemben elnyeli és hővé alakítja azt (gyakran hőelnyelő adalékok segítségével);

ezáltal megolvad, hővezetés révén a vele érintkező felső réteg egy kis része ugyancsak megolvad, és a két anyag összeheged. Ennek az eljárásnak a segítségével teljesen újszerű autotechnikai megoldások születtek, pl. az elektronikus zár, különféle érzékelők és építőelemek az üzemanyagrendszer számára, amelyekkel tömörebbé lehetett tenni a motorház beépítését.

A *kontúrhegesztésnél* pontszerű lézersugarat vezetnek végig a hegesztési vonal mentén. A *maszkos hegesztésnél* vonalszerű lézersugár halad keresztirányban a maszkkal fedett darab felett, de csak ott tud keresztülhatolni rajta (és a felületeket összehegeszteni), ahol erre megfelelő nyílásokat hagytak. Maszkos hegesztéssel nagyon finom, 100 µm körüli hegesztési varrat vagy finoman strukturált mintázat is kialakítható.

Szívesen alkalmazzák az autógyártásban a *kontúr-* és a *szimultánhegesztést*, mert ezek viszonylag olcsón és szűk helyen is kivitelezhetők diódalézerekkel. Az üvegszálak felhasználása révén az ilyen lézerek könnyen beépíthetők robotokba. A nagy teljesítményű diódalézerek hullámhossztartománya (940–980 nm) jól összeegyeztethető a hőre lágyuló műanyagok optikai tulajdonságaival, ezért különösen alkalmasak hegesztésre. *A lézersugár behatolási mélységét korom adagolásával lehet szabályozni.*

A *kváziszimultán hegesztésnél* galvanométeres tapogató vezeti a lézersugarat igen nagy sebességgel a hegesztési vonal mentén, mégpedig a kis hővezetés miatt folyamatos üzemmódban. Itt 100 W körüli teljesítményű folytonos Nd:YAG lézerrel dolgoznak. Az ilyen lézernek jobb a sugárminősége, emiatt nagyobb gyújtótávolságú optikával is kicsi a sugár hatópontjának átmérője. Kisebb gyújtótávolsággal és kis sugárátmérővel miniatűr elemeken <200 µm-es hegedési varratot lehet elérni.

*Műanyagok hegesztéséhez lézeres berendezéseket* gyárt a svájci **Leister AG** (Sarnen). *Novolas* márkanévű berendezéseinek CNC-elven alapuló vezérlőrendszerét az **Eckelmann AG** (Wiesbaden) fejlesztette ki. A hegesztőberendezés bekapcsolásakor (1. szint) mindig a legutolsó hegesztési program paraméterei jelennek meg a kijelzőn, de a gépkezelő könnyen átállíthatja a gépet bármely más, korábban betáplált hegesztőprogramra. Új programot (és új hegesztővonalat) csak jelszó betáplálása után fogad el a berendezés (2. szint). A 3. szint csak a beállítók és karbantartók számára férhető hozzá.

## Lézertechnika a csomagolóiparban

*A csomagolóiparban a lézertechnikát elsősorban vágásra és feliratozásra használják.*

A vágáshoz CO<sub>2</sub>-lézereket alkalmaznak, mert ezek választékában a folyamatosan sugárzó típusok egészen a kW-os teljesítményig megtalálhatók, és a 10,6 µm-es infravörös sugárzást a legtöbb műanyag tökéletesen elnyeli a felső néhány µm-es rétegben. 9,4 µm hullámhosszú CO<sub>2</sub>-lézert ott használnak, ahol a nagyobb hullámhossz hatására az abszorpció erősen ingadozik. Ilyen pl. a polipropilén vagy az áramköri lapokhoz használt epoxigyanta. Lézeres vágást legtöbbször feltekercselt fólia konfekcionálásakor, címkék kivágásakor végeznek. Hasonló ehhez a perforálás, amelyet a csomag

könnyebb felnyitása érdekében alakítanak ki. Többrétegű fóliát úgy perforálnak, hogy a legbelső réteg ép maradjon, és biztosítsa a csomagolás tömörségét.

Egyre nagyobb tér hódít a *lézeres feliratozás*. Ehhez többféle eljárást dolgoztak ki. Az italok csomagolásán pl. az a módszer terjedt el, hogy CO<sub>2</sub>-lézerrel szelektíven eltávolítják a címkéről a vékony festékréteget a gyártási dátum felírásakor. A kozmetikai cikkek csomagolóeszközeit inkább infravörös Nd:YAG vagy UV-lézerrel feliratozzák.

A lézeres feliratozás terjedését elősegíti, hogy ma már szinte minden árun megtalálható a vállalati logó, a terméknév, a géppel leolvasható vonalkód, a gyártási és a szavatossági idő, gyakran az összetétel és még számos más adat. A dátum miatt naponta változó, nagy vonalsűrűségű felirat – és mindez sokszor hengeres felületre – nagy sebességgel, kíméletes költséggel csak lézersugár segítségével vihető fel. *A lézeres feliratozás helyettesítheti a pecsételést, a prézelést, a gravírozást, a marást vagy a tamponnyomást.*

A nappal és éjszaka egyaránt használt tárgyakat (pl. óraszámplap, sebességmérő lapja) átlátszó műanyagból készítik és sötét lakkal fedik. A számok helyén lézersugárral távolítják el a lakkot. Ahhoz, hogy a műanyag felső rétege ne sérüljön meg, stabil pulzusokkal dolgozó lézer szükséges, és fontosak a mintázat éles körvonalai. Apró elektronikus alkatrészeket, huzaldarabokat már akkor is tudnak lézerrel feliratozni, amikor szállítószalagon az egyik helyről a másikkra küldik őket.

*A lézerfeliratozásnak sokféle változata van. A lakkréteg eltávolításán kívül alkalmazhatnak gravírozó, színváltó, fakító, felhabosító feliratozást.* A nagy sebességgel felvihető, könnyen olvasható felirat érdekében kifejlesztettek olyan adalékokat, amelyek fokozzák a műanyagok érzékenységét a lézersugárra. Vannak műanyagok, amelyek adalék nélkül is könnyen feliratozhatók. Az 1. táblázat különböző műanyagok 1064 nm hullámhosszú lézersugárral szembeni érzékenységét mutatja.

Számos műanyag feliratozható az anyag minimális sérülésével. Átlátszó polikarbonátcsövekre pl. nagyon jól olvasható, kontrasztos felirat vihető fel 1060 nm-es lézersugárral a legfelső felületi réteg elszenesedése révén. Adalékok, töltőanyagok, pigmentek eltolhatják a műanyagok érzékenységi (abszorpciós) tartományát a kisebb hullámhosszak, gyakran a zöld szín 532 nm-es hullámhossza felé. Ez gyorsabb feliratozást tesz lehetővé. 355 nm-es lézersugár hatására már fotokémiai reakciók is lejátszódhatnak. Az utóbbi esetben „hideg jelfelvitel”-ről beszélnek, az 1064 nm-es infravörös lézerfény termokémiai szenesedést okozó jelfelvitelével szemben.

*Feliratozásra alkalmas lézerberendezéseket kínál a **Trumpf GmbH + Co.KG** (Schramberg). Kétféle sorozatának márkanéve *VectorMark compact* és *VectorMark impact*. A berendezések beépíthetők gyártósorba vagy egyedi kezeléssel is működtethetők. Az utóbbiak munkamagassága igazodhat ülő vagy álló testhelyzethez. Gyártának motorral emelt ajtós vagy forgóasztalos változatot. Elszívó és aktív szenes füstelnyelő gondoskodik az előírt 1. munkabiztonsági fokozat betartásáról.*

A feliratot 100 W alatti teljesítményű, több 10 ns időtartamú pulzusokkal dolgozó lézersugár hozza létre. A lézersugarat két tükörből álló optikai rendszer mozgatja x-y irányban. A sugár mozgási sebessége 5 m/s, ezzel másodpercenként több száz jel

vihető fel. A feliratozható felület általában 60x60 vagy 290x290 mm. A legkisebb jel-szélesség 30 µm körül van.

1. táblázat

Műanyagok feliratozhatósága egy 1064 nm hullámhosszúságú szilárdtestlézerrel

| Könnyen feliratozhatók adalék nélkül | Közepes eredmények adalék nélkül; könnyen feliratozhatók megfelelő (színtől függő) adalékkal |                   | Nem, vagy csak speciális adalékkal feliratozhatók |
|--------------------------------------|--|-------------------|---|
| ABS                                  | PS   | PESU              | poliésztergyanta                                  |
| PC                                   | PI   | PEI               | PUR   |
| PSU                                  | PET  | PE                | poliolefinok (PE-HD, PP)                          |
| PBT (üvegszálas is)                  | POM  | PA(üvegszálas is) | PMMA  |
| SAN                                  | PPS  | PVC               | PTFE  |
| PEEK                                 | ASA  | LCP               | szilikonok  |
| karbamid (UF)gyanta                  |  |                   |   |

## Lézertechnika a gyógyászatban

A gyógyászatban a lézertechnikát az *orvosi eszközök és az implantátumok gyártásában hasznosítják*. Ezeknél elengedhetetlen, hogy se mechanikai, se vegyi károsodást ne okozzanak a szervezetben, és ne váltsanak ki allergiás reakciót sem. *Lézeres hegesztéssel hoznak létre varratmentes kötést pl. a katéterek ballonjának a vezetékkel való egyesítésekor, a dializáló szűrők vagy a vizeletgyűjtő tasakok gyártásakor. Ilyenkor meg kell oldani az átlátszó műanyagok hegesztését is, lehetőség szerint a lézersugarat elnyelő adalék nélkül.*

Az implantátumokat jelenleg még ritkán munkálják meg lézersugárral, de a jövőben valószínűleg jobban kihasználják majd ennek formázási lehetőségeit. Szerepe lehet a szervezetben felszívódó biopolimerekből készített különféle támaszok gyártásában, amelyeket a gyógyulás érdekében rövidebb-hosszabb időre építenek be a szervezetbe, de amelyekre a gyógyulás után nincsen szükség. Műtéti eltávolításuk helyett az ilyen polimerek feloldódnak és felszívódnak. Fontos szerepet kaphat a lézertechnika a szemészeti implantátumok gyártásában is.

## Új eljárások és alkalmazási területek

A diódlézerek folyamatos miniatürizálása, a rövid pulzusidejű lézerek továbbfejlesztése a közepes teljesítménytartomány irányába, a nagy ismétlődésszámú és az újabb hullámhosszúságokkal dolgozó lézerek megjelenése új alkalmazási területeket nyit meg a lézertechnika számára. A gyártási paramétereket egyre jobban hozzá lehet

majd illeszteni a műanyagok tulajdonságaihoz, a lézertechnológia pedig egyre gazdaságosabb lesz, és egyre nagyobb szerepet kap a tömegtermelésben.

*A gyufásdoboznál nem nagyobb lézerforrásokat be lehet majd építeni a műanyagok feldolgozószerszámaiba, ahol a formaadás időtartama alatt szimultán elvégzik az utómunkálatokat vagy a szükséges hegesztést.* Ezáltal elkerülhetők lesznek a különböző szerszámokban előállított darabok méreteltéréseiből adódó hegesztési problémák. Ilyen eljárással, egy munkaműveletben készíthetik el pl. egy gépkocsi belső burkolatának külső héját és az azt belülről erősítő bordázatot. A hátulról megtámasztott és lézersugárral hegesztett burkolatok falvastagsága tovább csökkenthető, ami új formák kialakítását teszi majd lehetővé. A lézeres hegesztés megkönnyítheti az egyre népszerűbb átlátszó műanyag ablakok beépítését is a kocsiba.

*A nagy teljesítményű és rövid pulzustartamú sugárforrások és az újabb, 1–2 µm-es hullámhossztartományban dolgozó lézerek a fejlesztés alatt álló, módosított abszorpciós tulajdonságokkal rendelkező műanyagokkal együtt eddig nem ismert új feldolgozási eljárásokat és megmunkálási minőséget eredményezhetnek,* amelyekkel nagyon bonyolult termékeket lehet majd gyártani. Rövid pulzustartamú sugárforrásokkal *multifotonos abszorpciós folyamatok válthatók ki,* amelyek átlátszó folyadékokban vagy szilárd testekben fotokémiai vagy fototermikus reakciókat indíthatnak be. Ezek térhálósodáshoz, a törésmutató változásához vagy más jelenséghez vezethetnek, amelyek felhasználhatók pl. *miniatűr struktúrák létrehozásához. Példa erre a mikro-sztereolitográfiában multifotonos kölcsönhatás révén újszerű optikai hullámvezető képességgel rendelkező fotonos kristályok előállítása.*

A lézersugárnak azt a tulajdonságát, hogy szelektíven és nagyon szűk, meghatározott helyen képes kölcsönhatásba lépni az anyaggal, a *textiliparban is* próbálják hasznosítani. Műszálak felületi kezelésével, a felület megolvasztásával korábban bevitt feszültségeket szüntetik meg. Ezáltal olyan felületi struktúrát hoznak létre, amely a szálát nagyon hasonlóvá teszi a természetes szálakhoz.

A lézersugár – mindenekelőtt a csak néhány µm vastagságba behatoló UV-lézer – nagy fotonenergiája által kiváltott fotokémiai és fotolitikai reakciók a felületen *funkciós csoportokat hozhatnak létre.* Ennek első ipari alkalmazása a biotechnológiában valósult meg. Itt egy bioanalitikai polimercsipsz meghatározott területét UV-lézerrel kezelték, aminek hatására a kezelt helyen megváltozott a polimerfelület nedvesíthetősége. A beavatkozás lehetővé tette fehérjék helyszelektív megkötését, ill. sejtek növekedési irányának meghatározását.

Polimerek UV- és rövid pulzustartamú lézerekkel végzett mikro- és nanostrukturalása lehetővé teszi mikroreplikák és szelektív műanyag bevonatok előállítását.

Összeállította: Pál Károlyné

Gillner, A.: Polymerbearbeitung mit dem Laserstrahl. = Kunststoffe, 96. k. 1. sz. 2006. p. 89–94.

Hofmann, M.: Für feinste Schweißnähte. = Kunststoffe, 96. k. 1. sz. 2006. p. 95–97.

Angstenberger, B.: Kunststoffe beschriften? Mit Laser! = Kunststoffe, 96. k. 1. sz. 2006. p. 98–100.

## Röviden...

### **Biológiailag lebomló műanyagok: kis piac gyors növekedéssel**

A **BASF** szakemberei azzal számolnak, hogy a biológiailag lebomló műanyagok ma még kisméretű piaca világszerte *évente 20%-kal fog bővülni*. A cég termékválasztékát egy teljesen lebomló típussal bővítette: az *Ecovio* 45% PLA-ból (politejsav) és a már ismert, petrokémiai bázisú, de ugyancsak lebomló *Ecoflex*-ből tevődik össze. Az *Ecovio* 2006 második félévében már kereskedelmi termék Európában.

Az *Ecovio LBX 8145* típusból további adalékolás nélkül fóliákat lehet előállítani. Az *Ecovio L* jelű granulátum pedig keverékek készítésére alkalmas, *Ecoflex* vagy *PLA* bekeverésével lágyabb vagy merevebb tulajdonságú fóliákat lehet előállítani. A feldolgozó ezekből a komponensekből fröccsönthető és mélyhúzható keverékeket is előállíthat.

A német **BIOP Biopolymer Technologies** cég Schwarzheide-ben jelentős mértékben bővíti biopolimer-gyártó kapacitását. Jelenleg évi 9000 tonna burgonyakeményítő alapú terméket gyárt, ezt növeli mintegy kétszeresére 2007 közepéig. A *Biopar* termékcsalád *Ecoflex*-et is tartalmaz

A **Mazda** elindított egy munkát, amely az autók belsőtéri alkatrészeihez eddig használt, különböző típusú PP-k alternatív anyagaiként a biológiailag lebomló anyagokat vizsgálja. Az új bioműanyag 88% PLA-ból és 12% petrokémiai bázisú polimerből épül fel, és ütésállósága háromszor, hőállósága 25%-kal nagyobb, mint a már ismert bioműanyagoké, de merevebb, mint a PP.

O. S.

GAK Gummi Fasern Kunststoffe, 59. k. 1. sz. 2006. p. 11–12.

European Plastics News, 33. k. 6. sz. 2006. p. 7.

European Plastics News, 33. k. 6. sz. 2006. p. 8.