

## Műanyagok hegesztése lézersugárral

*Tárgyszavak: alapelvek; alkalmas lézerek és műanyagok; színek hatása; előnyök; gyártók; berendezések; gépkocsigyártás; reflektortisztító; polipropilén; lézeres hegesztés.*

Előrejelzések szerint rövid időn belül a műanyagok hegesztésének 10%-át lézersugárral fogják végezni. Ezt az eljárást már ma is alkalmazzák az orvostechikában, az autógyártásban, az elektronikában és a háztartási gépek előállításában. Jelenleg az a folyamat figyelhető meg, hogy a laboratóriumi kísérleti lézeres hegesztőberendezések helyett egyre inkább az ipari tömegtermelést szolgáló berendezések jelennek meg a gyártók kínálatában.

A következőkben bemutatjuk a lézeres hegesztés alapelveit, majd egy autóiipari példát ismertetünk ennek a technológiának az alkalmazására.

### A lézeres hegesztés alapelvei

Lézeres hegesztéskor legtöbbször az ún. *átlapoló hegesztést* alkalmaznak. A lézeres hegesztés előfeltétele, hogy a hegesztendő darabok különböző mértékben legyenek átjárhatóak a lézersugár számára. A felső, „átlátszó” darabon áthatoló sugár az alsó darab felületi rétegében elnyelődik, a besugárzott helyeken felmelegíti és megömleszti a polimert, az ömledék pedig a vele érintkező másik polimert. A két műanyagfelület összeheged. Mivel a megolvadt polimer mennyisége kevés, a két darab közötti résznek nagyon kicsinek kell lennie (azaz a darabokat kis túréssal kell gyártani és pozicionálásukat nagy pontossággal kell elvégezni), hogy az ömledék kitölthesse azt. A fűtőelemes, vibrációs vagy ultrahangos hegesztéshez képest nagyon kis térfogatú és csak a legfelső 10–100 µm-es rétegre kiterjedő ömledéknek köszönhető, hogy a hegesztés nagyon tiszta, nem keletkezik durva hegesztési varrat, és a külső felületen sem beszívódás, sem másféle optikai nyom nem észlelhető. Ha a leggyakoribb kontúrhegesztéskor 1–2 mm széles hegesztési varratot terveznek, maximálisan 100 µm-es, ennél keskenyebb hegesztési varrat igényekor arányosan szűkebb rész engedhető meg az összehegesztendő felületek között.

## Felhasználható lézerek és műanyagok

A hegesztéshez használt lézerek hullámhossza a látható fény hullámhosszán kívül, a közeli infravörös tartományba esik (808, 940 vagy 1064 nm). Ezek közül kell a hegesztendő darabok abszorpciós spektrumának legjobban megfelelő lézert kiválasztani. Az abszorpciós spektrum erősen befolyásolható a polimerbe kevert pigmenttel. *A szín erősen hat a hegesztésre, amely általában a következő színpárok során egyre nehezebben végezhető el (az első színen áthatol, a másodikban elnyelődik a lézersugár):*

*átlátszó/fekete → fekete/fekete → színes/fekete → 1. szín/2. szín →  
1. szín/1. szín → átlátszó/átlátszó → fehér/fehér*

Majdnem valamennyi hőre lágyuló műanyag és hőre lágyuló elasztomer hegeszthető lézersugárral, gyakran akkor is, ha 30%-nál nem több üvegszálat tartalmaz. Különböző polimerek is összehegeszthetők, ha ömledékük elegendik egymással (a két polimer kompatibilis).

Az optimális lézersugár kiválasztásakor a pigmenten kívül figyelembe kell venni a hegesztési varrat kívánt szélességét is. Ha ez vékonyabb, mint 1 mm, és pásztázófejjel dolgoznak (ilyenkor általában síkfelületen végzik a hegesztést), Nd:YAG-lézert célszerű használni. Szélesebb varrathoz és görbült felületekhez vagy pontszerű hegesztéshez alkalmasabbak a diódalézerek.

## A lézeres hegesztés előnyei

*A ipari lézeres hegesztések háromnegyedét 50 W körüli teljesítménnyel végzik, néhány másodperces ütemidővel, de gyakori az 1 s-on belüli hegesztési idő is. Az eljárásnak számos előnye van a ragasztással, az ultrahangos, vibrációs vagy fűtőelemes hegesztéssel szemben. Ezek közül ki lehet emelni a jó minőséget, a rugalmasságot és a kötések megbízhatóságát. A hegesztés alatt nem képződnek mikrorészecskék. A polimer megolvasztáshoz szükséges energiát csak a hegesztendő felületben nyelik el, ezért zárt, tömör formadarábok is összehegeszthetők, és a hegesztési varratot hőérzékeny elemek közvetlen közelében is ki lehet alakítani. Az olvadék nem jut ki a felületre, ezért nem változtatja meg a darab eredeti méreteit.*

*A lézersugár a legrugalmasabb feldolgozószerszám, amely tetszés szerinti vonal mentén vezethető, és rövid idő alatt teljesen új formák létrehozására alkalmas. Mivel érintésmentesen dolgozik, nem kopik el. Hegesztés előtt a hegesztendő darabok semmiféle előkezelést nem igényelnek. Tapasztalatok szerint lézeres hegesztéskor a selejt csak töredéke a más eljárásoknál kapott hibás kötéseknek.*

## Lézeres hegesztőberendezések

A lézeres berendezéseket gyártó **Rofin/Baasel Lasertech** és a színezékkoncentrátumokat előállító **Treffert** cég közösen fejlesztette a különböző színű műanyagpárok hegesztésére alkalmas hegesztőberendezéseket és hegesztési technológiákat. Ennek eredménye a Rofin/Basel cég (Starnberg, Németország) „*StarWeld Diode*” nevű termékcsaládja, amely 808 és 940 nm hullámhosszú diódalézert és 1064 nm hullámhosszú Nd:YAG lézert tartalmaz. Teljesítményük 150 W-ig terjed, ami bőségesen elég bármilyen ipari alkalmazáshoz. A berendezések rögzített optikával és pásztázófejjel is működhetnek. A berendezések *HQ* (high quality) típusa a legszigorúbb igényeket kielégítő lézersugárral dolgozik; a *HP* típusú berendezések jellemzője a nagy hegesztési sebesség. Pásztázófej vagy pirométer alkalmazásakor a minőségellenőrzést folyadék-kristályos képernyő segíti.

## Polipropilén gépkocsialkatrészek nyommentes összehegesztése lézersugárral

Az újabb gépkocsik belső terében és külső részén is többféle PP-ből készített elemeket alkalmaznak, amelyeket nem azonos PP-típusból gyártanak, és amelyeket megbízhatóan és esztétikusan össze kell építeni egymással. A *Volkswagen Touareg* típusú gépkocsin a lökhárító fedőburkolatának mindkét oldalára egy-egy *reflektortisztító* eszközt terveztek, amelyet a burkolat belső oldalán, a felfüggesztő szerkezet fedelére erősített keret segítségével rögzítenek. *A burkolat A osztályú külső felületén a rögzítésnek semmiféle nyoma nem jelenhet meg.* A töltött polipropilénből készített elemek összeépítéséhez szóba jöhetne a vibrációs vagy az ultrahangos hegesztés, a szegecseles, a ragasztás és a lézersugaras hegesztés. Az utolsó két eljárással elkerülhető a kötési nyom a külső felületen. A ragasztást azonban nem találták gazdaságosnak a tervezők. Ezért a lézeres hegesztés, ezen belül a kontúrhegesztés mellett döntöttek, mert ezzel a technológiával viszik be a legkevesebb hőt az anyagba, és a folyamat jól szabályozható. Mivel műanyagok lézeres hegesztését eddig sorozatgyártásban nem alkalmazták, ki kellett fejleszteni a megfelelő technológiát és ennek alkalmazását a nagyméretű alkatrészekben.

## Az eljárás és az alapanyagok optimalizálása

A hegesztési technológiát a **Prolas Produktionslaser GmbH** (Würselen) dolgozta ki. Az előkísérletekhez egy ütközők gyártásához használt PP-T-10 típusú, lézersugarat elnyelő PP-t és az A. Schulmann cég lézersugarat átvezető, fekete színű Polyfort FPP 20 GFC SHH jelű polipropilénjét alkalmazták. Az előbbiből 3,2 mm, az utóbbiból 1,6 mm vastag próbatesteket fröccsöntöttek. Az átlapolással összehegesztett próbatesteken húzóvizsgálatokat vé-

gezték. Meghatározták azokat a hegesztési paramétereket, amelyekkel nagy hegesztési szilárdságot értek el beszívódási nyomok nélkül.

Mivel a kiválasztott anyagpárral csak nagyon szűk feldolgozási tartományban kaptak jó eredményeket, a töltött PP-keveréket alacsonyabb hőmérsékleten – 165 °C-on – olvadó polimerrel készítették el. Ezzel jobb hőátadást és jobb réskitöltést értek el.

A cégnél kifejlesztett *Weldcontrol* nevű berendezéssel hegesztés közben *mérik a hegesztendő részben a hőszugárzást és az anyagra ható lézerteljesítményt.* A mért értékeket a berendezés összehasonlítja az előírt értékekkel, és eltérés esetén a szabályozóegység elvégzi a szükséges módosításokat. Ilyen körülmények között *már 50 W-nál kisebb teljesítménnyel is megfelelő szilárdságú hegesztéseket tudtak készíteni.*

## **Lézeres hegesztés a sorozatgyártásban**

Az előkísérletek alapján elkészítették a gépkocsigyártáshoz alkalmas hegesztőkészüléket. A berendezést védőkamrába építették, amelyet lézercsapdával láttak el.

A lökhárító burkolatán lekerekített sarkú négyszög alakú nyílást vágnak ki. A burkolatot a hegesztőberendezés megfelelő alakú tartószerkezetébe fektetik, és a kivágott nyílás alatt található kis pneumatikus hengerre ráhelyezik a tisztítóeszköz tartókeretét, amely a lézersugár számára átjárható. A két pneumatikus henger oldalirányban elmozdítható, ezáltal a reflektortisztító eszközök nagy pontossággal kerülnek a szükséges helyre.

*Miközben összehegesztik a tartókeretet a felfüggesztő szerkezet fedelével, a hegesztőkészülék érzékelőrendszere felismeri a két darabon a hegesztési útvonalra eső kidobók nyomát, és ezeken a pontokon is biztonságos kötést hoz létre. Az előírt hőmérséklet- és teljesítményértéktől való eltérést a berendezés jelzi, és automatikusan kidobja a gyártósorról a selejtes alkatrészt.*

A lézeres hegesztés révén sikerült az alkatrészeket úgy összeépíteni, hogy azok a legszigorúbb mechanikai és optikai igényeket is kielégítik. *A hegesztés költségei hasonlóak más kötési eljárások költségeihez.* A Volkswagen Touareg gépkocsit már sorozatban gyártják, és a kifejlesztett lézeres hegesztést a jövőben más gépkocsitípusok gyártásába is bevezethetik.

**Pál Károlyné**

Tormen, A.: Laserschweissen von Kunststoffen. = Technische Rundschau, 96. k. 4. sz. 2004. febr. 4. p. 20–22.

Stier, Th.; Pösentrup, R. stb.: Polypropylen-Bauteile verbinden. = Kunststoffe, 93. k. 12. sz. 2003. p. 74–76.