

Lézeres felületkezelés a műanyag-feldolgozásban

A lézerrel működő berendezések és technológiák ma már sokoldalú felhasználást tesznek lehetővé. A műanyagfelületek feliratozása már nagyon elterjedt, de a lehetőségek még nincsenek kihasználva. A lézeres polírozás a szerszámfelületek megmunkálásához előnyös. Fröccsöntött kapcsolószerkezetek (MID) gyártásához speciális kompaund kifejlesztése segíti a lézer még hatékonyabb alkalmazását.

Tárgyszavak: lézer; feliratozás; pigment; polírozás; MID technológia; kompaund; polipropilén.

Lézermarkírozás

Mára a lézer az egyik legfontosabb feliratozó eszközzé vált az iparban. Az 1064 nm-s infravörös, az 532 nm-s zöld és a 355 nm-s ultraibolya (UV) sugárzás jól használható fémek, műanyagok és kerámiák felületének jelölésére (markírozás). Mindenféle számok, betűk és grafikák könnyen felvihetők – nagy nyomtatási sűrűséggel, különböző méretekben és sorozatnagyságok mellett. A módszer gyors, rövid az érintkezési idő, többnyire nincs szükség elő- és utókezelési lépésekre, könnyen integrálható az automatizált gyártásba. Az eredmény reprodukálható, a felirat nem öregszik és kopásálló. A műanyag-feliratozás terén sincsenek még a lehetőségek teljes mértékben kihasználva. A modern frekvenciakétszerezők és -háromszorozók, az újfajta anyag- és technológiakombinációk még sok újabb megoldást kínálnak.

A műanyagok markírozását rendszerint rövid pulzusú (ún. q-switch vagy gütegeschaltet) szilárdtest- vagy üvegszálalás lézerrel végzik, ahol egy ideig „összegyűjtik” a fényt, majd egyetlen rövid, de igen nagy teljesítményű „csomag” formájában juttatják el a felületre. A tipikus teljesítmény 100 W alatti, a pulzus időtartalma 10–100 ns. Az impulzusfrekvencia maximum 120 kHz, bár az optikai szálalás lézernél 1 MHz-ig is nőhet. Ezzel a fény-anyag kölcsönhatás pontosan szabályozható. Az impulzus rövid időtartama miatt a lokális teljesítmény 10 kW is lehet, miközben az átlagos teljesítmény 10 W körül marad. A lézert általában diódával táplálják (pumpálják), jó hatásfokkal működik, a fény jól fókuszálható, ezért vékony feliratok készítésére is alkalmas. A diódával pumpált szilárdtestlézereknél a fókuszált fénysugár átmérője a felületen kb. 30 µm, ami kis felületek finom feliratozását is lehetővé teszi.

Szabályozott elnyelés

A műanyagok jelölésénél többnyire a közeli infravörös (NIR) tartományban sugárzó lézereket használnak, de vannak zöld, sőt UV hullámhosszú lézerek is, amelyek

új lehetőségeket nyitnak a felület markírozására. Az UV-sugárzás lehetővé teszi, hogy a sugárzás közvetlenül a műanyag-alapanyaggal lépjen kölcsönhatásba anélkül, hogy felhevítené és degradálná környezetét. Az érzékeny anyagú, égésgátlót tartalmazó vagy érzékeny eszközöket burkoló műanyagok esetében az UV-lézer finom, kontrasztos markírozást tesz lehetővé, gyorsan és anélkül, hogy a felületminőséget negatívan befolyásolná.

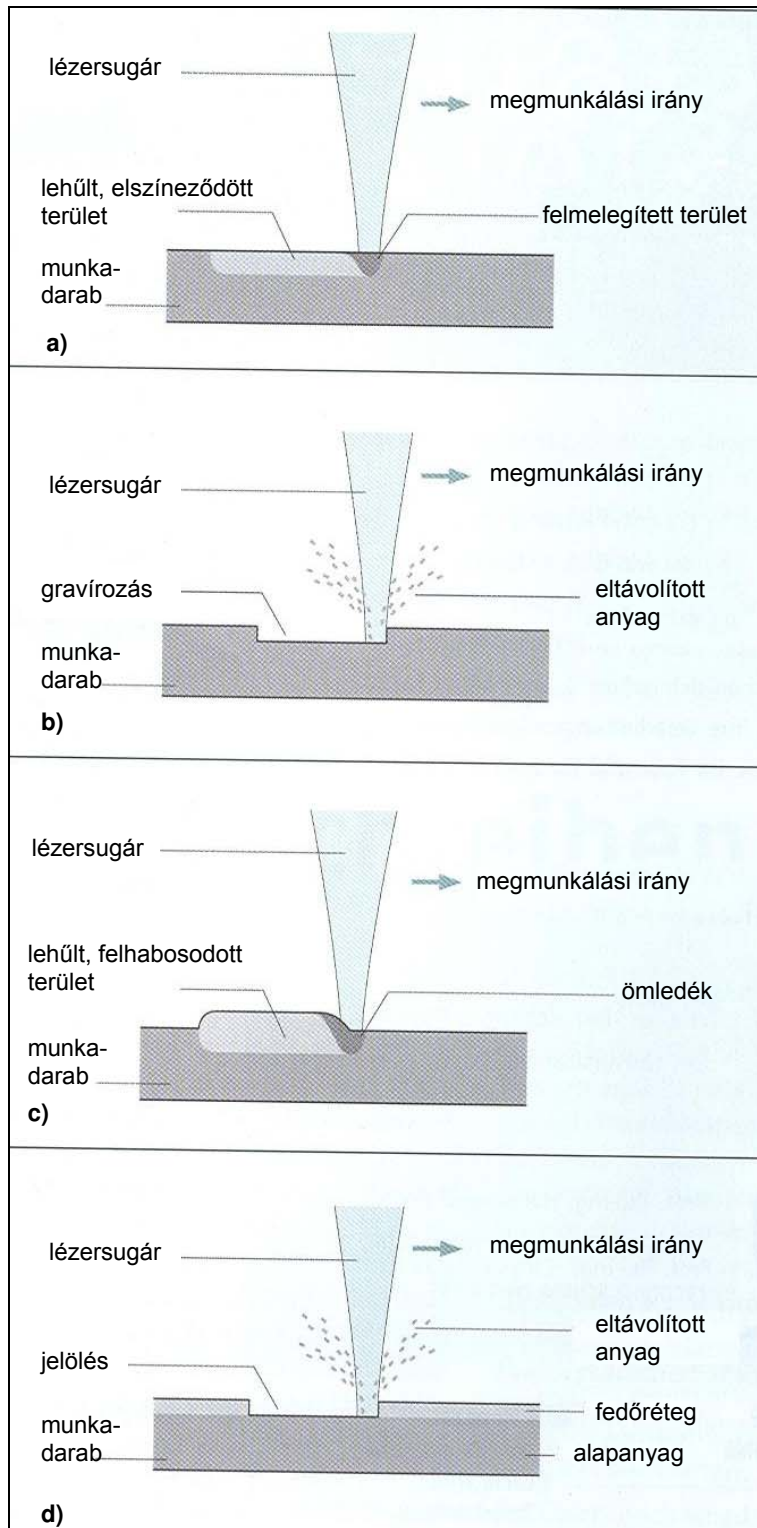
Ahhoz, hogy a lézersugárzás használható legyen a felület jelölésére, annak jó hatásfokkal el kell nyelődnie. A polimerlánc általában csak az UV vagy a távoli IR (FIR) azaz a 10 µm-nél nagyobb hullámhosszú sugárzást nyeli el. A köztes tartományban (ahol a legtöbb lézer működik) *pigmentek, festékmolekulák vagy egyéb töltőanyagok alkalmazásával kell szelektíven megnövelni az elnyelést.* Ezek az anyagok gyors és kontrasztos megmunkálását teszik lehetővé. Egyes ipari műanyagok esetében, mint amilyen a polietilén (PE), a poli(oxi-metilén) (POM) vagy a poliuretánok (PUR) gyenge kontrasztosság alakul ki, ezért ezekben csak adalékok segítségével alakítható ki gyors, tartós, jó minőségű feliratozás.

A lézermarkírozás módszerei

A lézermarkírozásnak négy alapvető módja van, amelyeket az *1. ábrán* vázolunk. Az elszíneződéskor a felület alatti réteg színe változik meg (elszenesedik). Ez használható pl. sorozat- vagy gyártási számok felvitelére olyan sorozattermékekhez, mint a kozmetikumok, és a megfelelő speciális színeződés előállítása védelmet jelent az illegális másolatokkal szemben is. A gravírozás során az anyag megolvad és elpárolog – ezt elektronikai berendezéseknél alkalmazzák szívesen. A felületi habosításkor a lézerkezelés a felület struktúráját változtatja meg, és nem besüllyedő, hanem kiemelkedő jelölést biztosít. A lézeres felületi lebontás (abláció) egy felületi réteget távolít el. Előnye, hogy nagy kontrasztosság érhető el. Ezt zömmel éjjel/nappal használt kijelzőkön szokták alkalmazni, ahol a lézeres kezelés csak a felületet károsíthatja, az alaplakkot vagy az alapanyagot nem, ezért nagyon jól reprodukálható pulzusteljesítményű lézerre van szükség. A jó fókuszálhatóság is alapkövetelmény, hogy a felirat kontrasztos és kitapintható legyen. Azt, hogy melyik módszer a legalkalmasabb, a termék, az alkalmazott műanyag, az alkalmazott fény hullámhossza és a felirattal szembeni követelmények együtt határozzák meg. Sötét anyagok esetében a habosítás jön számításba 1064 nm hullámhosszon. A hőre keményedő anyagokat és az elasztomereket rendszerint gravírozással jelölik. A lézeres markírozás a felhasználóval való csekély együttműködéssel beépíthető az automatizált gyártásba.

MID – vezető struktúrák előállítás lézerfényel

A MID (molded interconnected device) technológia, amelynek segítségével *fröccsöntött kapcsolószerkezetek* állíthatók elő, már világszerte elterjedt, de nap, mint nap újítások is napvilágot látnak. A **Putsch Kunststoff** kompaundáló cégnél egy olyan új, PP alapú alapanyagot fejlesztettek ki, amellyel az eddiginél egyszerűbben állíthatók



1. ábra Műanyagok lézermarkírozásának négy különböző módja
 a) elszínezés (pl. kozmetikai csomagolás PE-ből),
 b) gravírozás (pl. elektronika, epoxigyanta nyomtatott áramkör),
 c) habosítás (pl. autóiipar, gyújtáselosztó fedél POM-ból),
 d) felületi lebontás (abláció) (pl. autóiipar, világító fordulatszám-mérő skálája)

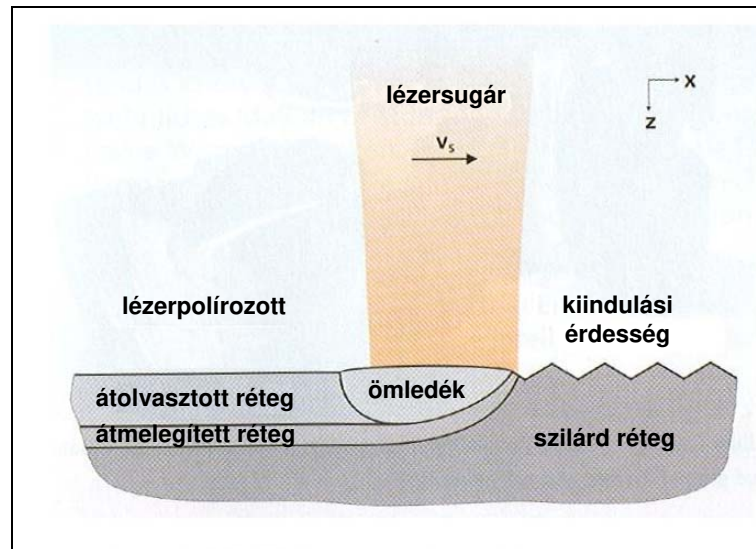
elő MID szerkezetek. Az innováció lényege az, hogy a szénalapú vezető komponens már eleve benne van az anyagban, ezért elmarad az eddigi technológiában megszokott fémréteg felhordása, és a *késztermék mindössze két lépésben előállítható*. Az első lépés egy egyszerű egykomponensű fröccsöntés, a második lépésben pedig a lézeres kezelés hatására a vezető komponens a felületre kerül, és így jön létre a szükséges vezető hálózat. Az így létrehozott vezető sávok ellenállása a $k\Omega$ nagyságrendbe esik, de a fényintenzitásnak növelésével nő a vezetőképesség is. A vezető és nem vezető területek között éles határfelület van, és olyan hőmérsékleteken, ahol a PP használható, a határfelület hosszú ideig stabil is marad. A vezető sávok nem érzékenyek a mechanikai hatásra vagy karcolásra. A *fémmentes MID technológia* kialakítására egy külön spin-off céget hoztak létre, a **PP-MID** céget (www.pp-mid.de), amely lézeres cégekkel és egyetemi tanszékekkel működik együtt. Késztermék és granulátumminták ettől a cégtől rendelhetők. A PP kompaundokból kialakított nyomtatott áramkörök szórakoztató elektronikai és telekommunikációs berendezésekben lesznek felhasználhatók, pl. billentyűzetfóliákban, kapcsolókban, potenciálkiegyenlítőkből és árnyékolásokban. Fejlesztés alatt állnak nemcsak fröccskompaundok, hanem fóliagyártásra felhasználható keverékek, valamint olyan, nagyobb vezetőképességű kompaundok, amelyek lehetővé tennék a platina és integrált áramkörös kapcsolók kiváltását.

Polírozás lézerrel

A tárgyak felületét a funkciónak megfelelően kell kialakítani. Figyelembe kell venni a felület tapintását, az optikai benyomást, a kopásállóságot, a csúszási jellemzőket és a biokompatibilitást – attól függően, hogy mire fogják használni a tárgyat. Ezek közül sokat befolyásol a *felület érdessége*. Az iparban a felület durvaságát különböző, egymást követő köszörülési és polírozási eljárásokkal csökkentik, amelyeket váltott szerszámokkal kell elvégezni, és minden egyes munkamenet között meg kell tisztítani a felületet az eltávolított anyagtól. E feladatok jó részét ma is manuálisan kell elvégezni, mert nem jól automatizálhatók. A polírozásra tipikus példa a fröccsszerszámok belső felületének polírozása. A manuális módszernél mindig fennáll a veszély, hogy a hosszú időn át készült, drága szerszám megsérül. A manuális polírozás lassú is, a $10\text{--}30\text{ min/cm}^2$ időigénynél gyorsabban nem nagyon lehet elérni. Érthető tehát, hogy *az iparban nagy igény van az 3D felületek automatizált polírozására*. Erre kínál lehetőséget a *lézeres polírozás*, amelynek elvét a 2. ábra mutatja be. A lézerpolírozás során érintkezés és koptató hatás nélkül a lézersugár felolvaszt egy nagyon vékony felületi réteget. A felületi feszültség hatására a felületi egyenetlenségek kiegyenlítődnek a megolvadt zónában. Ez a működési elv teljesen különbözik az eddigi polírozástól. Tekintettel arra, hogy a megolvasztott térfogat igen kicsi, kb. $0,005\text{ mm}^3$ nagyságrendű, igen komoly műszaki nehézségeket kell leküzdeni.

A fémek lézeres polírozására kétféle módszert használnak. Az ún. makropolírozás során $40\text{--}80\ \mu\text{m}$ vastagságban megolvasztják a felszínt. Ez durva egyenetlenségek eltávolítására alkalmas, a módszer sebessége tipikusan $1\text{--}3\text{ min/cm}^2$. A mikropolírozásnál pulzáló lézersugárással csökkentik tovább a felület érdességét.

Itt az olvasztási mélység néhány μm , ezért a durvább szerkezetek változatlanok maradnak. A feldolgozás sebessége $3\text{-}10\text{ min/cm}^2$. Az esztergált felület $250\text{ }\mu\text{m-s}$ távolságra fekvő barázdáihoz képest a lézerpolírozott felületen sokkal finomabb, $20\text{ }\mu\text{m-s}$ távolságban elhelyezkedő mintázat látható – de ez már csak mikroszkóppal, mert az emberi szem már nem tudja felbontani. Sima felületen az $R_a = 5\text{ }\mu\text{m-s}$ felületi érdességet lézeres polírozással $0,1\text{ }\mu\text{m-re}$ lehet csökkenteni. Ez a legtöbb célra elég, de ha szükséges, rövid manuális utókezeléssel az R_a érték $0,05\text{ }\mu\text{m}$ alá csökkenthető.



2. ábra Fémfelületek lézeres polírozásának alapelve

Lézeres polírozás 3D felületeken

A sima felületekhez képest a 3D felületek lézerpolírozása jóval nehezebb feladat, de ez is megoldható egy öttengelyű megmunkáló állomás segítségével. Jelenleg egy – több cég által kifejlesztett – munkaállomás próbaüzemét végzik, de egyelőre csak az egyszerűbb 3D felületek megmunkálása tekinthető megoldottnak. A lézersugár programozása jelenleg manuálisan zajlik, de már folyik a CAM rendszerekkel történő integráció is. Tekintettel azonban arra, hogy a lézerpolírozás bevezetése a szerszámgyártásba jelentősen csökkentené a gyártási időt, várható, hogy a felmerülő műszaki problémákat hamarosan megoldják.

A lézerpolírozás olyan megoldásokat is lehetővé tesz, amelyek a hagyományos polírozással nem érhetők el, pl. egy felületen éles határokkal kombinálni lehet a strukturált felületeket a fémfényű felületekkel, sőt arra is lehetőség nyílik, hogy a finom polírozást strukturált felületen végrehajtva a strukturált felület is fényes legyen anélkül, hogy strukturáltsága megszűnjön.

Összeállította: Dr. Bánhegyi György
www.polygon-consulting.ini.hu

Faisst, B.: Schreiben mit Licht = Kunststoffe, 99. k. 6. sz. 2009. p. 66–69.
 Laser erzeugt leitfähige Strukturen = Kunststoffe, 99. k. 6. sz. 2009. p. 70.
 Willenborg, E.: Polieren mit Laserstrahlung = Kunststoffe, 97. k. 6. sz. 2007. p. 63–66.

MŰANYAG ÉS GUMI
a Gépipari Tudományos Egyesület, a Magyar Kémikusok Egyesülete és a magyar műanyag- és gumiipari vállalatok havi műszaki folyóirata
2009. november: csomagolástechnika
<p><i>Buzási L-né.: A műanyag csomagolóanyag-gyártás helyzete Magyarországon</i> <i>Bocskor I.: Sanner csoport – Harmóniában a környezettel</i> <i>Dr. Macskási L.: A csomagolástechnikai DuPont díjak győztesei</i> <i>Dr. Lehoczki L.: Műanyag kupakok és záróelemek piaci helyzete</i> <i>Kiss R. : Egy ígéretes alternatíva – hagyományos műanyag helyett biopolimer</i> <i>Balázs I.: Dolgozni csak pontosan és szépen –és ahogy a jogszabályok megkövetelik</i> <i>Toroczky K.: PET az italcsomagolásban</i> <i>Egyesületi hírek; gumiipari hírek; hírek; iparjogvédelmi hírek; kiállítások, konferenciák; műanyagipari hírek; műanyagipari újdonságok; zöld szemmel a nagyvilágban.</i></p>
2009. december: műanyagipari oktatás és kutatás a felsőoktatásban
<p><i>Dr. Menyhárd A., dr. Moczó J., dr. Pukánszky B.: A BME Műanyag- és Gumiipari Laboratóriumának tevékenysége</i> <i>Gábor Á., Faludi G. és tsai: Mikromechanikai deformációs folyamatok politejsav alapú biokompozitokban</i> <i>Dr. Marosi Gy.: Gyógyszer- Környezet- és Biztonságtechnológiai Anyagok Kutatócsoport a BME Szerves Kémiai és Technológia Tanszéken</i> <i>Nagy Zs., Patyi G. és tsai: A kompozitoktól a nanogyógyszerekig</i> <i>Dr. Nagy M., dr. Zsuga M., dr. Kéki S.: A Debreceni Egyetem Alkalmazott Kémiai Tanszékének tevékenysége</i> <i>Dr. Kuki Á., dr. Nagy L. és tsai: Atmoszférikus nyomású fotoionizációs tömegspektrometria (APPI-MS) alkalmazása apoláros polimerekre</i> <i>Dr. Iván B.: Polimer kémia és –technológia oktatási blokk az Eötvös Loránd Tud.egyetem Kémiai Intézetében</i> <i>Dr. Szabó S., dr. Iván B. és tsai: Poli(N,N-dimetil-akrilamid)-l-poli(dimetil-sziloxán) amfifil polimer kotérhálóok</i> <i>Dr. Bartha L., dr. Miskolczi N. és tsai: Műanyagok, kompozitok és gumitermékek vizsgálata, fejlesztése, tulajdonságjavítása a Pannon Egyetemen</i> <i>Varga Cs., dr. Miskolczi N. és tsai: Kapcsoló ágenssel módosított szénszállal erősített polikarbonát kompozitok mechanikai tulajdonságai</i> <i>Dr. Czigány T., Deák T. és tsai: Hibridkompozitok – áttekintés</i> <i>Dr. Belina K., Szűcs A.: Bemutatkozik a Kecskeméti Főiskola Fém- és Műanyag-feldolgozó Techn. Tsz.-nek Műanyag és Gumitechnológiai Szakcsoportja</i> <i>Szűcs A., dr. Belina K.: Reológiai jellemzők meghatározása műszerezett fröccsöntő szerszámmal</i> <i>Dr. Marossy K.: Bemutatkozik a Miskolci Egyetem Polimermérnöki Tanszéke</i> <i>Kun É.: Ezüst- és óntartalmú biocidok hatása a kemény PVC mikrobiológiai, mechanikai és optikai tulajdonságaira</i> <i>Dr. Kalácska G.: Polimerek oktatása és kutatása a Szent István Egyetem Gépészmérnöki Karán</i> <i>Renner T., dr. Pék L.: Természetes és szintetikus kaucsukkeverékek szilárdsági tulajdonságainak összehasonlítása</i> <i>Gumiipari hírek; iparjogvédelmi hírek.</i></p>
Szerkesztőség: 1371 Budapest, Pf. 433. Telefon: +36 1 201-7818, 201-7580 Fax: +36 1 202-0252