

## Műanyag alkatrészek összeerősítési módszerei

A műanyag-feldolgozásban egyre gyakrabban van igény a műanyag alkatrészek összerelésére. Ennek számos technológiája ismert, az optimális megoldás kiválasztása azonban nem könnyű feladat. Leggyakrabban különböző hegesztési módszereket alkalmaznak.

*Tárgyszavak: összeszerelés; hegesztés; ragasztás; szegecselés; hidegalakítás; csavarozás; betétezés; poliamid; ABS; poliolefinok; PVC; polikarbonát.*

A klasszikus műanyag-feldolgozási technológiák alkalmazása mellett egyre gyakoribb, hogy a feldolgozóknak a műanyag alkatrészeket össze is kell szerelniük. Erre számos módszer áll rendelkezésükre, az optimális megoldás kiválasztása azonban nem könnyű feladat. Ugyanakkor gyakran az egész projekt sikeressége – mind műszaki, mind gazdaságossági szempontból – erősen függ az összeszerelési technika helyes megválasztásától és kivitelezésétől.

Az összeszerelési technológia kiválasztásakor számos szempontot kell mérlegelni. Ezek közül az alábbiak a legfontosabbak:

- az alkatrészek anyaga (beleértve az esetleges belső komponenseket is), ugyanis egyes anyagok nem, vagy csak nehezen erősíthetők össze egy adott technológiával; így pl. térhálós anyagok általában nem hegeszthetők, a gumiszerűen rugalmas anyagok (pl. TPR) egyáltalán nem, a poliolefinok pedig csak bizonyos esetekben hegeszthetők ultrahanggal,
- az alkatrészek geometriája (méretei, tagoltsága, szimmetriája); például nagyméretű termékek nem, vagy csak többszörös kötésekkel hegeszthetők ultrahanggal, hosszú, megtámasztás nélküli falak nemigen hegeszthetők vibrációs módszerrel. Dörzshegesztéssel csak forgástest profilok hegeszthetők,
- a végfelhasználó igényei magukba foglalhatják a méretpontosság és reprodukálhatóság számértékeit, a sorjamentességet, tisztaságot, környezetvédelmi szempontokat, környezeti hatásokat (pl. hő- és vegyszerállóság) stb.,
- a szérianagyság kis darabszám esetén a beruházási költségeket korlátozza, nagy darabszámok esetén pedig az automatizálhatóság gyakran döntő szempont lehet,
- oldható vagy fix kötés szükséges,
- beruházási és működési (pl. kötőanyag, energia, karbantartás) költségek,
- rendelkezésre álló (vagy elérhető) szaktudás.

Fontos, hogy nyitottan, prekoncepció nélkül tekintsék át a lehetséges módszereket. Fontos megemlíteni, hogy az egyes technológiákhoz szükséges gyártókat minden-

képpen érdemes bevonni a kiválasztás folyamatába, figyelembe véve, hogy természetesen mindegyik a saját megoldásának csak az előnyeit fogja kidomborítani. *Az összezerelési technológia kiválasztása már az alkatrészek megtervezésénél is szerepet játszik*, mivel a darabok kialakításának legtöbbször része az összeerősítést megkönnyítő, vagy egyenesen lehetővé tevő geometria biztosítása.

A leggyakrabban használt összeerősítési módszerek a következők:

*1. Mechanikai módszerek*

- bepattanó kötések,
- csavározás,
- szegecselés,
- sajtolás.

Ezeket a megoldásokat általában akkor alkalmazzák, ha a darabszám kicsi és ezért az egyéb módszerekhez szükséges berendezések beruházási költségei nem térülne meg. A bepattanó kötések és a csavározást emellett olyan esetekben kell használni, ha a kötés oldhatóságára van szükség (pl. elemcserénél).

1. táblázat

Hegesztési módszerek alkalmazhatóságának összehasonlítása

	Jellemző/Módszer	Ultra-hangos	Vibrációs	Dörzs	Lézer	Tükör	Forró-tűskés
<b>A n y a g</b>	Amorf polimerek	+	+	+	+	+	+
	Részben kristályos polimerek	±	+	+	+	+	+
	Poliolefinok	±	+	+	+	+	+
	TPR, elasztomerek	–	±	±	+	±	+
	Kompozitok	±	±	±	+	±	+
<b>T e r m é k</b>	Vékony falak	+	–		+		
	Komplex geometria	±	+	±	±	+	+
	Nagy alkatrészek	±	+	–	±	+	+
	Kis alkatrészek	+	+	+	+	+	+
	Belső varratok	+	±	±	+	+	o
	Hosszú, megtámasztás nélküli falak	+	–	±	+	+	o
	Hőre lágyuló szálak	+	±	o	o	±	o
	Hőre lágyuló fóliák	+	±	o	o	±	±

- + ajánlott,
- ± korlátozottan ajánlott,
- nem ajánlott,
- o nem értelmezhető.

## 2. Ragasztás

Ha az alkatrészek eltérő és egymással nem kompatibilis anyagokból készültek, a hegesztés nem jöhet számításba. Ilyenkor oldhatatlan kötéseket ragasztással lehet létrehozni (pl. lágy PVC cső és fröccsöntött szelepe). A megfelelő ragasztó kiválasztásához ajánlatos bevonni a ragasztó gyártóját. Fontos szempont a ragasztó ára, a ciklusidő, a munka- és környezetvédelmi szempontok. A ragasztó adagolásához általában valamilyen berendezésre van szükség, és emellett a ragasztandó felületeket egy ideig egymáshoz kell szorítani, amíg a ragasztó megköt. A ragasztónak megfelelő hő- és vegyszerállóságot kell tanúsítania, illetve dinamikus igénybevétel esetén nem alkalmazható merev ragasztóanyag. Bizonyos alkalmazásoknál, pl. a gyógyászatban, élelmiszeriparban vagy egyes nagy tisztaságú elektronikai iparágakban a ragasztók (vagy oldószereik) kis molekulájú részei nem megengedhető szennyeződést okozhatnak.

## 3. Hegesztés

Akkor alkalmazzák, ha azonos vagy legalábbis egymással kompatibilis anyagokat kell tartósan összerősíteni. Számos hegesztési technológia ismert a műanyagiparban, ezek közül alkatrészek összerősítésére elsősorban a *frikciós* (azaz a hegesztendő műanyag felületek megolvasztásához mechanikai energiát felhasználó) és a *hevítéses módszerek terjedtek el*.

*Ultrahangos hegesztést* nagyon elterjedten alkalmaznak műanyag alkatrészek összerősítésére, mivel gyors (ciklusidő 0,5–3 s), tiszta és könnyen automatizálható. A berendezés beruházási költségei hamar megtérülnek, működési költsége pedig az alacsony karbantartási és energiaköltségeken felül nincs. Bizonyos (lágy és gumyszerű) anyagok azonban ultrahanggal nem, vagy csak nehezen hegeszthetők (1. táblázat). Az eljárás lényege, hogy a hálózati 50 Hz-es villamos energiát átalakítják 15–70 kHz váltóárammá, amelyet egy piezokristály segítségével mechanikai rezgéssé konvertálnak. Ezt megfelelő mechanikai áttétellel az egymáshoz szorított alkatrészek egy vagy több megfelelő pontjához vezetik. A rezgés hatására a műanyag felmelegszik, megolvad és a rezgés kikapcsolását követően lehülve a kötés megszilárdul. Leggyakrabban 20, 30 és 40 kHz frekvenciát alkalmaznak (a merevebb anyagok alacsonyabb frekvencián is jól hegednek). A gyakorlatban merev anyagoknál (pl. ABS) a legnagyobb összehegeszthető felület 250x250 mm, poliamidnál azonban ez 70x70 mm-re csökken. Nagyobb felületek esetében vagy többszöri hegesztést vagy más technológiát (ld. később) kell alkalmazni. A hegesztés során 250–3000 N összeszorító erőt alkalmaznak. A megolvadás után az összeszorító erőt általában csökkentik. A leszorítást legtöbbször pneumatikus hengerrel végzik, de újabban terjednek az elektromos szervomotoros berendezések, mivel ezek jóval pontosabban kézben tartható és ezért jobb minőségű és reprodukálhatóbb hegesztési kötést eredményeznek. A szervomotorral ugyanis a pneumatikus megoldással szemben nem az összeszorító erőt állítják be, hanem a megolvadás közben és a megszilárdulás során egyaránt a hegesztőfej elmozdulását szabályozzák. Lehetőség van különböző sebességprofilok beállítására is mindkét fázisban. A hegesztési folyamat során a megolvadt felületek révén a két alkatrész egymáshoz képest elmozdul, és ha ez kevésbé tervezhető, illetve reprodukálható mértékben törté-

nik, akkor a végtermék méretei is eltérőek lesznek. Így például egy gyógyászati célú polikarbonát szűrőtokoikat hegesztésénél a pneumatikus módszer 12 µm mértékű méretszórásához képest a szervomotoros módszerrel 3 µm szórást lehetett biztosítani. A kötés szakítószilárdságának szórása pneumatikus leszorításnál 4%, szervomotorosnál pedig csak 2% volt. Egy másik alkatrész esetében az átlagos 224 µm értékű elmozdulást szervomotorral 2 µm szórással lehetett reprodukálni. Mindez nagyon fontos bizonyos (pl. gyógyászati, élelmiszeripari stb.) alkalmazásoknál, ahol a folyamatok kalibrálása és általános kézen tarthatósága a gyártási és forgalmazási engedélyezés fontos kritériuma. Egy másik előnyös alkalmazási terület a vékony műanyag fóliák és szálak anyagok hegesztése, ahol a hegesztés közbeni elmozdulás pontos szabályozása alapvető fontosságú. Noha a szervomotoros berendezések ára némileg magasabb, a jobb reprodukálhatóság következtében csökkenő selejtarány gyors megtérülést eredményezhet.

*Vibrációs hegesztés* során az egyik alkatrészt a tárgyasztalra rögzítik és a hozzáhegesztendő alkatrészt vele összeérintve és rászorítva vertikálisan 100–240 Hz frekvenciával és 0,7–4 mm amplitúdóval rezegtetik. A mozgás következtében felhevülő felületek megolvadnak, és ezután az alkatrészeket a berendezés a megfelelő pozícióban összeszorítja. Lehűlés után az összehegedt termék a berendezésből kiemelhető.

A módszer gyors, bár kissé hosszabb (5–15 s) ciklusidejű, mint az ultrahangos eljárás. Segítségével viszont nagy, bonyolult alakú termékek is hegeszthetők. A módszer kevésbé érzékeny az alkatrészek termikus előéletére, a töltő- és erősítőanyagokra és más adalékokra, illetve az esetleges szennyeződésekre (por, festék, zsiradék stb.). Nagy kötőszilárdság és szinte mindig tökéletesen szivárgásmentes kötés érhető el. A módszerrel esetenként a darabok kisebb mérethibája (tolerancián kívüli darabok) is korrigálható.

A módszer alkalmazhatóságának előfeltétele azonban az alkatrészek összehegesztendő felületeinek megfelelő kialakítása. Már a tervezés során gondoskodni kell arról, hogy hegesztendő felületek legalább 2 mm-rel elmozdulhassanak egymáshoz képest. A mozgásirányra merőleges falaknak nem szabad meghajolniuk a vibráció hatására. A hegesztési varratnál mindig képződik valamennyi sorja. Ha ez esztétikai okokból kerülendő, megfelelő „sorjacsapda” vagy „sorjagát” kialakításáról (esetleg utómegmunkálásról) kell gondoskodni.

Újabban egyes esetekben a vibrációs hegesztést infravörös előhevitéssel kombinálják, aminek következtében a sorjaképződés jelentősen csökken. A ciklusidő viszont megnő (25–40 s).

*Dörzshegesztés* során a tárgyasztalra szorított egyik alkatrészhez nyomva a másikat forgatják, és az így keletkező frikciós hő hatására az érintkező felületek megolvadnak, majd pedig a forgatás leállítását után lehűlve összehegednek. Természetesen csak forgástest alakú felületek hegeszthetők ezzel a módszerrel. A ciklusidő általában 5–7 s. Hosszú, csőszerű alkatrészek is hegeszthetők, ami pl. ultrahangos módszerrel nem vagy csak igen nehezen oldható meg. A kötés nagy szilárdságú és szivárgásmentes lesz.

Az anyag megolvadásához szükséges hő nemcsak mechanikai mozgással lehet közölni a hegesztendő felületekkel. A legrégebben ismert ilyen módszer a *tükörhegesztés*. Ennek során a hegesztendő felületek geometriáját pontosan követő fűtött fém-

lapot (csőhegesztésnél sima, „tükros” lemezt, innen kapta a nevet) helyeznek el, amelynek nekiszorítják a mozgató szerkezetbe befogott alkatrészeket. A felmelegedő felületek megolvadnak. Ezt követően a felületeket annyira eltávolítják egymástól, hogy a „tükör” kiemelhető legyen, majd egymáshoz szorítják és hagyják lehűlni. Az így előálló kötés mindig tartalmaz valamennyi sorját, de az egyenletes és nem tartalmaz leváló darabkákat, amelyek a termék alkalmazásakor (pl. orvosi eszközök) problémákat okozhatnak.

A módszer tipikus ciklusideje 30–50 s, segítségével a kisebb mérethibák is korrigálhatók. A fémtükör felületét általában teflonozzák az anyag feltapadása ellen. A teflonréteget időnként fel kell újítani a TMK tevékenység részeként. Energiaigénye a frikciós módszerekhez képest nagyobb.

*Lézeres hegesztésnél* az infravörös tartományban, azaz általában a 780–980 nm hullámhosszban működő lézereket használnak, a lézerfényt üvegszálas optikával vezetik a diódáktól az alkatrészek megfelelő felületeihez. A tipikus ciklusidő 5–7 s. Az eljárás során a hegesztendő felületeket egymáshoz szorítják, majd bekapcsolják a lézert. Az egyik alkatrésznek, annak, amelyiken áthaladva a hegesztendő felületre jut, a lézersugárra nézve átlátszónak kell lennie, míg a másiknak el kell nyelnie az energiát annak érdekében, hogy felhevüljön. Ez utóbbi legkönnyebben koromadalék segítségével érhető el, de vannak más energiaelnyelő pigmentek is. Az „átlátszó” alkatrész tartalmazhat a látható tartományban fedést biztosító színezéket/pigmentet, amely a lézersugár hullámhosszán átlátszó. A lézersugárzás hatására felmelegedett felület megolvad, és az összeszorított felületek az energiaközlés után lehűlve összehegednek. A módszer rendkívül pontos, tiszta hegesztést eredményez.

*A forrófém módszer*, melynek során egy, az adott műanyag alkatrész anyagának olvadáspontja fölé hevített (általában teflonozott) fémtüskét nyomnak hozzá a megolvasztandó felülethez, leggyakrabban fémbetétek behelyezésére, vagy a műanyag alkatrészek peremezéssel végzett rögzítésére használják. Ez utóbbi művelet során az egyik alkatrészben kialakított nyíláson (általában furaton) átdugják a másik alkatrész egy lazán illeszkedő, de a nyílás túloldalán kismértékben túlnyúló nyúlványát, majd a forró fémfelülettel a kiálló részt megolvasztják és szétterítik, amely a fémtüske eltávolítása után lehűlve megszilárdul, és ezáltal egymáshoz rögzíti a két alkatrészt. *Ez a módszer eltérő anyagok összeerősítéséhez is használható.* A módszerrel megoldható például napi dátumjelzés besütése, illetve nagyszámú fémbetét egyidejű behelyezése is.

Összeállította: Dr. Füzes László

Frantz J.: How to select a plastics assembly process = Plastics Technology, [www.ptonline.com](http://www.ptonline.com). 2013. március.

Golko P.: Boost performance, speed, economy with servo-controlled welding = Plastics Technology, [www.ptonline.com](http://www.ptonline.com). 2011. augusztus.

## Kémiai tisztítószeres előnyei a feldolgozógépek tisztításánál

A feldolgozógépek tisztítása különös gondot igénylő feladat főképpen termékval-táskor vagy színcsere alkalmával. Sok feldolgozó még manapság is a koptató anyagokat használó, fáradtságos munkát igénylő, időigényes mechanikai tisztítást választja, annak ellenére, hogy a kémiai hatóanyagot tartalmazó tisztítószerekkel szerzett kedvező tapasztalatok már ismertek.

A német **Altmärker Kunststofftechnik GmbH (AKT)** (Gardelegen) autóiipari beszállító 97 fröccsgépen kb. 3500 különféle terméket állít elő, amelyhez havonta 300 adag különböző színű mesterkeveréket és 1000 t műszaki műanyagot dolgoz fel. Éven-te legalább 1200 szerszámcsere-t végeznek, és naponta háromszor-ötször váltanak színt. Az új termékekhez egy év alatt akár 100 új szerszámot is beüzemelnek.

Az AKT az **E.S. Schulz** cég tisztítókoncentrátumait használja. Ezek az anyagok (hő hatására) a műanyaghoz kapcsolódva az ömledék hőmérsékletén felhabosodnak és a keletkező nyomás révén a feldolgozógép minden egyes szegletébe eljutnak.

A hagyományos mechanikai tisztítás egy vagy több napig tartó termelés kiesést is okozott. Ezzel szemben a kémiai hatóanyagú tisztítókoncentrátum a feldolgozógép alkatrészeire lerakódott salakréteget a felület károsítása nélkül 10–15 perc alatt eltávolítja. Tapasztalatok alapján a gépek tisztításához – a fröccshenger méretétől függően – a váltóműanyag mennyiségére számított 0,5–2% tisztítókoncentrátum bizonyult ele-gendőnek.

Az E.S. Schulz cég kínálatában háromféle anyag szerepel: mindhárom termék 130–400 °C között fejti ki hatását. A *Solpur-t* a kisebb mértékű tisztításhoz, a *Pertas* jelűt a makacs lerakódások és szennyeződések eltávolítására, a *Verrus-t* pedig az élel-miszeriparban, gyógyászatban alkalmazott, speciális feltételeknek megfelelő termékek gyártásakor javasolják.

A kémiai hatóanyaggal történő tisztítás csak felszínes megközelítésben tűnhet a hagyományosan alkalmazott mechanikai módszerhez képest költségesebbnek. A két módszer között szembe-tűnő az idő- és anyagigény különbsége. Ha ezeket figyelembe veszik, akkor a tisztítókoncentrátum ára lényegében azonnal megtérül.

Mit Chemie geht es schneller = K-Zeitung, 3. sz. 2013. p. 19.

P. M.