

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 térülnek 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	Vibrá- ciós	Dörzs	Lézer	Tükör	Forró- tüskés
A n y a g	Amorf polimerek	+	+	+	+	+	+
	Részben kristályos po- limerek	±	+	+	+	+	+
	Poliolefinok	±	+	+	+	+	+
	TPR, elasztomerek	–	±	±	+	±	+
	Kompozitok	±	±	±	+	±	+
T e r m é k	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 összeerősíteni. Számos hegesztési technológia ismert a műanyagiparban, ezek közül alkatrészek összeerősítésére 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 összeerősítésére, 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 lezoritásnál 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 hőt 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, „tükrös” 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 „tükrös” 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. 2013. március.

Golko P.: Boost performance, speed, economy with servo-controlled welding = Plastics Technology, 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 feldolgozó gép minden egyes szegletébe eljutnak.

A hagyományos mechanikai tisztítás egy vagy több napig tartó termelés kiesést is okozott. Ezzel szemben a kémiai hatóanyagú tisztítókoncentrátum a feldolgozó gép 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 fejt 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.