

## Ciklusidő csökkentése speciális fröccsszerszám-konstrukciókkal

Gyakran előfordul, hogy olyan műanyagtermékeket kell előállítani fröccsöntéssel, amelyek alámetszéseket tartalmaznak, vagyis nem lehet a darabokat a szerszám megnyitása után egyszerűen eltávolítani a szerszámból. Az ilyenkor alkalmazott különböző műszaki megoldások közül a legrövidebb ciklusidőt biztosító eljárás az összecscukódó magos módszer, ezen belül a fecskéfarkos illesztésű magok alkalmazása a legelőnyösebb. Részben kristályos műszaki műanyagok fröccsöntésekor jelentős (20–30%) ciklusidő-megtakarítást lehet elérni, ha az utónyomást nem a csigadugattyúval biztosítják, hanem a fúvókát zárják le, és egy, a szerszámban kialakított speciális, önálló mozgató kis dugattyúval generálják az utónyomást. Ezalatt a csigadugattyú hátramosogva elvégzi a következő fröccsadag plasztikálását.

*Tárgyszavak: fröccsöntés; alámetszéses fröccsdarabok; ciklusidő-csökkentés; műszaki műanyagok; POM; poliamid; poli(butilén-tereftalát); speciális szerszámkiképzés.*

Az alámetszéseket tartalmazó fröccsdarabok gyártására – mint amilyenek pl. a csavarmeneteket tartalmazó kupakok, bepattanó kötések, az oldalfalon kialakított áttöréseket stb. magukba foglaló termékek – különböző műszaki megoldásokat használnak. Ezek közül a leggyakrabban alkalmazott módszerek a következők:

- kismértékű alámetszések (pl. csavarmenetek) és kellőképpen rugalmas műanyag esetén egyszerűen kidobják a terméket a szerszámból, mivel a polimer ehhez kellőképpen, roncsolásmentesen deformálódik. A legtöbb műanyagnál ez nem alkalmazható;
- magkihúzó mechanizmusokat alkalmaznak, azaz a szerszám megnyitásával egy időben, vagy azt megelőzően az alámetszést létrehozó szerszámelem(ke)t, azaz a mago(ka)t oldalirányban eltávolítják. A mag(ok) mozgása történhet kényszerpályás mechanikai mozgatóval (pl. ékbetétes megoldással) vagy külön hidraulikus, ill. elektromos szervomotoros meghajtással. Ez a módszer belső csavarmeneteket tartalmazó daraboknál (pl. kupakok) nem alkalmazható;
- csavarmenetek esetében gyakori a menetet létrehozó mag(ok) kézi, de legtöbbször gépi kicsavarása. Az ilyen szerszámok nagyon komplexek és ezért drágák, vagyis csak igen nagy darabszámok esetén alkalmazhatók gazdaságosan. Ráadásul a kicsavarás idejével megnő a ciklusidő, ami további költségnövelő tényező. Az ilyen szerszámok rendszeres, komoly karbantartást igényelnek;

- összecsukódó mag(ok) alkalmazása esetében az alakformáló mag több (ált. 6–12) darabból áll, melyeket egy centrikusan elhelyezett kúpos tüske feszít egymáshoz. Ha a szerszám nyitáskor ezt a tüskét visszahúzzák, a mag elemei radiális irányban összecsukódnak és így már nem akadályozzák a fröccsdarab kidobását. Az összecsukló magelemek a kidobólemezhez, a kúpos centrális tüske pedig a szerszám hátlapjához csatlakozik;
- az alámetszések kialakítása úgy is lehetséges, hogy először egy alámetszés(eke)t nem tartalmazó ún. előgyártmányt fröccsöntenek, és ezután ezen forgácsolással alakítják ki az alámetszés(eke)t. Ezt a megoldást azonban csak kis darabszámok és egyszerű geometriák esetében lehet gazdaságosan alkalmazni.

A csavarmenetes alámetszéseket tartalmazó fröccsterméknél a magkicsavaró megoldásokhoz képest a jóval rövidebb ciklusidők miatt az összecsukódó magokat egyre elterjedtebben használják. Az ilyen rendszerek kompatibilisek a standard szerszámelemekkel, és jól alkalmazhatók a kétlépcsős kidobást, illetve a szerszámlapok belső reteszelését igénylő megoldásoknál is. Kisméretű termékeknél *ún. összecsukódó minimagokat* lehet alkalmazni, amelyekkel akár 10 mm átmérőjű meneteket is létre lehet hozni. Ilyen esetekben az összecsukódó mag külső felülete csak három nagyobb részből áll, amelyeket a központi maghoz csatlakozó három penge feszít pozícióba. Ily módon 80%-ig teljes (azaz megszakított) menetet vagy másfajta alámetszést lehet előállítani.

Az összecsukódó mag elemeit természetesen nagy pontossággal kell kialakítani a sorjaképződés elkerülése érdekében. Mivel kenésük nem lehetséges, fokozott kopásnak vannak kitéve. Megfelelő ötvözőanyagokkal javíthatók tribológiai jellemzőik és korrózióállóságuk, kopásálló bevonatok alkalmazása azonban nem ajánlott.

A magelemek „öntisztító” kiképzésűek, azaz a különböző szennyeződések, lerakódásokat kimosztják a mag külső felületére. Ezért a gyártás indításakor az első 50-100 ciklusban a fröccsdarab megfelelő felületén szennyeződés, lerakódás fordulhat elő. A szerszám végső összeszerelése előtt a mag(ok) alapos tisztítása, zsírtalanítása szükséges. A központi kúpos tüskét az első használat előtt viszont érdemes kissé megkenni pl. teflonos kenőanyaggal, hogy mozgását „betörjék”.

A standard összecsukódó magok, amelyek tulajdonképpen egy (menetes) acélcső 12 axiális szegmensre tagolását jelentik, könnyen megsérülhetnek, ha a szerszámból nem sikerült a fröccsdarabot eltávolítani (pl. egy sokfészkés szerszám egyik fészkebe „beragad”) és „rácsukják” a szerszámot. A fecskefarkos kiképzésnél azonban csak 6 részre tagolódnak a cső és így ezek az elemek robosztusabbak, tehát kevésbé sérülékenyek.

A csavarmenetes alámetszés módszereit az *1. táblázat* hasonlítja össze.

## **Ciklusidő csökkentése szerszámon belüli nyomástartással**

Egy részben kristályos műszaki műanyag fröccsöntése során a kristályok kialakulása teljes egészében vagy legalábbis jórészt lejátszódik az utónyomás ideje alatt, fel-

téve, hogy a fröccsparaméterek megfelelően lettek beállítva és a beömlő- és elosztó-csatornák is megfelelően lettek kialakítva. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy ezután a fröccsdarab már a szerszámból eltávolítható (kidobható) lenne. A gyakorlatban azonban az utónyomást követően még egy ún. hűtési időt is beiktatnak, melynek során a csigadugattyú hátramoszog, eközben behúzza az etetőtölcsérből a granulátumot (esetleg port) és plasztikálja a következő fröccsadagot. Csak ezt követően nyitják meg a szerszámot és emelik ki belőle a terméket.

1. táblázat

Csavarmentes alámetszést tartalmazó fröccsdaraboknál alkalmazható módszerek összehasonlítása

Alkalmazási feltétel	Egyszerű kidobás	Kicsavarás		Összecsukódó mag		
		kézzel	géppel	standard	mini	fecskefarkos
Rugalmas anyag	x	x	x	x	x	x
Merev anyag		x	x	x	x	x
Finom termék		x				
Kis beruházás	x	x				
Nagy sorozat			x	x	x	x
Kisméretű termék			x		x	x
Strapabíró darab			x	x	x	x
Oldalfali kiálló/kivágott részek				x	x	x
Egyszerű működtetés				x	x	x
Rövid ciklusidő				x	x	x
Variálhatóság				x	x	x
Standard tartozékok					x	x

A ciklusidő lerövidíthető, ha az utónyomást nem a csigadugattyúval hozzák létre. Az utónyomás azonban egyúttal azt is biztosítja, hogy a kristályosodás (és a lehülés) okozta térfogatcsökkenés kompenzálására további műanyagömléket juttatnak a beömlőcsoncba és onnan a szerszámüregbe. Ezért nem elegendő a beömlőcsonkot lezárni, és ezzel megakadályozni az anyag visszaáramlását, hanem egy megfelelően kialakított, önálló meghajtással rendelkező kis dugattyúval nyomás alatt (azaz az utónyomással) ömléket kell egy kis, a szerszámon belül kialakított tárolóból a szerszámüregbe juttatni. A tároló mérete a termék(ek) térfogatától és a műanyagömlék térfogati zsugorodásától függ. Eközben a csigadugattyú megindulhat visszafelé és elvégezheti a plasztikálást. Mindez azt jelenti, hogy a hagyományos hűtési idő megtakarítható, azaz a ciklusidő csökkenthető.

Az ilyen megoldásokat „szerszámon belüli nyomástartás” néven jegyzik, azaz angol rövidítése szerint: *IMHP (In Mold Hold Pressure)*. Közös jellemzőjük, hogy az

*utónyomás és a plasztikálás nem egymás után, hanem egyidejűleg játszódik le, azaz a hűtési idő részben vagy egészben megtakarítható. Az ilyen megoldások a legtöbb meglévő szerszám átalakításával is alkalmazhatók, de természetesen a legjobb eredmények a már ezen elv szerint tervezett új szerszámokkal érhetők el.*

A kísérletek során sikeres feldolgozási próbákat hajtottak végre különböző részben kristályos műszaki műanyagokkal [poli(oxi-metilén) (POM), poliamid (PA66) és poli(butilén-tereftalát) (PBTP)]. Ezek során 20–30%-os ciklusidő-csökkentést sikerült elérni. A módszer működött mind hagyományos, mind forrócsatornás szerszámokban. A szerszámon belüli utónyomást 0,5–1 másodperc alatt sikerült felépíteni. A beömlőcsatorna lezárása forrócsatornás szerszámokban általában tús zárószeleppel, míg a hagyományos, hidegcsatornás szerszámoknál számos különböző módszerrel történhet.

Ügyelni kell arra, hogy a modern fröccsöntő gépek vezérlése érzékeli az utónyomás előtt kialakuló anyagpárna nagyságát, illetve a dugattyú lineáris elmozdulását, ami az *IMHP* alkalmazásánál hamis információkat szolgáltat. Megfelelő programozással azonban ennek zavaró hatása kiküszöbölhető.

Az *IMHP* módszerrel végzett feldolgozási kísérletek során előállított termékek mechanikai szilárdsága és méretei nem mutattak szignifikáns eltérést a hagyományos technológiával gyártott darabokhoz képest. Azt, hogy egy adott alapanyaghoz és termékhez sikerrel alkalmazható-e az *IMHP* eljárás, úgy állapíthatják meg a legegyszerűbben, ha egy stabil gyártási folyamat közben a hűtési időt és a plasztikálási időt nullához közeli értékre változtatják, ezáltal közvetlenül az utónyomás után végzik a kidobást. Ha ezt az eljárást többször megismétlik, megfelelő számú mintát kapnak, amelyeket a hagyományos módszerrel gyártott darabokhoz hasonlíthatnak. Ha azonban a beömlő- és az elosztócsatornák nem megfelelően lettek kialakítva, vagy ha a fröccsparaméterek nem megfelelőek, ez a gyorsított nagyon rossz eredményre vezet, azaz kihangsúlyozza a szerszám- illetve a gyártási hibákat.

*Az IMHP módszer jelenleg még kísérleti fázisban van, egyelőre csak egyfészkés szerszámokban dolgoztak vele. A szerszámon belüli utónyomást biztosító dugattyú meghajtására hidraulikus és szervomotoros megoldásokat egyaránt alkalmaztak.*

A ciklusidő csökkentése azonban olyan jelentős gazdasági előnyökkel jár, hogy mindenképpen érdemes ezt a megoldást is számításba venni.

Összeállította: Dr. Füzes László

Salhaney, B.: Best methods of molding undercuts = *Plastics Technology*, 12. sz. 2012. p. 1–5.  
Poppe, A. E.: Kühlzeit Ade! = *Kunststoffe*, 102. k. 6. sz. 2012. p. 90–93.