

## A fröccsgép működésének ellenőrzése

A mai fröccsgépek automatizáltsága elhitheti a feldolgozóval, hogy a paraméterek helyes beállítása egyben a kiváló minőségű termék gyártását is garantálja. Mindez igaz, amíg a gép tökéletes állapotban van, azonban már kisebb meghibásodások zavart okozhatnak a termelésben. A selejt megjelenése arra figyelmeztet, hogy a gépet érdemes alapos ellenőrzésnek alávetni.

*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; termékminőség; ellenőrzés.*

A folyamatos, automata üzemmódban végzett fröccsöntés során számos esetben selejt képződik, pl. anyaghiányos vagy durva összecsapást mutató, esetleg sorjás termékek keletkeznek. Ezek a hibák a gyártónak idő- és pénzveszteséget okoznak. Kezelésük lehet eseti, de *az igazi megoldást a gép működésének alapos vizsgálata hozhatja meg.* Az analízis öt fő kérdéskör vizsgálatán nyugszik:

- a fröccsöntött darab alakja (az esetleges tervezési hibák kiderítése),
- az alapanyag-választás és alapanyag-előkészítés (pl. szárítás),
- a szerszámtervezés, ill. -felépítés,
- a feldolgozás folyamata,
- ellenőrző vizsgálatok.

A folyamatok kölcsönhatásai miatt az analízis eredményeinek értékelése meglehetősen komplex feladat. Elsőként a feldolgozási paramétereket célszerű górcső alá venni, ill. még előbb megvizsgálni, hogy az adott fröccsgép egyáltalán képes-e a kívánt paraméterek előállítására. Ez utóbbihoz egy kb. 2 órás ellenőrzés szükséges, amelyet egyébként a fröccsgép szokásos évi átvizsgálása során amúgy is célszerű elvégezni.

A legfontosabb ellenőrizendő paraméterek a következők:

- nincs csigamozgás a szerszámnyitás és -zárás, valamint a darabkidobás során,
- a befröccsentett anyagmennyiség állandósága,
- a csigapozíciók beállításának állandósága,
- hibás csigacsúcscszelep vagy kopott fröccshenger (dinamikus és sztatikus vizsgálat),
- a csiga „teljesen elől” pozíciója,
- a gép terhelésre érzékenysége,
- a csiga sebességének linearitása,

- Delta P, sebességkontroll,
- a transzfer (átváltás) körülményei.

## **Csigamozgás és darabsúly-ingadozás**

Automata üzemmódban vizsgálendő, hogy mozog-e a csiga a szerszámnyitás, a darabkidobás, a szerszámzárás során. Ha igen, akkor a darabsúly ingadozni fog. Pl. egy 35 mm-es csigaátmérőjű gépnél 3–5 mm előremozgás a szerszámnyitás – kidobás – zárás során több mint 6 cm<sup>3</sup> anyagterefogat-eltérést jelent. Elfordulhat az is, hogy a csiga hátrafelé mozdul el a fenti műveletek során.

Az automata ciklus alatt fel kell jegyezni a csigapozíciót a csiga visszatérése és a hátramenet végén. Ennek mindig azonosnak kell lennie. Szintén ellenőrizendő, hogy a gép a fröccsöntés első lépcsőjéből a másodikba kapcsol-e, amikor a csiga eléri a ki-kapcsolási/leállási pozíciót. Nagy fröccsnyomásoknál a csiga egy kicsit pontatlanul reagálhat, de ez nem jelenthet 0,05 mm-nél nagyobb eltérést. Amennyiben a fröccsgép az előzőekben ismertetett vizsgálatok során nem vizsgálják „megfelelőre”, a befröccs-csentett anyagmennyiség a megengedettnél nagyobb ingadozást fog mutatni az egyes ciklusokban. Emiatt különböző hibák léphetnek fel a fröccsöntött darabokon, pl. a megengedettnél nagyobb méretszórás, vetemedés, zsugorodás, a felületi fényesség el-térései, eltömődött beömlők. Meg kell jegyezni, hogy ezek a problémák felléphetnek pl. kopott fröccshenger vagy hibás csigacsúcsgyűrű esetében is.

## **Hibás csigacsúcsgyűrű (szabályozószelep) és/vagy megkopott fröccshenger**

A vizsgálathoz 10–20 belövést kell végezni a fröccsgépen automata üzemmód-ban, mégpedig úgy, hogy a szerszámban a térkitöltés 90–99% legyen és a darab – a lehető legkisebb nyomásrajtatartás mellett – még kidobható legyen. Ha a henger vagy a csigacsúcsszelep kopott, akkor ezek az ún. rövid belövések nem lesznek egyforma tömegűek.

Sztatikusan is ellenőrizhetők a kopásokból adódó jelenségek, ez egyfelől nehéz-keesebb, másfelől fennáll a veszélye annak, hogy a darab beragad a szerszámban.

Először egy teljes tömörítésű darabot kell fröccsönteni, és azt a szerszámban hagyni a beömlővel együtt, majd a nyomásrajtatartási idő lejártá után manuális üzem-módba kell kapcsolni. A szerszámot még nem kell kinyitni. Állítsák a nyomásrajtatar-tás értékét a szokásos értékre (vagy a biztonság kedvéért annál egy kicsit alacsonyabb-ra). Forgassák a csigát manuálisan kb. 75%-os hengerfeltöltésig. Miután ellenőrizték, hogy a fröccsöntés II. lépcsőjének nyomása nem lépi át a normál üzemmód II. lépcsős nyomását, manuálisan injektáljanak be a hengerkapacitás 75%-ának megfelelő men-nyiségű anyagot 10–15 s alatt, és figyeljék a csiga előrehaladását. Miután a rendszer telítődik anyaggal, a csiga összenyomja az ömledéket, ezután megáll, nem halad előre. Az előbbi folyamatot meg kell ismételni 50%, 25% és 10%-os hengerfeltöltéssel is. Ha a 75%-os feltöltésnél a rendszer jól működik, de a további feltöltéseknél nem, akkor

valószínű, hogy kopott a fröccshenger, amelyet javíttatni vagy cserélni kell. Ha ezen vizsgálatok bármely esetében a csiga előre mozog, akkor nem lehet tudni, hogy a henger vagy a csigacsúcsszelep a kopott. Ilyenkor ki kell venni a csigát és meg kell mérni a kérdéses darabokat, hogy megfelelnek-e az adott specifikációnak. A fenti ellenőrző vizsgálatok termelés kiesést jelentenek ugyan, de többet lehet veszíteni azzal, ha nem keresik meg a problémák okát. A csiga, a henger, a csigacsúcsszelep méretét pontosan megmérni nem egyszerű feladat. A legbiztosabb, ha ezt az adott egység beszállítójára (gyártójára) bízzák.

Hengerfelújítás után ellenőrizték, hogy a csigacsúcs és a fröccshenger zárósapkája között legyen kb. 1,5 mm hézag. Ezt a hézagot úgy lehet pl. lemérni, hogy gittet préselnek a csigacsúccsal a henger zárósapkájához, majd a keletkezett gittréteg vastagságát megméri. A csigacsúcs soha nem érheti el a zárósapkát, mivel üzemszerű működés közben ez komoly gépsérülést okozna.

### **A csigacsúcs nullpontjának beállítása**

Manuális üzemmódban, alacsony nyomással vigyék a csigát teljesen előre. Ez lesz a csigapozíció nullpontja. Ezt fontos ismerni, hogy az üzemszerű gyártásnál a megfelelő anyagpárnáról lehessen fröccsönteni.

### **A terhelés kompenzálása (kiegyenlítése)**

Ezzel a vizsgálattal ellenőrizni lehet, hogy a különböző paraméterek – pl. az anyagviszkózitás – változása hogyan befolyásolja az ömledék befröccsentési idejét. Ez nehéz, de fontos vizsgálat, amelynek célja, hogy biztosítsák a jó minőségű termékek gyártását. A mérés azon alapul, hogy a fröccsnyomás függvényében kimérik a térkitöltés idejét (FT1) és a transzfernél mérhető nyomást (PK1). Akár manuális, akár automata üzemmódban, dekompressziót alkalmazva, csigaforgás nélkül hátrahúzzák a csigát pontosan abba a pozícióba, amelyben a 90–99%-os befröccsentést végezték. Ezáltal a csiga előtt nem műanyag, hanem levegő lesz. Mielőtt ezt a levegőt „kifröccsentenék”, győződjenek meg arról, hogy a szerszámból ki tudják venni az igen kis mennyiségű műanyagot is. Ezután automata vagy félautomata üzemmódban fröccsentsenek levegőt a szerszámba, és jegyezzék fel a töltési időt (FT2) és a nyomást (PK2). A töltési időnek ezúttal ugyanannyinak kell lennie, mint az előző esetben, a nyomásnak viszont jelentősen alacsonyabbnak. A következő egyenlettel kiszámítható a gép ún. terhelési érzékenysége:

(a nyomásértékeket psi egységben kell behelyettesíteni –  $1 \text{ psi} = 68,948 \times 10^{-3} \text{ bar}$  – a tömörítő megjegyzése)

$$(FT1-FT2) \div FT1 \div (PK1-PK2) \div 1000 \times 100 = \text{hiba\%/1000 psi}$$

Ha elektromos gépet vizsgálnak, a nyomásértékeket tízzel kell még elosztani, mielőtt azokat az egyenletbe beírják. *A hibaszázaléknak közel nullának kell lennie, ha csekély mértékben negatív, az az ideális.* Ha a hiba 5%-nál nagyobb, akkor a gép nincs megfelelően beállítva a terhelés kiegyenlítésére. Végezzék el az előbbi vizsgálatot kis,

közepes és nagy fröccssebességeknél. Ha a gépük ezek során is jól vizsgázik, akkor a termelésben is biztosan állandó lesz a befröccsentési idő.

## **A befröccsentési sebesség linearitása**

A vizsgálattal a beállított és a valóságos befröccsentési sebességeket lehet összehasonlítani. Alapfeltétel, hogy a befröccsentett anyagmennyiség legalább 60%-a legyen a fröccshenger térfogatának. A szerszámot viszont kb. 80%-ig töltsék csak anyaggal, a befröccsentési sebességek fokozatos növelésével, egészen a legnagyobb sebességig. Ahogyan növelik a befröccsentési sebességet, ellenőrizni kell, hogy még mindig a helyes Delta P és a „rövid belövés” tartományában dolgozik-e a gép. A leggyorsabb belövésnél állítsanak a gépen, hogy 99%-os darabot kapjanak. A mérésnél jegyezzék fel az aktuális „csiga indul” és „csiga leáll” pozíciót és a töltési időt. Semmi mást nem változtatva, a befröccsentési sebességet a lehető legnagyobbtól fokozatosan csökkentsék a lehető legkisebbre. A fröccsöntött darabok mérete változhat, de ennek ellenére ne változtassanak a belőtt mennyiségen. Az eredményeket táblázatban és grafikusán is érdemes összefoglalni (1. táblázat, 1. ábra). Az aktuális sebesség kiszámításához a kikapcsolási (vagy transzfer) pozícióból ki kell vonni az aktuális csigaindulás pozícióját és a kapott értéket osztani kell a töltési idővel. Mivel ez a mérési módszer magában foglalja a csiga elindulásának kezdeti tehetetlenségét (inerciáját), várható, hogy a leggyorsabb aktuális sebességek csak a beállított sebességértékek 85–95%-a között lesznek. Ezzel a tehetetlenséggel csak akkor érdemes foglalkozni, ha a folyamatellenőrző lehetőségek igen jók. Az 1. táblázat és az 1. ábra mutatja, hogy nagy sebességű befröccsentésnél jelentős eltérés van a beállított és az aktuális sebességértékek között, köszönhetően az inercia hatásának. A példában szereplő gépről elmondható, hogy rendben van. Ha a kis sebességeknél mutatkozó eltéréseket kezelni kívánják, akkor kalibrációt kell végezni. Abban az esetben, ha a grafikonon az aktuális befröccsentési sebesség túllépi a maximális értéket, akkor a gép javításra szorul, esetleg az olajszivattyú, a szabályozó egységek vagy más elemek átvizsgálása szükséges.

## **Az átváltási szakasz (transzfer) vizsgálata**

Az átváltás (transzfer) a fröccsöntésnek az a szakasza, ahol a szerszámban az anyag térkitöltése 90%-ban befejeződött már, és a fröccsöntés II. lépcsője kezdődik. Nehezen hihető, de ez a 0,1 s-os intervallum igen kritikus a fröccsöntött termék minőségére nézve. Gyakran itt kell keresni a terméken jelentkező különféle hibák okát.

Megfelelő minőségű darab fröccsöntéséhez a szerszámban olyan anyagnyomást kell létrehozni, ami biztosítja a tökéletes térkitöltést, és a fellépő zsugorodás is megfelelő mértékű maradjon. Ezt a modern fröccsgépekkel meg lehet oldani, csak a feldolgozási paramétereket kell helyesen megválasztani.

Amint a befröccsentés után a csiga eléri a transzferpontot, a szabályozás 0,01 s alatt átvált sebességvezérlésről nyomásvezérlésre. Miután a szerszámüreg több mint 90%-a megtelt anyaggal, már igen kevés anyag – általában csak néhány gramm – be-

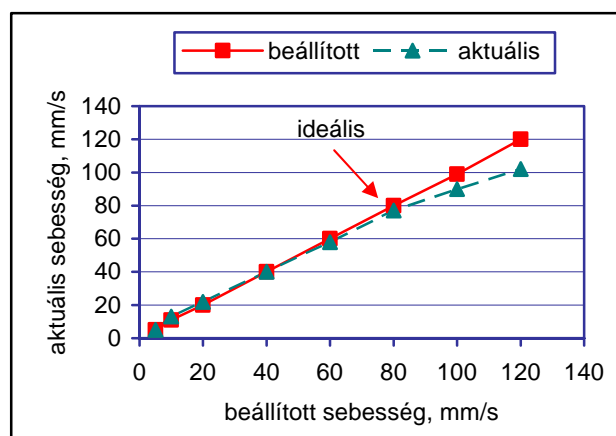
juttatására van szükség. Kérdés, hogy hogyan préselhető ez a mennyiség a szerszámba. Négy lehetőség között választhatnak:

1. engedjék, hogy az anyag folyási frontja „várakozzon” egy kicsit, és ezután alkalmazzák a második lépcsős nyomást,
2. lassú transzferrel,
3. gyors transzferrel,
4. lassú, sebességkontrollált beadagolással, majd ezt követő nyomásrajtatartással.

1. táblázat

A befröccsentési sebesség linearitása  
(betöltési úthossz: 22,1 mm, ez 55%-a a lehetséges csigaelmozdulásnak)

Sorszám	Beállított sebesség, mm/s	Befröccsentés ideje, s	Aktuális sebesség, mm/s	Aktuális/beállított sebesség, %
1	116,85	0,22	100,45	86
2	98,40	0,25	88,40	90
3	73,80	0,32	69,06	94
4	55,35	0,42	52,62	95
5	43,05	0,53	41,70	97
6	30,75	0,71	31,13	101
7	24,60	0,85	26,00	106
8	18,45	1,08	20,46	111
9	12,30	1,49	14,83	121
10	7,38	3,94	5,61	76
11	7,38	3,94	5,61	76
12	7,38	3,94	5,61	76



1. ábra A beállított és az aktuális fröccssebességek összehasonlítása

### *„Várákózó” ömledékfront*

Többek véleménye szerint ez nem egy jó ötlet, de sok fröccsgépen (új és régi egyaránt) előfordul ez a jelenség. Ha például a transzfernél a nyomás 21 000 psi (1447,9 bar) és az átváltásnál 15 000 psi-t (1034,2) alkalmaznak a II. lépcsőben; ez gyakran a csiga némi hátramoszgatását eredményezi. Kismértékű hátrahúzódás még nem feltétlenül jelenti a folyási front várákózását, ha a csiga még elegendő nyomást kap az ömledék előresajtolására. De ha az ömledéknyomás túlságosan leesik a csiga előtt, akkor túl sok hátramoszgatással lehet számolni, és ez már az ömledékfront mozgásában bizonytalanságot (várákózást) okoz. Eközben az ömledék viszkozitása akár tízszeresére is megnő, az anyag ridegebbé válik. Amennyiben ez bekövetkezik, bármilyen nyomást is alkalmaznak, az ömledékrész nem fog átjutni a szerszámüregbe. Az egész folyamat 0,1 s alatt játszódik le, és a termék minőségét jellemzően ronthatja.

### *Lassú transzfer*

Az utolsó néhány gramm anyag szerszámba juttatása alakítja ki a szerszámban fellépő anyagnyomást. Lassú transzfernél az így elérhető csúcsnyomás darabról-darabra változhat, emiatt a darabok reprodukálhatósága nemigen biztosítható.

### *Gyors transzfer*

A fröccsöntés első és második lépcsője közti gyors átmenet közel ideális állapotot jelent a szerszámban szükséges anyagnyomás szempontjából. Ez stabil feldolgozási körülményeket eredményez, és a paramétereket más fröccsgépekre is lehet adaptálni.

Figyelembe kell venni, hogy a fentiek csak abban az esetben érvényesek, ha a csigacsúcs gyűrűje jó állapotban van.

### *Lassú, sebességkontrollált töltés*

Az **RJG Inc.** által kidolgozott, három lépcsőből álló transzfer a legjobb megoldás. Az első lépcsőben az ömledék 90%-át töltik a szerszámüregbe, a második lépcső sebességkontrollált, hogy lassítsák a szerszámban a nyomásfelépítést (ez a lépcső akkor fejeződik be, amikor a szerszámban a nyomás eléri azt az értéket, amellyel korábban már megfelelő minőségű darabot gyártottak). Ezután a gép átkapcsol a III. lépcsőbe (nyomásrajtatartás), hogy a szerszámban lévő anyagot bent tartsák. A fenti módszer előnye, hogy kompenzálja a viszkozitásváltozásokat és a csigacsúcsgyűrűn történő átszivárgásokat.

Összeállította: Csutorka László

Bozelli, J.: Know how: Injection molding. Know the basic of machine evaluation; Part I. = Plastics technology, [www.ptonline.com](http://www.ptonline.com), 201006 knowim.html

Bozelli, J.: Know how: Injection molding; The basic of machine evaluation, Part II. = Plastics technology, [www.ptonline.com](http://www.ptonline.com), 201007 knowim.html

Bozelli, J.: Know how: Injection molding; The basic of machine evaluation, Part III. = Plastics technology, [www.ptonline.com](http://www.ptonline.com), 201008 knowim.html

[www.quattroplast.hu](http://www.quattroplast.hu)