

# Fröccsöntő szerszámok validálása, mester technológia beállítása I.

## Bevezetés

A fröccsöntőgépek beállítását a „száraz mozgások” meghatározásával és a perifériák előkészítésével szokás kezdeni. Ezt követően a termék leképzéséhez szükséges beállításokat határozzuk meg. Mivel a termék leképzése során az egyes gépi paraméterek egymásra is hatnak, így a megfelelő paraméterkombináció kiválasztása rendkívül összetett feladat. Leggyorsabban akkor járhatunk sikerrel, ha a beállítást egy megfelelő lépéssorral végezzük el. A következőkben egy ilyen leképzési beállítási sort fogok ismertetni.

A fröccsöntőgépek beállítása három féle módon történhet:

1. Megérzések alapján próbálgatással (véletlenszerű beállítás);
2. Megtervezett paramétermódosításokkal, statisztikai módszerrel (Design Of Experience);
3. Mérések kivitelezésével a folyamat fizikai elemzésével (tudományos alapon).

Elsősorban multinacionális vállalatok dolgoznak ki olyan technológizálási leírásokat, melyek segítenek a megfelelő gépi paraméterek kiválasztásában és az egyes paraméterek termékminőségre gyakorolt hatásának elemzésében (DOE). Ezek a módszerek cégcsoporton belül elősegítik és egységessé teszik a „mester technológia” meghatározását, azonban nem vizsgálják, hogy valójában milyen fizikai folyamatok játszódnak le a háttérben. Tapasztalataink szerint a méréseken alapuló gépbeállítási módszerekkel és a fröccsöntési folyamat elemzésével meg lehet határozni, hogy az alapanyag, a fröccsöntő szerszám és a fröccsöntőgép szempontjából mely beállításkombináció (T, p, v, s, t, F) a legkedvezőbb. Fontos hangsúlyozni, hogy ez nem garantálja, hogy automatikusan el is érjük az előírt termékminőséget. Ez a módszer „csak” a fröccsöntési folyamatot fogja stabilizálni (tudományos módszer). A stabilizált beállítást tekinthetjük középértéknek, majd a gépi paraméterek

megtervezett és módszeres változtatásával (DOE) megvizsgáljuk azok termékminőségre gyakorolt hatását. Ezt a második lépést akár nevezhetjük a feldolgozási ablak meghatározásának is. Ha a tudományos és a DOE beállítás együttes alkalmazásával sem sikerült elérni a kívánt termékminőséget, akkor válik szükségessé a szerszám módosítása, a gép cseréje, legvégső esetben más alapanyag használata. Fontos, hogy a szerszámmódosítást a stabilizált közép-technológiához igazítsuk, különben egy instabil technológiához módosítjuk a szerszámot.

A Cavity Eye tréningeken részletesen bemutatjuk a technológizálási és hibakeresési módszereket és ezek dokumentálását. Jelen kiadványban a fröccsöntési folyamat, azaz a termék leképzés főbb pontjait ismertetem. Céлом, hogy az olvasó gyakorlatban is könnyen kipróbálható módszereket ismerjen meg.

## Méréseken alapuló fröccsöntőgép beállítás (tudományos módszer)

A fröccsöntőgép beállítása akkor válik könnyű feladattá, ha ismerjük a háttérben lezajló folyamatokat, melyeket közvetlenül vagy közvetetten mérések segítségével figyelhetünk meg. Amennyiben ennek nem tulajdonítunk jelentőséget, akkor meglepetések érhetnek bennünket és a következőhöz hasonló mondatok elhangzása gyakorivá válhat:

*„Tegnap tudtunk gyártani, ma meg selejtes a darab, pedig nem változott semmi!”*

Gondolom nem kell részletezni, hogy igen is változott valami, csak nem tudjuk, hogy micsoda. Miért nem tudjuk? Mert a mestertechnológia beállítása során nem elemeztük a folyamatot, nem tudjuk hol is kezdjük a folyamat vizsgálatát. Mivel a megoldás gyorsan kell, sajnálatos módon sokaknál ilyenkor kezdődik a véletlenszerű beállítás módosítgatás „zongorázás”.

A fröccsöntési folyamat elemzéséhez az alábbi egyszerű mérések a legfontosabbak:

- Valós ömledék hőmérséklet meghatározása (megfelelő érzékenységű hőelemmel);
- Szerszámnyomás görbék meghatározása és a görbe alakok elemzése (Cavity Eye rendszerrel);
- Formaüreg felületi hőmérsékletének meghatározása (hőelemmel, termo-kamerával);
- Kieső darab hőmérsékletének elemzése (hőelemmel, termo-kamerával);
- Nagy felbontású mérleg a terméktömeg ellenőrzésére.

A szerszámnyomás-mérés még számos új lehetőséget rejt magában. A szerszámnyomás görbe nagyságrendekkel pontosabb visszajelzést ad a gyártási folyamatról, mint a gépen leolvasható paraméterek. A gépi paraméterek felügyeletét teljes mértékben nem váltja ki, azonban azt kiválóan kiegészíti. Nagyobb beruházást igényel, azonban indokolt esetben megfelelően használva megtérülése (ROI) néhány hónapra tehető.

Hibafeltáráshoz szükségünk lehet egyéb vizsgálati módszerekre is (nedvesség mérés, páratartalom mérés, MFI mérés, fröccsöntő gépek újra kalibrálása stb.), a fent felsoroltak viszont nélkülözhetetlenek egy precíz gyártásindításhoz.

### Gyártási folyamat és a leképzés szakaszai

A teljes gyártási folyamat az alapanyag előkészítéséből, a fröccsöntésből és az utóműveletekből áll, melyet a következő ábra szemléltet (1. ábra).



1. ábra. Teljes gyártási folyamat

Továbbiakban a teljes gyártási folyamatból a fröccsöntés elemzésével, azon belül a leképzés egyes szakaszaival fogunk foglalkozni.

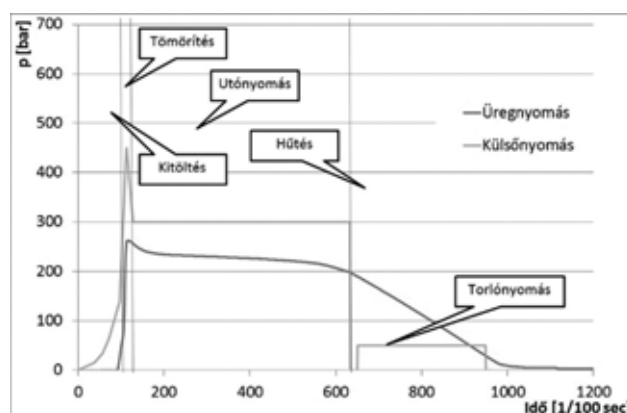
Leképzés alatt a formaüreg kitöltése során egyértelműen elkülöníthető szakaszok összességéről beszélünk, melyek a következők:

- Kitöltés: az alapanyag áramlik, folyik a beömlő rendszerben, formaüregben;

- Tömörítés: az alapanyag 100%-ban kitöltötte a formaüreget és ott a nyomás gyorsan növekszik;
- Utónyomás: a tömörítési fázisban felépített szerszámnyomást kell állandó értéken tartani;
- Hűtés: A szerszámnyomás fokozatosan csökken, majd elkezdődik a zsugorodás;
- A leképzést alapjaiban befolyásolja a megömlésztés is, így ezt sem szabad figyelmen kívül hagyni:

Megömlésztés: Az alapanyag hevítése, keverése (közvetett hatása van a leképzésre).

A 2. ábra a szerszámnyomás és a külső nyomás elméleti lefutását szemlélteti. A diagramon kiválóan elkülönülnek a fent említett szakaszok, melyek részletezésére a későbbiekben térek ki.



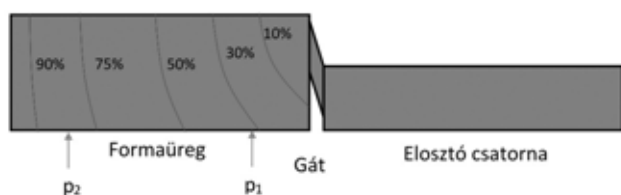
2. ábra. Leképzési folyamat szakaszai

A gépi paraméterekkel hatni tudunk a formaüregben kialakuló leképzési folyamatra, ami többfészkés szerszámok esetén nem könnyű feladat. Nagyon sok beállítás kombinációval lehetséges terméket gyártani, azonban ezeknek a stabilitása és reprodukáló képessége teljesen eltérő lehet. A mérési módszerek alkalmazásával (pl. fészeknyomás méréssel) a helyes paraméterkombinációt tudjuk meghatározni (tudományos beállítás).

#### 3.1. Kitöltés

A kitöltési fázisban az ömledék állapotú anyag áramlik, folyik a szerszám beömlő rendszerében és a formaüregben. A 3. ábra a kitöltési fázisban

szemlélteti az ömledékfront terjedését, amikor is viszonylag alacsony nyomás mérhető a formaüregben, míg a fröccsöntő gép vezérlésén leolvasható külső nyomás ettől lényegesen magasabb, mivel az anyagot a teljes beömlő rendszeren keresztül kell préselni.



3. ábra. Anyagáramlás a kitöltési fázisban

Az áramlási út egyes szakaszain mérhető nyomásvesztés a következő módszerrel meghatározható. Olvassa le a külső nyomást (specifikus nyomást):

1. Szabadba fröccsöntéskor (az anyag csak a fűvőkán keresztül áramlik);
2. A fűtött csatorna átfröccsöntésekor (nyitott szerszámon át a szabadba fröccsönt);
3. A hideg csatorna kitöltésekor (zárt szerszámot a gátig tölti ki);
4. Miközben a termék kitöltöttsége 10...90% közé tehető (több lépcsőben).

Nem kell részletezni, hogy az áramlási geometria, az anyag minőség, a csigadugattyú sebesség ( $v_{csiga}$ ) és az anyaghőmérséklet ( $T_{ömledék}$ ) a leolvasott értékeket nagymértékben befolyásolja, így a felsoroltak hatását már a tényleges beállítás előtt megismerhetjük. Fontos, hogy ne csak mérjük, hanem regisztráljuk is az eredményeket, hogy azok később visszakereshetők és ellenőrizhetők legyenek. A reológiai alapegyenleteknek megfelelően a formaüregben mért kitöltési nyomás elsősorban a termék falvastagságától függ. Minél vékonyabb a termék fala, annál nagyobb nyomásra van szükség a formaüreg kitöltéséhez, ami rögtön felvet egy érdekes kérdést: „A formaüreg mely részén érdemes nyomásmérő szenzorokat beépíteni?”

1. A beömlési ponthoz közel elhelyezett szenzorral a teljes kitöltési folyamat jól megfigyelhető, ebben a pontban viszonylag nagy nyomás ébred és azt tartósan mérni is lehet. Ennek

köszönhetően az ilyen pozícióban elhelyezett szenzorokat a gépbeállításhoz, technológizáláshoz ajánlott használni.

2. Folyási út végén elhelyezett szenzorokkal a termékek kitöltöttsége és a technológia stabilitása figyelhető meg. Fontos hangsúlyozni, hogy a szenzorokat sosem helyezük a folyási út legvégére, mivel a gázok nagy része itt távozik a fészekből, mely megzavarhatja a szenzorok jeleit. A folyási út  $\frac{3}{4}$ -én elhelyezett szenzorok elsősorban minőségi felügyeletre, termékválogatásra szolgálnak.

3. Minőségre kritikus egyéb területek esetén pl. összezsapások közelében, nehezen kitölthető részek közelében, nehezen tartható szoros mérettűrések közelében, betéttörések közelében vagy egyéb kritikus helyeken is ajánlott lehet a szerszámnyomás mérés.

4. Nem ajánlott mérni: elosztó csatornában és a folyási út legvégén.

Kitöltési fázisban az ömledék állapotú anyag szabadon áramlik a formaüregben. Az anyag érintkezik a hideg szerszámfallal és az áramlási keresztmetszet külső héja „megszilárdul”, megtapad a szerszám falán. Csak a belső mag áramlik tovább, ezt nevezik kifejtő áramlásnak. A megdermedt külső réteg folyamatosan vastagszik, a belső áramló mag keresztmetszete vékonyodik, ami nagymértékben megnehezíti az anyag továbbjutását. Mivel a folyamat időfüggő, így megállapítható, hogy érdemes a kis kitöltési időre, azaz a nagy fröccs-sebességre törekedni, ezzel csökkenthetjük a formaüregben ébredő nyomást, a szerszámbetétek túlterhelését. A 4. ábra a szerszámnyomás és a specifikus nyomás arányát szemlélteti kis- és nagy fröccs-sebesség mellett (90%-os kitöltöttségnél mérve). A kitöltési idő 2,3 illetve 0,6 másodperc. A fröccs-sebesség növelésével a specifikus (külső) nyomás kismértékben nő, a szerszámnyomás pedig nagymértékben csökken. Ez első hallásra ellentmondásosnak tűnik, de ne feledjük, hogy a szerszámfal hűtő hatása már a kitöltési fázisban elkezdődik és a belső áramló mag keresztmetszete folyamatosan csökken, ami megnehezíti az anyag áramlását.

A kitöltési fázisban mért szerszámnyomás ritkán haladja meg a 200 bar értéket. Ez indokolja azt is, hogy a kitöltési fázisban ritkán alakul ki sorja. Amennyiben a 90%-os kitöltöttség előtt mégis sorja képződik, akkor azt egyértelműen szerszám hiba okozza. Ilyen esetben meg kell vizsgálni, hogy a szerszám illesztése hogyan javítható a kritikus területeken. A nagy fröccs-sebesség esetenként termikhibát (Diesel hatás, nyírási beégés, vetemedés stb.) eredményezhet. Ilyen esetben csökkenthető vagy profilozható a fröccs-sebesség (ami első körben nem cél) a hibát a szerszám módosításával ajánlott megszüntetni.

Egyes szakirodalmak a „reológiai görbe” meghatározásával [1,2,3] adják meg az „ideális” fröccs-sebességet. Véleményem szerint az így meghatározott sebesség a minimálisan elfogadható. Az áramlási sebesség növekedésével az anyag viszkozitása, annak nyírási érzékenységének ( $n$ ) függvényében csökken. Bizonyos alapanyagok (pl. PC) viszkozitása kismértékben csökken a sebesség növelésével, ezért tapasztalható, hogy a kitöltési fázisban a gépek gyakran elérik a fröccsnyomás felső határát, ilyenkor a sebesség már tovább nem növelhető.

A kitöltési fázis a szerszámfészek 100%-os kitöltöttségéig tart. A kitöltési fázisban törekedni kell arra, hogy az ömledékfront egyenletes sebességgel áramoljon a fészekben. Ezt a csigadugattyú sebességének profilozásával érhetjük el. Vegyük figyelembe, a gép állapotát és azt, hogy a csigadugattyú milyen gyorsulásra vagy lassulásra képes. A gép állapotától és típusától függően  $\pm 1000 \dots 3000 \text{ mm/s}^2$  gyorsulással számolhatunk, így nem érdemes rövid útszakaszra több sebességfokozatot beállítani, mivel a gép úgysem tudja azt megvalósítani. Nagy jelentősége van a 95% feletti kitöltésnél tapasztalt ömledékfront sebességnek, ugyanis a teljes kitöltöttséget megelőző pillanatban leggyakrabban felgyorsul az ömledékfront sebesség. Logikusnak tűnik az átkapcsolás előtt a csigadugattyú sebességének a csökkentése. Az ipari gyakorlatban ezt úgy oldják meg, hogy 90...95%-os kitöltöttségnél átkapcsolnak. Ezzel a gépbeállítási módszerrel a sorjásodás ugyan elkerülhető,



4. ábra. Fröccs-sebesség hatása a külső és belső nyomásra

azonban a sebesség vezérlés helyett nyomásvezérlés mellett fejezzük be a formaüreg kitöltését és kezdjük el a nyomás felépítését (tömörítés). Tudnunk kell, hogy a nyomással történő kitöltés az anyag és gép oldalról is kedvezőtlenebb. Véleményem szerint a korai átkapcsolást ajánlott kerülni. Sokkal stabilabb megoldás a csigadugattyú sebességét a fröccs-sebesség 1/10 részére csökkenteni 90...95%-os töltöttségnél, befejezni a kitöltést és stabilan felépíteni a tömörítési nyomást, amire a következő fejezetben térek ki.

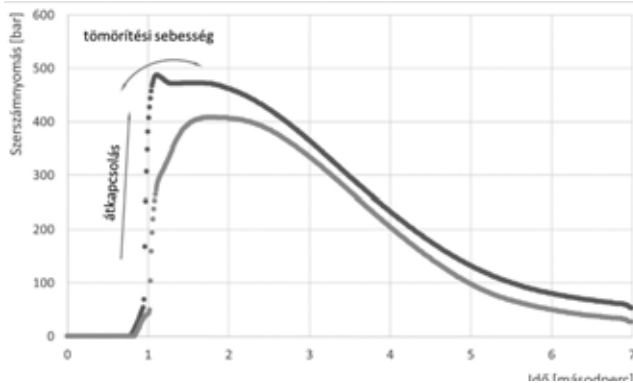
#### Kitöltési fázis jellemzői:

- Törekedjünk nagy csigadugattyú sebességre, kis kitöltési időre;
- Törekedjünk az állandó ömledékfront sebességre;
- Kitöltés során tapasztalt sorjásodás, beégés szerszámhibára vezethető vissza;
- Akkor profilozzuk a fröccs-sebességet, ha ez valóban indokolt és a gép képes megvalósítani;
- Lassítsuk le a csigadugattyút a kitöltés 90...95%-nál a töltési sebesség 1/10 részére;
- Lassú csigadugattyú sebességgel kontrollált körülmények között érjük el az átkapcsolási pontot.

#### 3.2. Tömörítés

A formaüreg 100%-os kitöltöttségének pillanatában az ömledékfront eléri a folyási út végét. Ettől a pillanattól kezdve már az anyag összenyomása, komprimálása kezdődik, ezt nevezzük *tömörítés-*

nek. **A kitöltés és tömörítési fázis nem azonos a fröccsöntés és az utónyomás fázissal!** Az utónyomással történő tömörítés viszonylag lassú, instabil és nem ajánlott. Ne feledjük, hogy minden 0,1 másodpercben vastagodik a héjrteg a formaüregben. Stabilabb és precízebb megoldás, ha a tömörítési nyomás felépülését a fröccsöntési fázisban az átkapcsolási pont előtti utolsó lassú sebességfokozattal (tömörítési sebességgel) állítjuk be (5. ábra).



5. ábra. Két szerszámnyomás görbe. Tömörítés utónyomással (zöld) és fröccsöntéssel (kék)

A tömörítési nyomás nagyságát az átkapcsolási pont mozgásával tarthatjuk kézben (pozíció szerinti átkapcsolás). Amennyiben az átkapcsolási pozíciót csökkentjük és később kapcsolunk át, akkor a szerszámnyomás csúcs (tömörítési nyomás) növekedni fog, értelem szerint korábbi átkapcsolásnál pedig csökken. A szerszámnyomás (tömörítési nyomás) felfutásának meredekségét a csigadugattyú sebességének második lassú fokozatának változtatásával tarthatjuk kézben. Mivel a csigadugattyúnak időre van szüksége a lassuláshoz ezért kezdjük el annak lassítását 90...95%-os kitöltésnél. Amennyiben műszerezett szerszámmal végezzük a technológizálást, akkor a csigadugattyú sebességprofilozását a tömörítési nyomás nagyságát, felépülésének idejét precízen, tudatosan és kontrolláltan állíthatjuk be. Ezt nevezzük a technológia finomhangolásának. A szerszámnyomásgörbének ingadozásoktól mentes egyenletes lefutásúnak kell lennie. Ez biztosítja a folyamat stabilitását.

### 3.2.1. Fészekegyensúly, fészkek balansz

A gépbeállítás célja, hogy minden fészekből azo-

nos minőségű darabok essenek ki. Ez akkor teljesül, ha:

- azonos hőmérsékletű anyag tölti ki a fészkeket;
- azonos sebességgel töltődnek a fészkek;
- azonos a szerszámnyomás és annak időbeli lefutása minden fészekben;
- azonos a hűtési sebesség minden fészekben.

A fészekegyensúly gyakorlati beállítása kétféle módon történhet:

1. Műszerezés nélkül 90%-osan töltött termékek tömegét hasonlítjuk össze fészkenként;
2. Műszerezett szerszámnál a tömörítési nyomás felfutásának idejét figyeljük.

Műszerrel a balansz beállítása úgy történik, hogy - amennyiben lehet- utónyomás nélkül építjük fel a tömörítési nyomást és hasonlítjuk össze azok felfutásának idejét. *Fűtött csatornás szerszámoknál* a fűvókacsúcs hőmérsékletekkel tudjuk az anyag hőmérsékletét és egyben folyóképességét változtatni. A magasabb csúcs hőmérséklet gyorsítja, az alacsonyabb pedig lassítja az áramlást. Ennek tudatában a tömörítési nyomáscsúcsok időben eltolhatók. A cél, hogy a formaüreg kitöltése 0,05 másodpercnél kisebb eltéréssel valósuljon meg. *Fűtöttcsatornás szerszámoknál* minden gyártásindításnál a balansz beállítást el kell végezni.

*Hidegcsatornás szerszámoknál* más módszert kell alkalmazni, a csatorna keresztmetszetet kell szűkíteni ill. bővíteni. A gátkeresztmetszetek módosítása egyszerűbb megoldásnak tűnik, azonban ez számos más jellemzőre is hatással van (nyírási hőfejlődés a gáton, hasznos utónyomási idő stb.). Az elosztó csatorna keresztmetszetének szűkítésével az áramlási sebesség csökkenthető és a gyorsabban töltődő fészkekbe áramló anyag sebessége csökkenthető.

### 3.2.2. Átkapcsolási módszerek

A fröccsöntési fázisban a csigadugattyú sebességét vezéreljük, utónyomás fázisban viszont a csigadugattyú nyomását tartjuk kézben. Azt a pillanatot, amikor az egyik vezérlési típusról a másikra váltunk át, átkapcsolásnak nevezzük. Fontos megjegyezni, hogy a fröccsöntési fázisban egy biztonsá-

gi nyomáshatárt állíthatunk be a fröccsöntőgépen, amit viszont normális gyártás során sosem szabad elérnünk. Ez a nyomáshatár a fröccsidő felügyelettel együtt képes a szerszám túlterhelését megakadályozni, pl. egy hibás fűvókacsúcs lehülése esetén. Egyes géptípusoknál utónyomás fázisban korlátozható a csiga maximális sebessége. A túl alacsony sebességkorlát indokolatlanul lassú és kontrollálatlan tömörítési sebességet eredményezhet.

A gyakorlatban *csigapozíció* szerinti átkapcsolással dolgoznak a szakemberek, mivel ezt a legkönnyebb kézben tartani és az esetek döntő többségében megfelelő pontosságot és reprodukálhatóságot eredményez. Kopott csigacsúcs, rövid fröccsidő ( $t_{\text{fröccs}} < 0,3 \text{ sec}$ ) vagy rossz gépállapot esetén ez a módszer nem mindig kielégítő.

*Idő szerinti átkapcsolást* alacsony fröccsidő és kis adagolási pozíciónál ajánlott használni, mivel a gép az időt tudja a legpontosabban mérni és az útjeladó hibája kiküszöbölhető.

*Külső nyomás/hidraulika nyomás szerinti átkapcsolás* egyes gépeken beállítható, de nem ajánlott. *Szerszámnyomás szerinti átkapcsolást* a szakirodalom a legpontosabb technikának írja le, ami bizonyos esetekben igaz is. A beállítást út szerinti átkapcsolással érdemes kezdeni, ezzel egyidőben el kell végezni a részleges kitöltési próbákat. A kitöltés, a tömörítés és a fészekbalansz beállítását követően állandó paraméterek mellett meg kell figyelni a szerszámnyomás görbék ismétlődését. Ha ezek ciklusról-ciklusra teljesen azonosak, akkor nem szükséges a szerszámnyomás szerinti átkapcsolással bonyolítani a gépbeállítást, maradjunk az út szerinti átkapcsolásnál. Ellenkező esetben érdemes a nyomásszerinti átkapcsolást választani. Többkomponensű fröccsöntés, kopott csigacsúcs vagy henger, 1D-nél kisebb adagolási úti vagy hibás működésű fűtött csatornarendszer indokolhatja a módszer választását. Visszatérő kérdés, hogy több fészkes szerszámnál melyik szenzor jele határozza meg a fröccsidőt, azaz az átkapcsolás pillanatát. A Cavity Eye rendszer figyelembe veszi, hogy a nyomásmérő szenzorok a folyási út elején,

vagy végén helyezkednek el. Az egyes szenzor csoportokat „ÉS” ill. „VAGY” kapcsolatba rendelhetjük. Az „ÉS” kapcsolat esetén az összes kijelölt szenzornak el kell érnie az átkapcsolási nyomást, „VAGY” kapcsolat esetén bármelyik szenzornyomás kiadhatja az átkapcsolási jelet. Ezzel a módszerrel már a többfészkes szerszámok nyomás szerinti átkapcsolása is könnyen kézben tartható. A szerszámnyomás szerinti átkapcsolás alapja a megfelelő fészekbalansz megléte. Tegyük fel, hogy az átkapcsolási jelet 300 bar szerszámnyomáson adja ki a Cavity Eye rendszer. 300 bar-t elérve a fröccsöntőgép átkapcsol utónyomásra, de a csigadugattyú és a mechanikai részek tehetetlensége miatt nagyságrendileg 0,01...0,1 másodperc késéssel reagál a fröccsöntőgép. Ennek hatására a formaüregben ébredő szerszámnyomásúcs meg fogja haladni a beállított 300 bar-t. Tömörítési sebességtől függően 350...800 bar tömörítési szerszámnyomásúccsal számolhatunk, ami teljesen normális.

### 3.2.3. Sorjaképződés

A szakirodalomban azt találhatjuk, hogy a záróerőnek nagyobbak kell lennie, mint a nyitóerőnek. Vizsgáljuk meg a sorja kialakulását, tisztázzuk, hogy a leképzés melyik fázisában jön létre. Az előzőekben már elemeztük, hogy a kitöltési fázisban kialakuló sorja legyakrabban szerszámhibával magyarázható, esetenként a nagy fröccssebesség is okozhatja. Egy 50-80%-ban kitöltött darabnak nem szabad sorjásodnia minimális záróerő mellett sem.

Leggyakrabban a tömörítési fázisban alakul ki a sorja. Ekkor még a termék külső héja vékony, és a pillanatszerűen felépülő tömörítési nyomás hatására a belső, ömledék állapotú kis viszkozitású mag képes azt áttörni és a szerszámillesztési réseibe belépni. Technológiai szempontból az alacsonyabb tömörítési nyomás vagy a lassabb tömörítési sebesség is képes a problémát megoldani. Soha ne a záróerő növelésével szüntessük meg a sorját, mert az a szerszám fölösleges túlterhelését okozza és nem nyújt tartós megoldást. Nagy falvastagságú termékeknél megoldás lehet az alacsonyabb tömő-

rítési nyomás és a fokozatosan növekvő utónyomás alkalmazása. Ezzel a módszerrel időt hagyunk a héjréteg megvastagodására, így a belső mag már nem lesz képes azt áttörni.

Fontos felhívni a figyelmet arra, hogy a sorját akár a szerszám nem megfelelő tisztítása, elmaradt karbantartása is okozhatja.

Hűtési fázisban a sorjaképződésnek minimális esélye van.

A gépbeállító szakember határozhatja meg, hogy mekkora tömörítési nyomást kíván alkalmazni és a tömörítési nyomáshoz kell beállítani a záróerőt is. Alacsonyabb tömörítési nyomás kisebb záróerőt indokol.

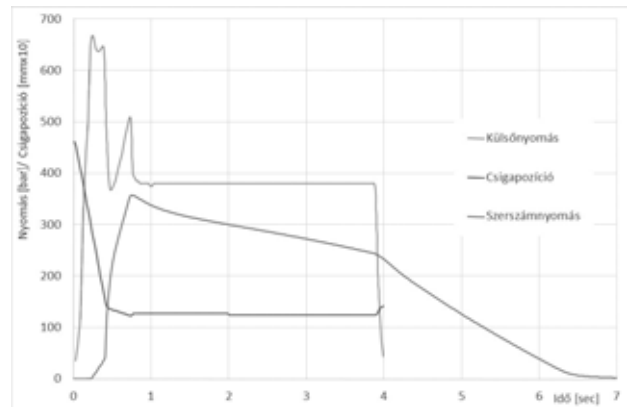
#### Tömörítési fázis jellemzői:

- Az átkapcsolási ponttal állítsuk be a szerszámnyomás maximumot, tömörítési nyomás;
- Az átkapcsolási pont előtti lassú csigadugattyú sebességgel határozzuk meg a tömörítési nyomás felfutási sebességét;
- A tömörítési fázis alapján állítsuk be a fészek egyensúlyt;
- Ha ciklusonként változik a tömörítési nyomás maximum, akkor válasszuk a szerszámnyomás szerinti átkapcsolást;
- A tömörítési nyomáshoz válasszuk meg a szerszám záró erejét;

#### 3.3. Utónyomás

A szakirodalomban máig nem lehet egyértelmű leírást találni arra, hogy mekkora utónyomást szükséges beállítani a gépeken. Általában egy ajánlással találkozhatunk, mégpedig az átkapcsolási nyomás nagyságának 50..70%-ban határozzák meg. Ez a szabály félrevezető a gyakorló mérnök számára, így nézzünk meg egy egyértelmű és könnyen használható módszert, ami a szerszámnyomás-mérése alapján alapul szolgál.

A kitöltést és tömörítést követően a legfontosabb feladatunk az üregben felépített nyomásmaximum, tömörítési szerszámnyomás megtartása, ha lehet az állandó értéken tartása. Ezt úgy tudjuk elérni, hogy addig növeljük a gépen beállított utónyomást, ameddig az állandó értéken nem tartja a szerszámnyomást. Amennyiben a nyomásmérő szenzor a gát közelében



6. ábra. A leképzés szakaszai kétlépcsős fröccs-sebesség szabályzással beállítva

van, ezt a beállítást pontosan meg tudjuk valósítani. Ha a szenzor a folyási út végén található, akkor a tömörítési nyomás megtartása lényegesen nehezebb feladat és nem is cél, főleg kis falvastagságú termékeknel nem az. Ezzel a módszerrel a tömörítési sebesség, az átkapcsolás és az utónyomás összehangolható és stabil, nyomásingadozástól mentes beállítást eredményez.

A modern fröccsöntőgépeken úgynevezett *rámpát* alkalmazhatunk az átkapcsolási nyomás és az utónyomás között. Ez azt jelenti, hogy az átkapcsolási nyomásról fokozatosan 0,05...0,1 másodperccel késleltetve, fokozatosan csökkentjük a nyomást az utónyomás értékére. A rámpának egyértelmű és intenzív hatása van a szerszámnyomásra és így a termékminőségre is. A rámpa valójában a gép működését segíti, mivel pillanatszerűen a gépek nem képesek a hirtelen nyomáscsökkentésre. Gyakran megessik, hogy a közel 2000 bar-os átkapcsolási nyomásról néhány 100 bar-ra kell lecsökkenteni, amit a gépek nem képesek megbízhatóan reprodukálni. A rámpa ezt az átmenetet és a reprodukálhatóságot segíti elő.

Amennyiben a formaüregben mért utónyomás kisebb, mint a tömörítési nyomás, akkor tömörítési fázisban fölöslegesen terheltük a szerszámot, az anyag visszaáramlik a beömlő rendszerbe. Ilyenkor hirtelen fészeknyomás csökkenést tapasztalunk átkapcsolást követően. Túl nagy utónyomás esetén egy elhúzó és lassú nyomásemelkedést látunk a szerszámnyomás görbén.

Az utónyomás nagyságának beállítását idejének meghatározását a termékek tömegének mérésével

vagy a szerszámnyomás görbe elemzésével végezhajtuk el [4,5,6]

Amíg fröccsöntés fázisban a csigadugattyú sebességét kontrolláljuk és a nyomását határoljuk, addig az utónyomás fázisban a csigadugattyú nyomását kontrolláljuk és a sebességét határoljuk. Ha valaki az utónyomás fázisban lekorlátozza a csigadugattyú sebességét, akkor ennek eredményeképpen az utónyomás csak nagyon lassan fog felépülni és teljesen hibás gépműködést eredményezhet.

#### Utónyomás fázis jellemzői:

- A fröccsöntési fázisban felépített tömörítési szerszámnyomást tartsuk meg;
- Rövid utónyomásai idővel határozzuk meg a tömörítési nyomáshoz szükséges gépi utónyomás értéket;
- Fokozatosan növeljük az utónyomás idejét, addig, amíg annak hatása van a szerszámnyomás görbére;
- Szükség esetén profilozzuk az utónyomást;

#### Összefoglalás

A tanulmányban a teljes fröccsöntési folyamat beállításából a leképzés egyes szakaszai kerültek bemutatásra (kitöltés, tömörítés, utónyomás). Tapasztalataim szerint a legtöbb esetben ajánlott a nagysebességű kitöltésre törekedni. A fröccsöntési fázis végén lassú csigadugattyú sebességgel érdemes a tömörítési fázisban a szerszámnyomás-csúcsot felépíteni. Az utónyomás feladata a felépített tömörítési nyomás megtartása. A folyamatot jól szemlélteti a 6. ábra. A kék görbe a külső - hengerben ébredő - nyomást szemlélteti. Az első csúcs (ez esetben dupla csúcs) az anyag viszkozitásával arányos nyomásérték. A második jól elkülönülő csúcs a tömörítési nyomással arányos, ez az átkapcsolási nyomás. Az átkapcsolási nyomásról a gép kb. 0,1 másodperc alatt vált át a beállított 380 bar-os utónyomásra. A piros színű görbe a csigadugattyú pozícióját szemlélteti. Ezen is jól elválnak a nagysebességű kitöltés, a lassú, sebesség kontrollált tömörítés és az utónyomásai szakasz. A szerszámnyomásgörbén (zöld vonal) szintén szépen elválnak egymástól az egyes szakaszok és rögtön fel

is tűnhet, hogy az utónyomás fázisban enyhén csökken a nyomás és az utónyomás végén még egy enyhétörés is kirajzolódik. A Cavity Eye műszer segítségével könnyedén optimalizálható az utónyomásai profil. A teljes folyamattal részletekbe menően a Cavity Eye tanfolyamokon foglalkozunk. Remélhetőleg sikerült egy kis betekintést adnom a fröccsöntőgépek beállításának mérésen alapuló módszerébe.

A hűtés és adagolás beállításait egy későbbi publikációmban ismertetem.

Kérdés esetén bátran vegye fel velünk a kapcsolatot.

#### Irodalmi hivatkozások

- [1] [www.fimmtech.com](http://www.fimmtech.com)
- [2] Szűcs András: *Rheological and thermal analysis of the filling stage of injection moulding*, eXPRESS Polymer Letters, **6(8)**, 672-679, 2012
- [3] Szűcs András, Belina Károly: *Reológiai jellemzők meghatározása műszerezett fröccsöntő szerszámmal*, Műanyag és Gumi **12.**, 476-478, 2009.
- [4] Szűcs András, Belina Károly: *Polimerek folyásának tanulmányozása spirál szerszám alkalmazása*, Műanyag- és gumiipari évkönyv 13-14. oldal 2008.
- [5] Szűcs András, Belina Károly: *Kitöltési folyamat tanulmányozása fröccsöntőszerszám formaüregében*, Műanyag- és gumiipari évkönyv. 13-15. oldal, 2006.
- [6] Szűcs András, Belina Károly: *Vastagfalú termék leképezésének analízise „Cavity Eye” belsőnyomás mérő-rendszerrel*, Műanyag- és gumiipari évkönyv. **50(2)** (2013)

Dr. Szűcs András, Horváth Szabolcs,  
Vámos Dániel  
Cavity Eye Hungary Kft.  
email: [info@cavityeye.com](mailto:info@cavityeye.com)  
Tel.: 06-30-313-86-75  
web: [www.cavityeye.com](http://www.cavityeye.com)  
Cím: 6000, Kecskemét Szellő utca 1.