

## Fröccsöntési trükkök a nagyobb profit eléréséhez

Egy fröccsüzem nyereséges működésének egyik alapfeltétele, hogy megfelelő szakértelmű dolgozókat alkalmazzon. Fontos a megelőző karbantartás, a minél nagyobb fokú gépesítés és automatizálás. Elemezni kell az egyes megrendelések/termékek nyereségességét és meg kell szabadulni a veszteséges megrendelésektől. A fröccsszerszám megfelelő kialakítása kulcstényező az eredményes termeléshez.

*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; szerszámkialakítás; PA; ABS.*

Minden fröccsöntő üzemben rendkívül fontos az ott dolgozók szakértelme. A fröccsöntésnél, akárcsak az élet más területein a legokosabb emberek is tudják, hogy nem tudnak mindent.

Ne szabad elfelejteni, hogy ha valamit megváltoztatnak, akkor kibillentik a rendszert korábbi egyensúlyi állapotából. Remélhetőleg eléri a hibaelhárítási céljukat is, de szinte mindig más változások is bekövetkeznek. A kérdés az, hogy hogyan lehet a feldolgozási paraméterek olyan egyensúlyát beállítani, amely a legjobb termelékenységet eredményezi. Ehhez kell az a szaktudás, amit csak tanulással lehet elsajátítani. A tudást többféle módon lehet megszerezni.

*Szakkönyvek:* Számos publikáció jelent meg a fröccsöntésről. Ezek egy része nagyon bonyolult matematikát és kémiát tartalmaz, azonban valamennyi hasznosságát behatárolja a szerző(k) ismereteinek mértéke. Jó példa az a könyv, amelynek szerzője szerint minden fröccsöntési probléma megoldható tervezett kísérletekkel. Noha ez elméletileg igaz állítás, de egy gyártó cégnél nem örülnének, ha egy mérnök az egész munkanapot azzal töltené, hogy termelés helyett kísérletezget a gépen. Nem szabad elfeledni, hogy az egyetemeken megszerzett „műanyagos” tudományos fokozat nem mindig azonos a fröccsöntés terén szerzett szaktudással.

*Számítógépes tréningek:* Hozzá lehet férni számos (többnyire angol nyelvű) jó elektronikus tréningtanfolyamhoz. Ez jóval dinamikusabb módja a tudás megszerzésének, de ezt is bekorlátozza a szerző(k) szakismerete. A legjobb hasonlat a számítógépes háborús játékok és a tényleges csatateri élmények összevetése.

*Beépített stratégiák:* van fröccsgépgyártó, aki gépéhez olyan szoftvert is ad, amely végig irányítja a feldolgozó lépéseit egy új szerszám átvétele során. Ez egyúttal a ciklus optimalizálását is segíti, azonban ez sem csodaszer.

*Gyakorlat:* noha a fenti források alkalmazása nagyon hasznos kiegészítés, az igazi tudást a gyakorlatban, a gép mellett állva lehet megszerezni, különösen akkor, ha bátran kísérleteznek és tanulnak a hibákból. Ne szabad elfelejteni, hogy a hibákból sokkal többet lehet tanulni, mint a sikerekből.

## A filozófia

*Egy fröccsüzem veszteségeinek közelítőleg 80%-a a gyártási megrendelések 20%-ára vezethető vissza.*

A fröccsöntés egy teljesen automatizált, tömegtermelési eljárás, melynek során minimum több ezer terméket állítanak elő. Az eredményes működéshez mindenképpen a józan észre kell hallgatni. Az alábbi szempontokat mindenképpen figyelembe kell venni:

- csak minden egyes szerszámfészek teljes kitöltésével szabad dolgozni,
- kötelező elvárás, hogy minden fészket közel azonos sebességgel kell kitölteni,
- nincs mentség a rosszul működő szerszámokra és fröccsgépekre; a megelőző karbantartás sokkal olcsóbb, mint a meghibásodás utáni javítások,
- a gépek mindig olcsóbbak és megbízhatóbbak, mint az emberek; meglepő, hogy egy kis kreativitással mi minden érhető el akár csak egy beömlőcsontot kiemelő szerkezettel. A teljes körű automatizálás kevésbé ingadozó fröccsciklusokat, jobb kihozatalt és nagyobb profitot eredményez.

A fröccsöntés célja kétségtelenül a profitszerzés. Ha az elmúlt néhány hónap során teljesített megrendelések eredményességét egy *Pareto diagramon* ábrázolják, és azt rögzítik, hogy az egyes megrendelések valójában mekkora költséggel jártak (figyelembe véve az újragyártást, a selejtet stb.), fontos információkhoz juthatnak. Érdeemes ábrázolni az 1000 darabra jutó tényleges profitot is. A kis darabszámú megrendeléseken realizált veszteség akkor is veszteség, ha ezzel ellentétben a nagy megrendelések nagy profitot eredményeznek. A 80/20 Pareto elvet alkalmazva ki fog derülni, hogy a veszteség 80%-a a megrendelések 20%-ából ered. Így már megtudható, hogy hol kell változtatni.

Most már csak a „veszteséges” megrendelésekre koncentrálva kell elkészíteni egy újabb Pareto diagramot, hogy megállapíthassák, mi okozza a veszteséget:

- megnövekedett anyagköltség, amelyet nem tudnak áthárítani a megrendelőre,
- hosszabb ciklusidő, amelyet nem tudnak áthárítani a megrendelőre.
- nagyobb selejtarány,
- karbantartásra szoruló gép vagy szerszám,
- a kalkulálnál hosszabb indítási/átállási idők.

*Megjegyzés: a Pareto elv Vilfredo Pareto nevéhez fűződik, aki 1906-ban azt állította, hogy a megtermelt javak 80%-a a társadalom 20%-ához kerül. Később J. Juran hasonló megállapításra jutott a minőségügy területén, hogy ti. a bekövetkező problémák 80%-át az elkövetett hibák 20%-a okozza. A Pareto elv kiterjeszhető más területekre is, pl. a vállalat tevékenységének 20%-a hozza meg a jövedelem 80%-át.*

*Anyagköltség:* az anyagok ára a feldolgozónak nincs ráhatása. Sok megrendelő azt a stratégiát használja, hogy évente egyszer hajlandó figyelembe venni az alapanyag árváltozásait. Célszerűbb minden egyes megrendelésnél ellenőrizni a műanyag alapanyag aktuális beszerzési árát. Ha ez magasabbnak bizonyul, mint az eredetileg számított érték, közölni kell a megrendelővel, hogy csak az új anyaggal módosított értéken hajlandóak szállítani.

*Hosszabb ciklusidők:* ha a ciklusidő csökkentésére irányuló erőfeszítések sikertelenek voltak, ártárgyalásokat kell kezdeményezni, mielőtt az új megrendelést vizsgálják.

Mind az anyagár, mind a ciklusidő miatt indított ártárgyalások esetében persze nagy csatározásokra kell felkészülni, de:

1. magasabb árat fognak kapni, mert a vevőnek szüksége van a termékre,
2. ha a megrendelő nem hajlandó elfogadni a magasabb árat, ne igazolják vissza a megrendelést, hanem azonnal adják vissza a szerszámot. Ez azt feltételezi, hogy már az első megrendelés elfogadásakor átadták „visszalépési politikájuk” egy példányát, amelyben kifejezték áremelési igényüket az időközben megemelkedő anyagárak, munkaigény, csomagolás stb. esetére.

Ez az eljárás „a csorda megritkítása”. Azt jelenti, hogy azokra a megrendelésekre tudnak koncentrálni, amelyek profitja lehetővé teszi a vállalat működését.

## **A fröccsszerszám**

Noha furán hangzik, mégis *a fröccsszerszám fogja meghatározni a ciklusidőt és a termék minőségét.* A szerszámnak két dolgot kell megvalósítania: először is, ez egy üreg, amit a műanyagnak ki kell töltenie. Másodszor pedig a szerszám egy hőcserélő. E két dolognak azonban együtt kell működni.

### *Szerszámosztás és szellőzők*

Először azt kell meghatározni, hogyan fog a szerszám nyitódni és záródni: ez a szerszámosztás. Gyakran ez nem egy síkban helyezkedik el, ezért az illeszkedésnek tökéletesnek kell lennie. A szerszámrészeket szétfeszítő nagy fröccsnyomás ellenére a szerszámnak a záróegység erőhatása segítségével zárva kell maradnia. Hogy ezt megfelelően valósítsa meg, a szerszámosztásra előterhelést kell adni. Vagyis, amikor a teljes záróerőt ráadják, a szerszámfeleket rugalmasan, néhány század mm-rel össze kell nyomni, hogy létrejöjjön a tökéletes folyadékzárás.

Mielőtt a műanyagömladék feltöltené az összezárt szerszámot, az tele van levegővel, a levegőt pedig el kell távolítani. Ezt vagy vákuumozással lehet elérni, vagy olyan szellőzőrések kialakításával, amelyeken át a műanyagömladék beáramlása során a levegőt kiszoríthatja. Ha nem sikerül a levegőt teljes mértékben eltávolítani, a terméken beégési vagy folyási nyomok jelenhetnek meg. A szellőzőrések szélességét a műanyagömladék viszkozitása határozza meg: pl. a nagyon kis viszkozitású, vagyis jól folyó poliamidhoz jóval kisebb szélességű szellőzőrésekre van szükség, mint a na-

gyobb viszkozitású ABS-hez. E téren célszerű az alapanyaggyártók ajánlásait figyelembe venni. A szellőzőrések mélységét olyan nagyra kell méretezni, hogy az esetleg mégis áthatoló anyag ezen a felületen teljes mértékben megdermedhessen. A szellőzőréseket természetesen megfelelő kivezető csatornával kell ellátni, hogy a rajtuk keresztül kiszorított levegő a környezetbe juthasson.

## Szerszámkitöltés

A szerszámüreg kitöltésekor folyékony műanyagömlédeket juttatnak be egy fémszerszámba, amelynek hőmérséklete jóval a műanyag olvadáspontja alatt van. Szerencsére ilyen körülmények között a polimer kívülről befelé szilárdul meg, és ez időt ad arra, hogy az ömladék közepe folyékony maradjon és teljesen kitöltse a szerszámüregget. Az általában egyenletes sebességű hűlés következtében *mindig a vastag falú részeket kell elhelyezni a beömlést.* Fordított esetben ugyanis a vékony falú részen a műanyag megdermedve lezárja a további beáramlást.

A polimermolekulák hosszúak és gyakran elágazásokat is tartalmaznak. Mivel egyik végük a már megdermedt rétegben lehet, míg a többi részük a még folyékony közegben, az áramlás kinyújtja őket, ami az ömladék ún. látszólagos viszkozitását eredményezi. Ez azt jelenti, hogy a szerszámban gyorsan áramló műanyag alacsony viszkozitású folyadékként viselkedik. A polimermolekulák azonban az összegabalyodott állapotra törekszenek. Ha egyszer az áramlás lelassul vagy megszűnik, azok a molekulák, amelyek még a folyékony fázisban vannak, összehúzódva gyorsan felveszik gabalyodott elrendeződésüket.

A folyadékok a nyomás hatására mindig a legkisebb ellenállás irányába áramlanak. Ezért az elosztócsatornákat és a gátakat minden szerszámfészek esetén úgy kell méretezni, hogy a belőlük kikerülő darabok tömege 5%-nál kevésbé térjen el az átlagos tömegtől. Ha egy fészekből kikerülő terméknek túl nagy a tömege, ez azt jelenti, hogy ez a fészek telik meg először, és az utónyomás során túl sok anyag pakolódott bele. Ez lesz az a problematikus fészek, amelybe a darab gyakran beragad. Ha viszont túl kicsi a darab tömege, ez azt jelenti, hogy ennek a fészeknek a teljes kitöltéséhez a többit túl kell tölteni, különben tele lesz folyási vonalakkal, beszívódásokkal és/vagy lunkerekkel.

A fentiek miatt célszerű a szerszámot minél gyorsabban kitölteni a folyékony műanyaggal, és azután nyomás alatt tartani, hogy kiegyenlítsék a lehűlés során bekövetkező összehúzódás hatásait, és lehetővé tegyék a polimermolekulák számára, hogy felvegyék az egyensúlyihoz közel álló orientációjukat.

A fröccsöntés egyúttal egy hőátadási folyamat is. Felmelegítik a műanyagot, hogy megolvadjon, majd beinjektálva egy szerszámba, az azt kitöltő műanyag lehül. Ennek során egyenletes hőátadásra van szükség. Egy doboz alakú termék esetében például a kidobótüskéket a sarkokon kell elhelyezni, hogy megkönnyítsék a kidobást. A sarkokon általában nem alkalmaznak hűtést. Ezért a doboz sarkain és élein hő gyülemlik fel, és ez a falak befelé irányuló vetemedését idézi elő.

Általános szabály, hogy a vetemedés mindig a meleg oldal felé történik. Ezért úgy lehet trükközni, hogy szerszámfészek hőmérsékletét a kívánt értékre hűtik, de a mag hőmérsékletét csökkentik, ezáltal kompenzálják a mag rosszul elhelyezett hűtőcsatornáinak hatását.

Mivel ez egy hő-be, hő-ki folyamat, az ömledék hőmérsékletének az ajánlott hőmérséklet-tartomány közepén kell lennie. Ha a hőmérséklet az alacsony értékhatár közelében van, az lecsökkenti a hűtési időt, de ez gyorsabb megszilárdulást is eredményez, ezért a szerszámkitöltés nem lesz teljes. A magas hőmérséklet határ közeli érték használata jó szerszámkitöltést eredményez, de megnöveli a ciklusidőt.

## A darab lehűtése

Ha a fröccsszerszámra vonatkozó megrendelésben az szerepelt, hogy az adott geometriájú termékeket X másodperces ciklusidővel kívánják gyártani, nem szabad kompromisszumot kötni a szerszámpróba során. Ha ugyanis a megfelelő minőségű darabok csak a kívánnál hosszabb ciklusidővel készíthetők el, ez jelentős költségnövekedést okoz. Például ha egy nyolcfészes szerszámot 10 másodperces ciklusidővel használnak egy 100 USD/h költségű gépen, félmillió darab esetében minden másodperc ciklusidő-növekedés 1740 USD költségnövekedéssel jár. Ha tehát a darabok méretei a megrendelésben szereplő ciklusidővel nem megfelelőek, a szerszámot módosítani kell, és nem szabad elfogadni a ciklusidő megnövelését.

A gyártásnál mindig felmerül a kérdés, hogy a szerszámból kiemelt darabok mennyire legyenek lehűtve, azaz a kidobás előtt milyen soká tartásuk a darabokat a szerszámban. Az általánosan alkalmazott ökölszabály szerint addig, hogy a kiemelt darabok kézzel megfogható hőmérsékletűek legyenek. A tudományos megközelítés szerint *a kiemelhető darabok maximális hőmérséklete HDT értékük 80%-a*. Ha ennél alacsonyabb hőmérsékletre hűtik őket, az pénzkidobás.

Ugyanakkor a HDT 80%-ánál kiemelt darabokban még termikus zsugorodás játszódik le, továbbá feszültségrelaxációs zsugorodás/vetemedés léphet fel. Jobb azonban, ha a vetemedési hajlamot minél hamarabb észlelik, vagyis ha az még a fröccsüzemben jelentkezik, és nem a vevőnél, a csomagolás kibontása után. Ilyen esetben olcsóbb hűtőszablon használni, mint a ciklusidőt hosszabb hűtési idővel megnövelni. Ráadásul előfordulhat, hogy ha a hosszabb hűtési idővel gyártott és ezért a kidobás után már vetemedésmentes darabokat rögtön lecsomagolják, később mégis végbemegy a vetemedés.

Fontos tudni, hogy *a hűtés célja az olvadt állapotú műanyag megszilárdítása és nem gyors lefagyasztása*. A szerszámba befröccsentett polimermolekulák konformációja messze nem egyensúlyi állapotú. Olvadékállapotban a molekulák nagyon gyorsan, ezredmásodpercek alatt felveszik stabil, összegabalyodott formátumukat, de ha túl gyorsan lehűtik őket, akkor jelentős belső feszültségeket hoznak létre, ami általában utólagos vetemedéshez vezet.

Az egyenletes hűtéshez jó szerszámkonstrukció szükséges. A hőátadás hatékonyságát növeli, ha a hűtőcsatornában a hűtővíz áramlása turbulens jellegű. Ha a termék

nagyon vastag rész(ek)e)t is tartalmaz, amelye(ke)t nem hűtöttek le eléggé, az ott elhelyezkedő folyékony állapotú műanyag nyomása még az utónyomás értékén van, ezért kidobás után „felfújhatja” a termék még viszonylag lágy részét.

Összeállította: Dr. Füzes László

Tobin B.: Molding tricks for higher profits, part 1: The expert syndrome = [www.injectionworld.com](http://www.injectionworld.com), 2016. okt. 7.

Tobin B.: Molding tricks for higher profits, part 2: The philosophy = [www.injectionworld.com](http://www.injectionworld.com), 2016. okt. 14.

Tobin B.: Molding tricks for higher profits, part 3: The mold = [www.injectionworld.com](http://www.injectionworld.com), 2016. nov. 4.

Tobin B.: Molding tricks for higher profits, part 4: Filling the mold = [www.injectionworld.com](http://www.injectionworld.com), 2016. nov. 17.

Tobin B.: Molding tricks for higher profits, part 5: Cooling the part = [www.injectionworld.com](http://www.injectionworld.com) 2017. márc. 20.