

## Többfészkés- vagy termékcsalád-fröccsszerszám: melyiket mikor érdemes használni, melyek az előnyei?

A cikkben két közelálló, mégis lényegében eltérő szerszámtípus előnyeit és hátrányait hasonlítjuk össze, illetve arra nézve adunk tanácsot, hogy mikor alkalmazzuk az egyiket, illetve a másikat. Az egyik a jól ismert többfészkés szerszám, ahol sok, egyforma szerszámüreg van, a másik a termékcsalád-szerszám, ahol egy termékhez tartozó több különböző alakú, de hasonló méretű alkatrészt öntünk azonos színű és típusú anyagból

*Tárgyszavak: többfészkés szerszám, termékcsalád-szerszám, nyomáseloszlás, beömlő csatornák tevezése*

Fröccsöntés során a műanyag ömledéket egy formaüregbe injektálják. A kész termék felveszi az üreg, vagyis a kívánt alkatrész formáját. De mi van akkor, ha az adott termék több műanyag alkatrészt igényel ugyanabból az alapanyagból? A fröccsszerszám tervezése és gyártása drága és időigényes, itt jönnek szóba a többüreges formák és a termékcsalád-szerszámok. Ebben a cikkben megvitatjuk a többfészkés szerszámok és az ún. termékcsalád-szerszámok közötti különbséget, illetve azt, hogy hogyan lehet meghatározni az igényeinek legjobban megfelelő megoldást.

### A többfészkés szerszámok előnyei

A többfészkés szerszámok egynél több egyforma üreget tartalmaznak. Ugyanabban a fröccsöntési ciklusban képes több egyforma alkatrész legyártására, emiatt kiválóan alkalmas nagy darabszámú gyártáshoz. Néhány egyéb figyelemreméltó előny:

Rövidebb teljesítési idő: a szerződött kvóták hamarabb teljesíthetők, mivel több termék gyártható le ugyanannyi idő alatt.

- *Alacsonyabb szerszámgyártási költség:* pl. egy négyfészkés fröccsszerszám költsége kisebb, mint négy különálló szerszám legyártása.
- *Kisebb termékár:* a teljes munka- és gépi idő rövidebb, ezáltal kisebb a termék gyártási önköltsége.
- *Gyártási darabszám, méretezhetőség:* nehéz legyártani nagy darabszámú alkatrészsre vonatkozó kérést egyfészkés szerszámmal. A többfészkés szerszámformák teszik lehetővé nagy darabszámú megrendelések gazdaságos teljesítését rövid időn belül.

### Termékcsalád-fröccsszerszám előnyei

A termékcsalád-fröccsszerszám több különböző kialakítású, de hasonló méretű üreget tartalmaz. Például, ha egy adott műanyagtermék gyártásához két különböző, de közel azonos méretű alkatrész szükséges, akkor ezt egy termékcsalád-fröccsszerszámmal célszerű egyszerre lefröccsönteni.

A többfészkés szerszámok előnyei mellett, van néhány további előnye:

- *Egyszerűbb rendelés:* több alkatrészt tartalmazó termék rendelése bonyolultabb. Azonban egy termékcsalád-fröccsszerszám, amely megfelelő arányú alkatrészeket képes gyártani, leegyszerűsíti a folyamatot.
- *Kis mennyiségű rendelés lehetősége:* termékcsalád-fröccsszerszám költséghatékonyabb az kis mennyiségek rendelése esetén, mivel nem kell különböző szerszámokkal a gyártást párhuzamosan futtatni.
- *Ideális prototípus készítéshez:* Mivel egy termék teljesen összeszerelhető egyetlen termékcsalád-fröccsszerszám használatával, csökkenthető az előgyártási költsége.

Mivel ez egy bonyolultabb és összetettebb szerszám, célszerű már a projekt legelejétől együttműködni a megrendelővel, hogy biztosítható legyen a szerszámforma hatékony működése.

## **Többfészkés- vagy termékcsalád-fröccsszerszámok hátrányai**

Mindkét típusú fröccsszerszám működési folyamata nagyon hasonló, így előnyeik és hátrányaik sok szempontból megegyeznek. Bár hosszú távon pénzt takarítunk meg, de viszonylag nagy beruházási összeget igényelnek, összetettségük miatt hosszabb a tervezésük és legyártásuk is hosszabb időt igényel.

Mindkettőnek hasonló feltételeknek kell megfelelniük:

- A fröccsöntött műanyag alkatrészeknek azonos anyagúnak és színűnek kell lenniük. Nem lehet különböző alapanyagokat, illetve színeket használni a fröccsöntési folyamat során egyetlen többüreges vagy termékcsalád-fröccsszerszámokban.
- Az alkatrészeknek nagyjából hasonló méretűeknek és térfogatúaknak kell lenniük, hogy az összes szerszám egyformán és megfelelően legyen kitöltve. Az idő múlásával a különböző méretű vagy alakú részek részleges kitöltési, vagy másutt túl-fröccsenési hibákat okozhatnak.
- Fúvócsatorna típusa: a szerszámokban lévő alkatrészek száma meghatározhatja a használt csatornák/fúvókák típusát.
- Ha egy öntőforma nagyszámú alkatrészt tartalmaz, akkor melegcsatornára van szükség.

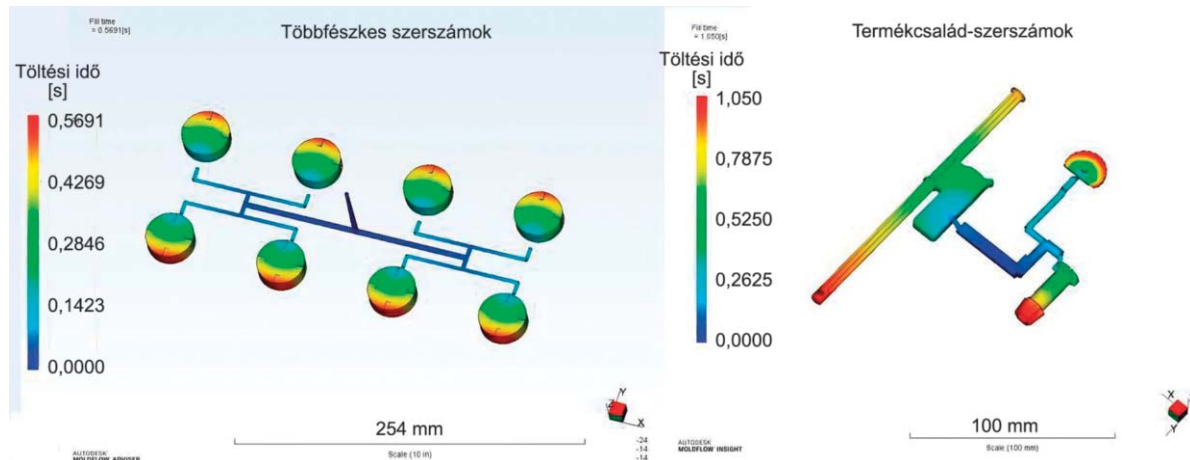
A termékcsalád-szerszámoknak azonban van néhány hátránya a többfészkés szerszámokhoz képest. A szerszám összetettsége miatt nagyobb a hibaaránya a különböző alkatrészek kiegyensúlyozatlansága miatt és mivel a termékcsalád formák több különböző alkatrészt tartalmaznak ugyanabban a szerszámokban, kezelésük is fokozottabb körültekintést igényelnek.

A többfészkés formák és a termékcsalád öntőformák sok hasonlóságot mutatnak, a döntés, hogy melyiket használjuk, végső soron az alkatrész összetettségétől függ.

## **Termékcsalád-fészkés fröccsszerszámok optimalizálása**

Jelentős összegeket és energiát fordítanak a műanyag alkatrészek tervezésének optimalizálására a gyártás és az összeszerelés optimalizálása érdekében. A fröccsöntés szimulációs szoftvereket, például az *Autodesk, Moldflow*-t gyakran használják a szerszámok megtervezéséhez, pl. a névleges falvastagság, a bordák, kiemelkedések kialakítása, valamint a bepattanó illeszkedés optimalizálására. Azonban az optimalizálás gyakran arra korlátozódik, hogy csak az üreg kitöltési mintázatát nézik, figyelmen kívül hagyva azt, hogy a fúvókák kialakítása hogyan befolyásolja az öntőforma kitöltési mintáját a formában és a gyártott alkatrészek minőségére ez hogyan hat. A fröccsöntési technológiát gyakran azért választjuk, hogy tömeges számban gyárthassunk

alkatrészeket gazdaságosan. Amikor áttérünk a formatervezésről a gyártás felfuttatására, törekszünk arra, hogy a gyártó kapacitást úgy növeljük, hogy az már jelentős beruházást ne igényeljen. Ezt a célt a szerszámok fészekszámának növelésével vagy termékcsalád-fészkes szerszámok alkalmazásával érhetjük el.



1. ábra. A gyártás hatékonyságát növelhetjük többfészkes szerszámok (Multi-Cavity Mold), vagy összeszerelendő alkatrészek fröccsöntésére alkalmas termékcsalád-szerszámok (Family Mold) alkalmazásával.

Nagyon fontos tehát a fúvócsatorna rendszer optimalizálása is, hogy biztosítsuk a jó minőségű alkatrészek gyártását. Szimulációs szoftverekkel, mint az Autodesk, vagy a Moldflow gyorsan optimalizálhatjuk a fúvócsatornák méretezését és kialakítását, hogy jó alkatrészeket gyárthassunk és szélesebb feldolgozási ablakunk legyen.

### Mikor van értelme termékcsalád-fröccsszerszámot használni?

Bár sokak számára szükségtelen bonyodalomnak tűnhet a különböző alkatrészek ugyanabban a szerszámban egyszerre történő gyártása, ugyanakkor a döntésnek számos felhasználásra vonatkozó gyakorlati következménye van. Különböző alkatrészek gyártása ugyanabban a fröccsszerszámban a következők előnyökkel jár:

1. Csökkenti a teljes alkatrész- és összeszerelési költséget a szerszámbaállítási és gyártási költségek csökkentésén keresztül.
2. Hasonló színezés/alkatrész esztétika és megjelenés fenntartása az illeszkedő alkatrészek esetén, jobb összeszerelési esztétika érhető el.
3. Minimalizálja a munkafolyamatokat (Work in progress, WIP) és segíti a további másodlagos műveleteket, például a hegesztést vagy az automatizált összeszerelést.

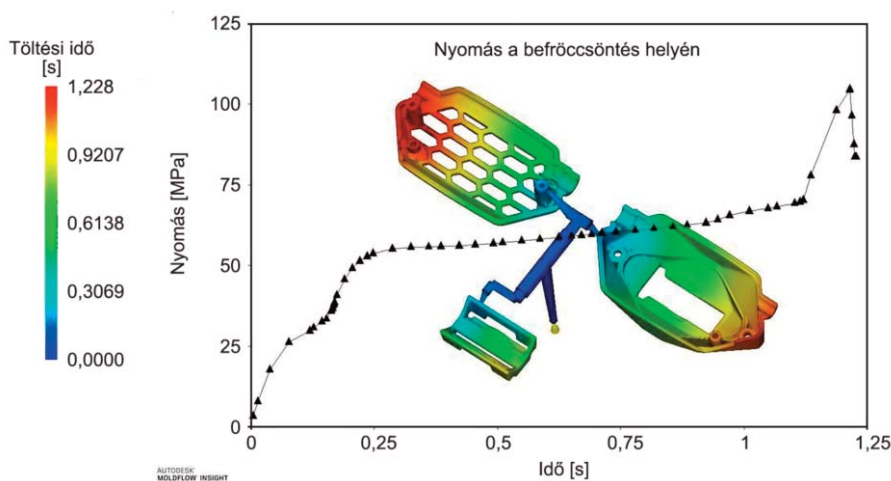
### Mit kell figyelembe vennem termékcsalád-szerszámok tervezésekor?

A termékcsalád-szerszámokkal szemben támasztott követelmények nem igazán különböznek a hagyományos szerszámokkal szemben támasztott követelményektől. Hasonló elveket követünk: a fröccsöntés során egyenletesen töltjük meg a formát, egyenletesen nyomjuk meg az üreget a kitöltés során, majd minél egyenletesen hűtsük le az alkatrészt a hűtési szakaszában. Röviden: egyenletes nyomás- és hőmérsékletviszonyokat szeretnénk fenntartani a fröccsöntési ciklus során a kiváló termékminőség biztosítása érdekében.

E célok elérése érdekében a szerszámtervezőnek olyan fúvócsatorna rendszert kell megterveznie, amely segíti minden egyes szerszámfészkek egyforma feltöltését.

## Alkatrész térfogatkülönbségek az üregek között

A termékcsalád-fröccsszerszámoknál gyakran előfordul, hogy az együtt gyártott alkatrészek eltérő térfogatúak. Ezért, ha az alkatrészeket egyszerűen ugyanabba a szerszámba helyezük és a csatornák és fúvókák is ugyanolyan méretűek, a kisebb térfogatú alkatrész valószínűleg hamarabb megtelik és nyomás alá kerül, amíg a másik üreg a töltése nem fejeződik be (feltételezve, hogy minden komponens falvastagsága azonos), lásd 2. ábrát. Ez a töltési egyensúly hiány nyomáscsúcsához vezethet a kisebb térfogatú komponenseknél, ami az alkatrészek egyenetlen zsugorodásához vezethet, amely aztán illesztési problémákat okoz és szűkíti a gyártási folyamat gyártástechnológiai paraméterek változtathatóságának mozgásterét. Mindezek a problémák növelik alkatrészek költségét a selejtarány növekedésén keresztül, illetve folyamatos kezelő jelenlétét igényel a gyártás során, hogy szemrevételezéssel ellenőrizzék az alkatrészeken a beszívódásokat vagy a túlfroccsöntés okozta sorjaképződést.



2. ábra. Fröccsnyomás alakulása: ha nem optimalizáljuk a feltöltő fröccscsatorna rendszert, a szerszámfészkek kitöltése kiegyensúlyozatlan lesz, amely végső soron nagyobb befecskendezési nyomást eredményez és kisebb feldolgozási ablakot tesz lehetővé.

## A beömlő csatorna mérete és hossza

A termékcsalád-szerszámok esetében figyelembe kell vennünk, hogy a megömlesztett anyagnak be kell jutnia a fröccsöntés során az injektáló egységből a formaüregbe. Azoknál a szerszámoknál, amelyeknél hidegcsatornát használnak az áramlás szabályozására, gyakran a beömlő csatorna méretének (átmérőjének) vagy az áramlási hossz változtatásával érhető el a különböző méretű üregek kitöltése. Mivel a fröccsöntés nyomásvezérelt folyamat, így ha a beömlő csatornánk (Runner) méretét (átmérőjét) csökkentjük vagy a csatorna hosszát növeljük, a kisebb volumenű szerszámfészkek irányában, elérhetjük, hogy az ömledék elsősorban a nagyobb üregek felé áramoljon.

Amint az 1. egyenlet kiemeli, a beömlő sugarának megváltozása ( $R = \text{sugár}$ ), sokkal jelentősebb hatással van az áramlási ellenállásra, mint a beömlő hosszában bekövetkező változás ( $L = \text{hossz}$ ). Ezen érzékenység miatt előnyösebb a beömlők kitöltési mintázatát kiegyensúlyozni, nem pedig a belépési pontokat változtatni. A beömlők megtervezésével egyensúlyozhatjuk ki a fröccsszerszám-fészkek feltöltését, ezzel minimalizálhatjuk a kitöltési egyenetlenségeket, vagy a beömlő rendszerben az anyagbeégést. Ha csak a beömlési pontokon akarunk változtatni, a feltöltési egyensúlyhiány kezelése érdekében, lecsökken az olvadt anyag befolyásolásának időtartama és növeljük a belépési pont esetleges méretbeli egyenetlensége okozta érzékenységet. Ezzel

valószínű, hogy a beszűkül a fröccsöntés gyártástechnológiai folyamat szabadsági foka és ez időben is kevésbé robusztus megoldás.

Elméleti nyomásesés egy körkörös beömlőponton newtoni folyadékok esetén:

$$\Delta P = \frac{8 \cdot \mu_{melt} \cdot L \cdot \dot{V}_{melt}}{\pi \cdot R^4}$$

ahol  $\Delta P$  – nyomásváltozás,  $\mu_{melt}$  – ömledék viszkozitása,  $L$  – beömlő csatorna hossza,  $\dot{V}_{melt}$  – beömlő ömledék térfogatárama,  $R$  – beömlő csatorna sugara.

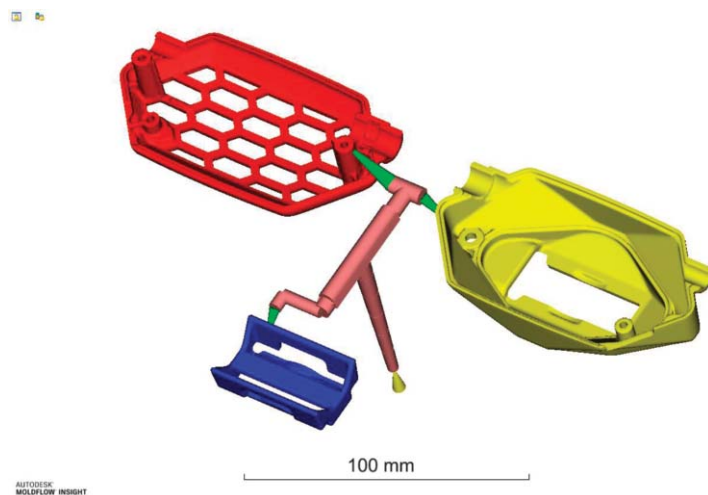
## Hogyan segíthet a szimuláció?

Amint azt fentebb kiemeltük, számos különböző tényezőt kell figyelembe venni egy termékcsalád-fröccsszerszám beömlő rendszerének tervezésekor, amely elősegíti a robusztus feldolgozási ablakot és a jó minőségű alkatrészek előállítását.

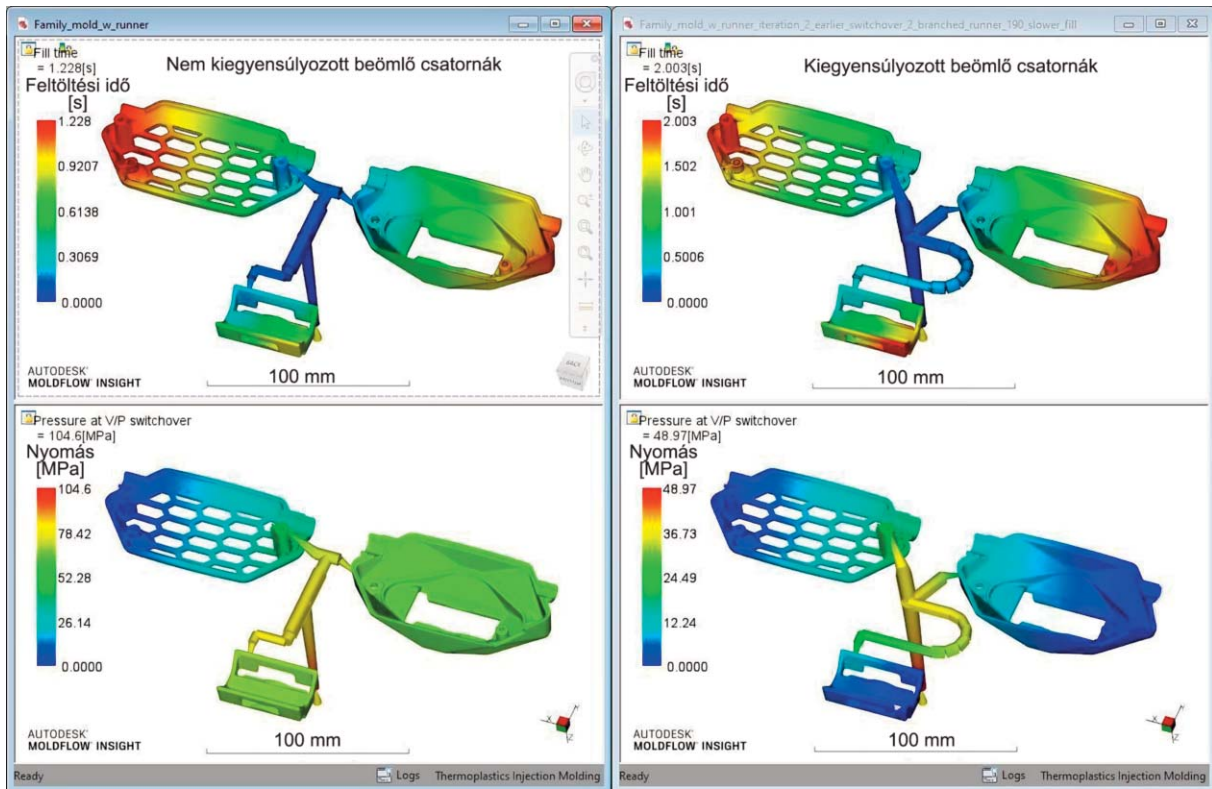
Jelentős mennyiségű próbálkozás szükséges, hogy megtaláljuk az optimális beömlő rendszert. Ha ez a lépés hiányzik vagy csak a szerszámfészkek elhelyezése után történik meg, a beömlő csatorna optimális megvalósítására kevesebb lehetőség nyílik a rögzített fészektávolságok miatt. Ez a megközelítés nem hatékony és általában nem az optimális megoldás.

A **Runner Balance Analysis** (beömlő csatorna kiegyensúlyozó analízis) egy fröccsöntés szimulációs szoftver, amely egy automatikus algoritmus segítségével segíti a beömlő rendszer optimalizálását, a szükséges próbák számát csökkenti. A Runner Balance Analysis segíti a tervezőt, hogy optimalizálja a töltési egyensúlyt a szerszámfészkek között és a kialakuló ömledéknomás is a szerszám számára megcélzott érték alatt maradjon. A szoftver automatikusan frissítheti a beömlő rendszer méreteit és egy előzetes formafeltöltési szimulációt ad a mérnök számára.

Amennyiben a szerszámfészkek feltöltése már elfogadható, az optimalizáció tovább folytatható a zsugorodás és a vetemedés minimalizálásának irányába. A szimuláció segítségével a beömlők és hidegcsatornák méretezése és a fröccsparaméterek optimalizálása nagyobb szabadságot tesznek lehetővé a változóknak annak érdekében, hogy a termékminőség megtartása mellett a termelési sebesség növelhető legyen. A 4. ábra egy beömlőcsatorna egyensúly-elemzés eredményét mutatja, ahol a csatorna elrendezésének optimalizálása segített a kiegyensúlyozott töltési minta kialakításában, valamint segített 50%-kal csökkenteni a szükséges befecskendezési nyomást.



3. ábra. Ha a beömlő rendszer megtervezésével ki szeretnénk egyenlíteni a különböző fröccsszerszám fészkek egyenletes feltöltését, a beömlő csatornák méretét kell változtatnunk (rózsaszín részek) nem pedig a beömlési pontok/fúvókák méretét (zöld részek).



a)

b)

4. ábra. a) Nem kiegyensúlyozott beömlő csatornák: a beömlőcsatorna nincs megfelelően kialakítva, ezért a termékcsalás-fröccsszerszámban a különböző terméknél fellépő nyomáskülönbség jelentős.  
b) Kiegyensúlyozott beömlő csatornák: a beömlőcsatorna helyes megtervezésével a termékminőség és a termelékenység is javítható, a fröccsöntési nyomás csökkenthető, és a feldolgozás paraméter-ablak szélesíthető.

Összeállította: Balanyi Krisztián

Multi-Cavity Molds vs. Family Molds: Which Best Serves Your Needs? (midstatemold.com) 2020, július  
Optimizing Your Runner Design in Family Molds for Injection Molding, The Madison Group, 2020