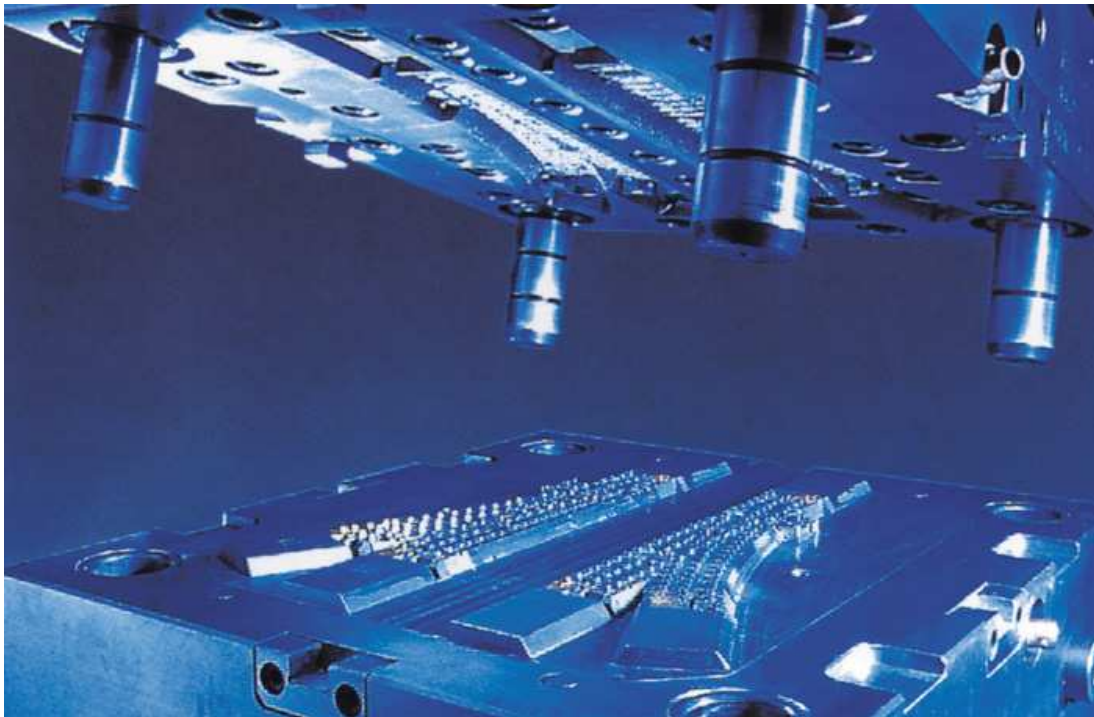


BUDAPESTI MŰSZAKI FŐISKOLA
Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai kar
AGI Gépgyártástechnológiai Tanszék

Dr. Mikó Balázs

MŰANYAGFRÖCCSÖNTŐ SZERSZÁMOK
TERVEZÉSE ÉS GYÁRTÁSA



2006.

TARTALOM

		1
1	A fröccsöntés menete	2
2	A fröccsöntő szerszám felépítése	4
3	A fröccsöntő szerszám tervezése	6

1 A FRÖCCSÖNTÉS MENETE

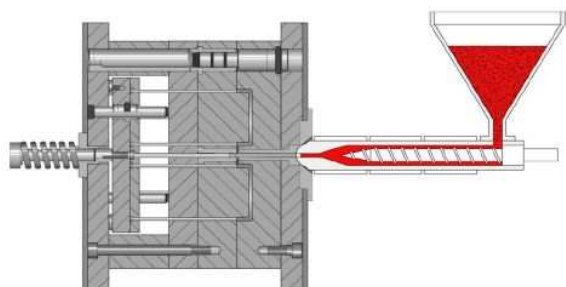
A fröccsöntés megkezdése előtt ki kell választani a megfelelő fröccsöntő gépet, mellyel a kívánt termék gyártható. A három fő szempont melyet a gépválasztásnál figyelembe kell venni: a záróerő nagysága, az egy fröccsöntésre befröccsöntött ömledék mennyisége és hogy a gép szerszámfelfogó lapjának mérete lehetővé tegye az adott szerszám felszerelését.

➤ Szerszámzárás

A fröccsöntő gép gyorsmenetben megkezdí a szerszám zárását. Mielőtt az álló és mozgó szerszámfél összeérne, a gép átvált normál menetbe, hogy az esetlegesen az előző ciklusból beszorult fröccstermék, vagy a kint maradt betétek ne okozzák a szerszám sérülését. A szerszám zárását követően kialakul a záróerő (mely a fröccsöntő gép egyik legfontosabb jellemzője), mely a két szerszámfél tökéletes zárását biztosítja, s nem engedi, hogy a magas nyomáson beáramló polimer ömledék szétfeszítse a szerszámot.

➤ A fröccsaggregát rázár a szerszámmra

A szerszámzárást követően a fröccsöntő egység – amely tartalmazza a fröccsnyomást biztosító munkahengert, a csigadugattyút, a csigadugattyú forgatását biztosító villanymotort, a fűtéssel ellátott plasztifikáló egységet és a szerszámmal közvetlenül érintkező fúvókát (dűznit) — a szerszám állólapján kialakított nyíláshoz szorítja a fúvókát.



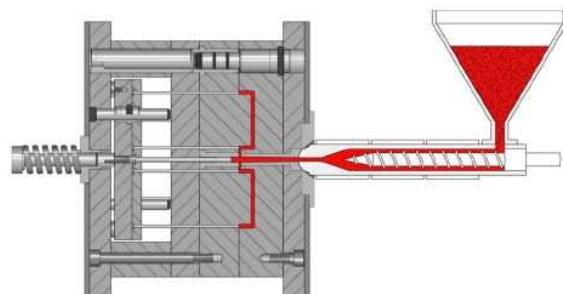
1. ábra A fröccsaggregát rázár a szerszámmra [9]

➤ Befröccsöntési folyamat

A befröccsöntés során a korábbiakban megolvasztott polimer ömledéket a csigadugattyú haladó mozgással a fúvókán keresztül a szerszámba juttatja. A fúvóka szűk keresztmetszetének köszönhetően az ömledék felgyorsul, ezáltal biztosítható a szerszámüregek tökéletes kitöltése.

A befröccsöntési szakaszt két részre oszthatjuk: a közvetlen befröccsöntésre és az utónyomásra. Az utónyomásra azért van szükség, mivel a polimerek fajtérfogata igen erősen hőmérsékletfüggő, tehát az ömledék állapotba jutás során, a magas hőmérsékletnek köszönhetően jóval nagyobb a fajtérfogatuk, mint a

fröccsöntésiciklusvégén, s ez jelentős hibákat okozna a fröccstermékek méretpontosságában.



2. ábra A szerszám kitöltése [9]

Az utónyomás során a fúvóka mögötti térben rendelkezésre álló anyagpárna segítségével túlnyomást fejtünk ki a befröccsöntött ömledékre mindaddig, míg a gát meg nem szilárdul, s ez által kompenzáljuk a fajtérfogat változást. Az anyagpárna mennyiségét a teljes befröccsöntési térfogat 4-8%-ára célszerű beállítani.

Az átkapcsolás az utónyomásra történhet a befröccsöntési út hossza alapján, a befröccsöntési idő alapján, a befröccsöntési nyomás alapján, a szerszám belső nyomása alapján, vagy egy külső jel segítségével. Amennyiben az utónyomás segítségével sikerül a hűlésből származó teljes térfogatcsökkenést kompenzálni, akkor teljes kiegyenlítésről beszélhetünk. Ez azonban csak a vastag beömlő kialakítással rendelkező, általában rúdkeresztmetszetű termékeknel megvalósítható, mert a vékony keresztmetszetű beömlővel ellátott szerszámok esetén a gát korábban megszilárdul, így az utónyomás már nem képes tovább gátolni a termék zsugorodását.

Az utónyomás döntően befolyásolja a fröccstermék minőségét, ezért annak beállítását igen körültekintően kell elvégezni.

➤ Plasztifikálás, anyagfeltöltés

Az utónyomást követően fel kell készíteni a fröccsöntő egységet a következő ciklusra. Ekkor a csigadugattyú forgó mozgásba kezd, ez által a csiga meneteiben lévő anyagot a fúvóka felé szállítja, illetve elősegíti az anyagtartályból a plasztifikáló henger garatjába a műanyag granulátum beáramlását. A granulátumra a csiga és a henger fala között erőteljes nyíró igénybevétel hat, melynek következtében az anyag felmelegszik. Ehhez még hozzájárul a plasztifikáló hengeren lévő fűtőtestek által bejuttatott hő, s a két hatás eredményeképpen a csigacsúcson keresztül a csiga elé, a gyűjtőtérbe kerül a már ömledék állapotú műanyag. Ezt a folyamatot nevezzük plasztifikálásnak.

A plasztifikálás során a gyűjtőtérbe kerülő ömledék nyomó hatást fejt ki a csigára, mely ettől hátrafelé mozog. Amint a csiga elérte a befröccsöntéshez szükséges adagsúlyt forgása leáll.

Amennyiben a csiga forgás közben történő hátrafelé irányuló mozgását akadályozzuk, úgy a plasztifikálási folyamat elnyújtható, ez által az ömledék minősége, homogenitása, az adalékanyagok eloszlása javítható. Ezt a csigára ható ellennyomást torlónyomásnak nevezzük.

➤ Hűlés, a fúvóka szerszámtól való eltávolítása

A hűlési idő a gát lepecsételődésétől a termék kidobásáig eltelt idő. A hűlési idő pontos beállítása igen fontos az optimális termelékenység szempontjából. Mivel ez a fröccsöntési folyamat leghosszabb részfolyamata, így itt lehet a legtöbb időt megtakarítani, s ez által növelni a termelékenységet, ellenben kellő figyelmet kell fordítani arra, hogy a termék már olyan hőmérsékletű legyen, hogy a kidobás során már ne deformálódhasson, sérülhessen.

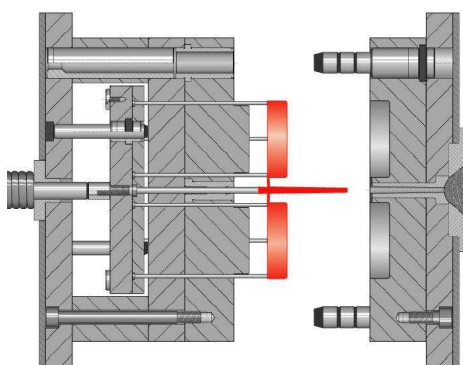
Abban az esetben, ha nem fűtött fúvókát, vagy forró csatornás szerszámot alkalmazunk, akkor a fúvókát le kell jártni a szerszámról, így elkerülhető a fúvókában lévő ömledék ledermedése. A fúvóka mozoghat hátrafelé közvetlenül a plasztifikálás után, vagy a hűlési idő alatt, egy általunk választott időperiódusban is.

Amennyiben a fúvóka a szerszámon maradhat, akkor annak rászorítási nyomását még a szerszám nyitása előtt csökkenteni kell.

➤ A szerszám nyitása, a termék eltávolítása

A szerszám nyitása lassú menetben kezdődik, majd amikor a két szerszámfél már teljes mértékben szétvált, akkor a ciklusidő csökkentésének érdekében átvált gyorsmenetbe, ezt követően pedig a véghelyzetet ismét lassan közelíti meg.

Amint a mozgó szerszámfél halad hátra, a kidobótüskék, csapok kitolják a terméket a szerszámból, mely általában ládába, rekeszekbe, esetleg futószalagra esik. Amennyiben a termék, vagy a szerszám konstrukció ezt nem engedi (pl. többfészkés szerszám esetében a termékek sérülést okozhatnak egymáson, amikor kiesnek a szerszámból), úgy mód van robotok alkalmazására is.



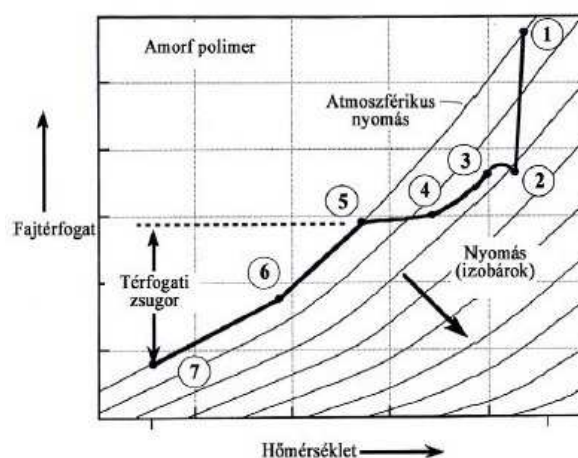
3. ábra A szerszám nyitása, a termék eltávolítása [9]

Összefoglalásként tehát elmondható, hogy a fröccsöntés egy igen termelékeny ciklikus eljárás. A ciklus fő elemei a szerszám zárása, a befröccsöntés, a szerszám nyitása, és a plasztifikálás.

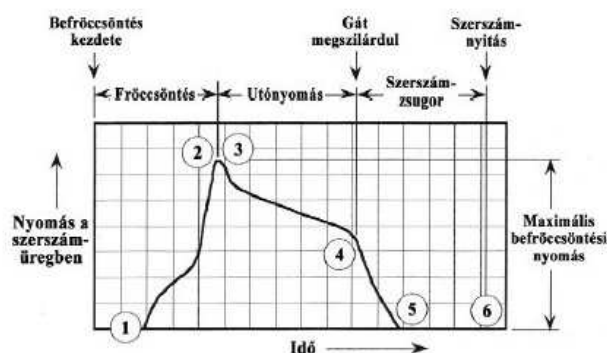
A további műveletek mint pl. a magok, a fúvóka, vagy a kilökök mozgatása mellékműveletek. A ciklusidő jelentős mértékben rövidíthető a párhuzamos mozgatások alkalmazásával illetve a hűlési idő optimális megválasztásával.

A következő ábrákon a fröccsöntés folyamatát követhetjük végig, megfigyelve a nyomás, a hőmérséklet és a fajtérfogat változását a fröccsöntési ciklus egyes szakaszaiban.

A jelentős termikus dilatáció jól megfigyelhető a 4. ábra A nagy mértékű zsugorodás csak úgy tartható kézben, ha a fajtérfogat változás jelentős részét a polimer ömledék erőteljes kompressziójával kompenzáljuk. Ez a termikus dilatáció minden esetben végbe fog menni, mivel a megfelelő kis viszkozitás elérésének érdekében az anyagot az olvadási hőmérséklet fölé kell melegíteni. A dilatáció az 1. és a 6. pontok között (3-4 térfogat %) lép fel. Ezt, illetve az ebből következő zsugorodást kompenzáljuk az ömledék túlnyomásával. A gát megszilárdulása után (lepecsételődés) ilyen kompenzációra nincs további mód, az ez után következő zsugorodást a (6. és a 8. pontok között) nem tudjuk elkerülni, azt csak a szerszám megfelelő méretezésével kompenzálhatjuk.



4. ábra A fröccsöntés folyamata egy amorf hőre lágyuló polimer p - v - T diagramján [10]



- 1-2 – befröccsöntés
- 2-3 – átkapcsolás utónyomásra
- 3-4 – utónyomás (gát megszilárdulásáig – 4)
- 4-5 – zsugorodás (nyomás folyamatosan csökken)
- 5-6 – zsugorodás (atmoszférikus nyomáson, a termék kidobásáig)
- 6-7 – zsugorodás (utózsugor – szerszámot ezzel kell kompenzálni)

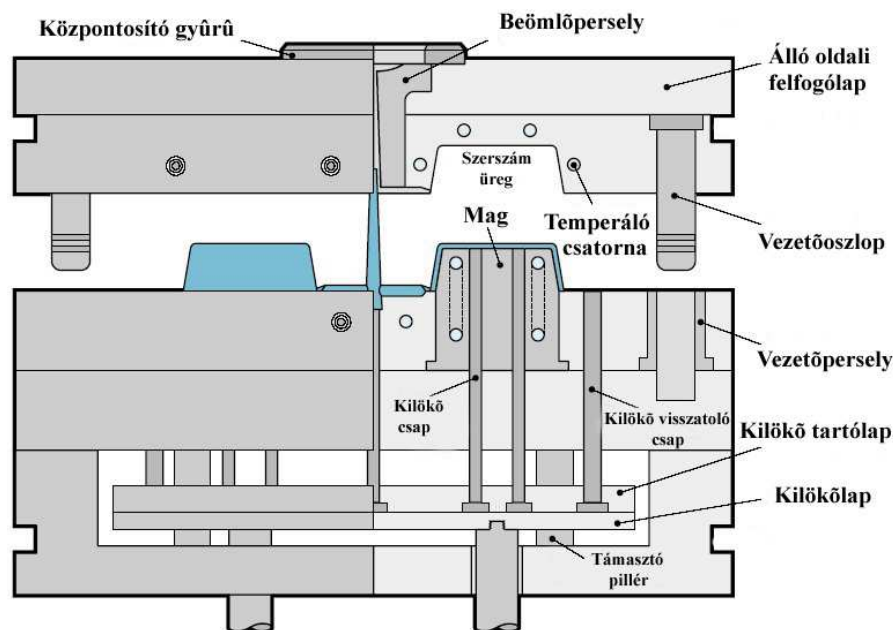
5. ábra A szerszámüregben uralkodó nyomás alakulása az idő függvényében [10]

2 A FRÖCCSÖNTŐ SZERSZÁM FELÉPÍTÉSE

A fröccsöntő szerszámok igen sokfélék lehetnek. Konstruktív kialakításuk alapvetően a gyártandó termék geometriájától függ, de ezen kívül még számos szempont (pl. a termék mérete, a gyártandó darabszám, stb.) befolyásolhatja azt. A szerszámok tervezését és gyártását az egyedi gyártás jellemzi, tehát minden egyes fröccstermékhez külön szerszámot kell készíteni. Egy szerszám tervezésénél, általában a formaadó térfogatok, az ömledék beáramlási útja, a kilökörendszer és a temperáló

rendszer azok az egységek, melyeket a tervezőnek önállóan kell létrehozni. A szerszám többi építőeleme, részegysége már előre gyártott, szabványosított elemekből is összeállítható, s ezek alkalmazásával a szerszámtervezési idő kb. 20-30%-kal, a szerszámgyártási idő pedig 20-40%-kal csökkenthető.

Az 6. ábra egy fröccsöntő szerszám általános felépítését szemlélteti.



6. ábra Hagyományos, kétfélszkes fröccsöntő szerszám részegységei (elvi vázlat) [8]

A következőkben az egyes részegységek funkcióját ismertetem.

Központosító gyűrű

Feladata, hogy a fröccsöntő gép fúvókáját az beömlőperselyhez vezesse, s biztosítsa a kettő között a tökéletes illeszkedést. Szerszám felrakásnál hozzájárul a pozicionáláshoz.

Normáliaként beszerezhető.

Beömlőpersely

A beömlőpersely a fröccsöntő gép fúvókájából az elosztócsatornába vezeti a polimer ömledéket. A fúvókának 0.2-1mm-rel nagyobbak kell lennie, mint a fröccsöntő gép furata. A szűk keresztmetszetnek köszönhetően az ömledék felgyorsul, így biztosítva a tökéletes kitöltést. Az anyagberagadás megakadályozásának érdekében 0.5-2^o -ban bővíltőre kell kialakítani. Normáliaként beszerezhető.

Álló oldali felfogó lap

Az álló oldali felfogólapba van bemunkálva a beömlőpersely és a központosító gyűrű helye. Erre fogjuk fel az álló oldali formalapot. A felfogólap méretének meghatározásánál figyelembe kell venni, hogy mekkora a fröccsöntő gép szerszámfelfogó lapja, azaz mekkora a maximálisan felszerelhető szerszám mérete, illetve, hogy mekkorák az adott gépen az oszloptávolságok.

Álló oldali formalap

Az álló és mozgó oldali formalapokban kerül kialakításra a szerszám formaadó része, a szerszámüreget. Ez többféle kivitelben elkészíthető. Kimunkálható közvetlen a formalapból, vagy alkalmazhatók különböző betétezek. A közvetlen formalapból történő kimunkálást általában egyszerű, kis méretű alkatrészek esetén alkalmazzuk, egyszerű szerszámkonstrukciónál. A betétezett szerszámüreget a többfélszkes, bonyolult szerszámokra jellemző. Itt megkülönböztethetünk részben vagy teljesen betétezett szerszámüreget. A betéteket általában csavarkötésekkel rögzítjük a formalapokban, s amennyiben arra szükség van elfordulás ellen is rögzítjük. Nagy előnye a betétek alkalmazásának, hogy a szerszám karbantartása, felújítása jóval egyszerűbb, mint a formalapból kialakított szerszámüreget esetén, így magas szerszámélettartam esetén ajánlott.

A formalapokban kerül kialakításra a temperáló rendszer is. A temperáló rendszer feladata, hogy a szerszám üzembe helyezésekor minél előbb elérje a megfelelő hőmérsékletet, majd ezt követően pedig az optimális szerszámhőmérséklet biztosítása, illetve a termék hűlésének elősegítése. A temperáló közeg lehet víz, olaj, vagy emulzió. A temperáló folyadék a szerszám oldalán elhelyezett gyorscsatlakozókon keresztül jut be a szerszámába, keringetését speciális, zártrendszerű

temperáló- keringető rendszer végzi. A temperálás igen fontos, mivel megfelelő hűtés hiányában a ciklusidő megnő, mely a gyártási költségek növekedéséhez is vezet.

Mozgó oldali formalap

Általában a mozgó oldali formalapból vannak kialakítva a magok, melyek a termék üreges részeit, furatait alakítják ki. Az álló oldali formalaphoz hasonlóan, ez is készülhet a formalapból történő kimunkálással, illetve különböző betétezesekkel is.

Támasztó lap -vagy párnalap

A támasztólap a mozgó oldali formalap alatt található. Feladata a megfelelő merevség biztosítása a formalapok számára. Vastagsága a szerszámüregben ébredő nyomástól, a fészkszámától, elrendezéstől függ. Normáliaként beszerezhető.

Támasztó pillér

Feladata - a támasztó laphoz hasonlóan- a formalap merevítése. Egyedi gyártásban készül.

Vezetőoszlop, vezetőpersely

A vezetőoszlop az álló oldali formalapba, a vezetőpersely pedig a mozgó oldali formalapba van elhelyezve. Feladatuk a szerszámzárás során összevezetni a két szerszámfelet, s biztosítani a pozicionálást. Normáliaként beszerezhető.

Kilőkő tartólap

A kilőkő tartólap a szerszám mozgó oldalán található. Ebben a lapban vannak elhelyezve a kilőkők, csőkilőkők, késkilőkők. A kilőkőlaphoz csavarkötéssel történik a rögzítése. Általában ezt az alkatrészt is normáliaként szerezük be.

Kilőkőlap

A kilőkőlap a kilőkő tartólap alatt helyezkedik el. A négy sarkában általában ütköző alátéteket szoktak elhelyezni, annak érdekében, hogy amikor a kilőkőrendszer alaphelyzetbe visszaáll ne az egész kilőkőlap érintkezzen a mozgó oldali felfogó lappal, mivel a szennyeződések miatt a helyzete bizonytalan lehet, valamint a kilőkés kezdetekor az adhézió akadályozhatja a kilőkést. Ezen kívül a kilőkőlapnak merevítő szerepe is van.

Kilőkőlap vezetőoszlop

Ez az alkatrész a kilőkő lap vezetését biztosítja, meggátolja annak befeszülését. Normáliaként beszerezhető.

Kilőkő szár

A kilőkő szár feladata a kilőkőrendszer mozgatása. A fröccsöntő gépet ezen keresztül kötjük össze a szerszámmal.

Mozgó oldali felfogó lap

A mozgó oldali felfogó lap a fröccsöntő gép mozgó felfogó lapjára kerül felszerelésre. Erre a lapra kerülnek rögzítésre a távtartók.

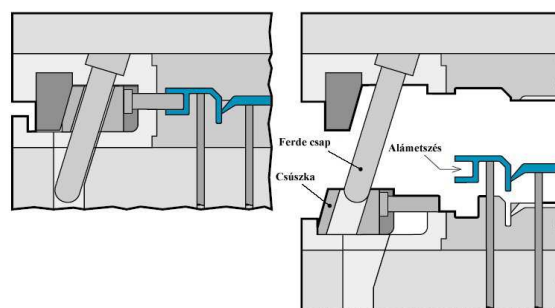
Távtartó lap

A távtartólap a támasztó lap és a mozgó oldali felfogó lap között helyezkedik el. Feladata, hogy biztosítsa a helyet a kilőkőrendszer megfelelő mértékű elmozdulásához. Normáliaként beszerezhető.

Alámetszett és menetes termékek fröccsöntő szerszámai

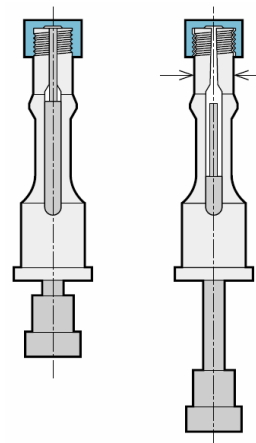
A fent említett alkatrészek minden fröccsöntő szerszámban megtalálhatóak, konstrukciótól függetlenül. Vannak egyes alkatrészek, melyek a csak a bonyolultabb geometriával rendelkező termékek esetén kerülnek alkalmazásra a szerszámban.

Azon alkatrészek esetén, melyeken alámetszések, bütykök, peremek, furatok, fülek, menetek találhatóak a szerszám nyitása nem oldható meg pusztán az osztósíkra merőleges mozgatással. Ilyen esetekben a legegyszerűbb megoldás a több szerszámsíkban való szerszámnyitás, az alámetszést kialakító szerszámelemek mozgatása szerszámnyitás síkjára merőleges vagy ferde irányba. Ezeket a mozgatásokat leggyakrabban kényszerpályák alkalmazásával oldjuk meg. A 7. ábra egy csúszkát láthatunk zárt és nyitott állapotban. Ezek az alkatrészek szintén beszerezhetőek normáliaként. Belső menettel rendelkező alkatrészek gyártásánál elterjedt megoldás még az oldalmozgatású elemek mellett az úgynevezett kicsavarható mag. Ennek a szerszámkonstrukciónak a lényege, hogy a termék megszilárdulását követően a menetes mag forgó mozgásának segítségével történik a termék eltávolítása a szerszámból.



7. ábra Csúszka alkalmazása alámetszett termék esetén [8]

Belső menetek készítése történhet még összeomló magok alkalmazásával is. A konstrukció lényege, amint az a 8. ábra is látható, hogy a megszilárdulást követően, a szerszámnyitás során a mag belsejében található tüske hátrahúzódik, ennek következtében a rugalmas mag összehúzódik, s a termék könnyedén és sérülésmentesen távolítható el a szerszámból.



8. ábra Összeomló mag [8]

3 A FRÖCCSÖNTŐ SZERSZÁM TERVEZÉSE

A következő fejezetben a szerszámtervezés folyamatát tekintem át. Ezen témában nehéz egzakt lépéseket, folyamatokat megadni, mivel ahány cég, szakember annyi féle eljárás, így csak azokat a fő lépéseket ismertetem, melyeket minden egyes szerszám tervezésénél meg kell oldani.

1. lépés: Fröccsöntés-helyes terméktervezés

Amennyiben szükséges, a terméket optimalizálni kell. Ez azt jelent, hogy a megrendelés beérkezése után felül kell vizsgálni gyárthatóság szempontjából. Ezen a téren a két fő kritérium az oldalferdeségek megléte illetve az alámetszések számának minimalizálása. Az oldalferdeségekre azért van szükség, hogy a késztermék eltávolítható legyen a ciklus végén a szerszámból. Ennek érdekében $0.5-3^0$ -os oldalferdeséget kell alkalmazni, a függőleges felületeken. Az alámetszések számának csökkentésére, elkerülésére azért van szükség, mert egyes esetekben vagy nem kivitelezhető, vagy csak igen bonyolult szerszámkonstrukcióval valósítható meg az adott termék gyártása. Ez igen hosszú szerszámtervezési és gyártási időt illetve igen magas szerszámköltséget von maga után. Mivel ez egyik félnek (megrendelő, szerszámgyártó) sem kedvező, ezért ilyenkor a szerszámtervező javaslatokat tesz a megrendelőnek a termék módosítására.

Néhány konstrukciós alapelv a fröccsöntés- helyes termék létrehozásához:

- anyagtöbblet elkerülése
- egyenletes falvastagság megvalósítása
- minél kisebb falvastagság, merevítő bordák alkalmazása
- megfelelő lekerekítések (feszültség gyűjtő helyek elkerülése)
- nagyméretű, síkfelületek elkerülése
- kúposág a szerszámnyitás miatt
- alámetszések elkerülése
- megfelelő pontosság előírása (a műanyag termékek tűrésezése más, mint a fémeké)

- többfunkciós darabok tervezése
- gazdaságos szerelési módszerek

2. lépés: Fröccsöntési szimulációs programok alkalmazása

A teljes körű, 3D-s fröccs- szimulációs rendszerek az 1990-es évek végétől érhetőek el. Ezek a programok egy megoldó algoritmusra épülnek, amelyet kiegészítenek az ahhoz csatolt további segédprogramok és adatbázisok. Általában a valamely CAD programmal elkészített termékmodell importáljuk a szimulációs programba, s így különféle szempontok alapján optimalizálhatjuk a terméket, kiküszöbölhetjük az esetleges tervezési hibákat, illetve optimalizálhatjuk az egész fröccsöntési folyamatot, s ennek köszönhetően jelentős költségeket takaríthatunk meg.

A szimulációs program futtatása során a következő eredményeket kapjuk:

- Szerszám kitöltési folyamatának modellezése
- ömledékfront előrehaladása az idő függvényében
- nyomás- eloszlás
- hőmérséklet- eloszlás
- hűlési idők a különböző koordinátájú pontokban
- a polimer ömledék orientációja
- összecsapási frontok
- légzárványok kialakulásának lehetséges helyei
- geometriai optimalizáció
- szerszám hűlési viszonyainak modellezése
- deformációk (zsugorodás és vetemedés) modellezése
- mechanikai előrejelzés (belső feszültségek elemzése)
- költségelemzés

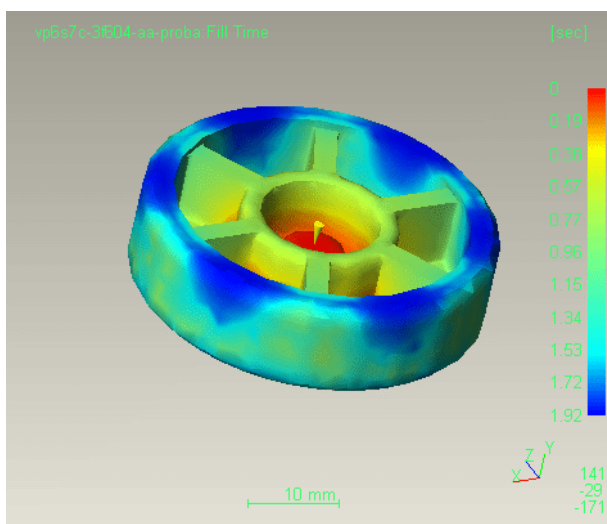
Az eredmények egy része szöveges, más része pedig grafikus módon kerül megadásra, amint ezt a 9. ábra és a 10. ábra szemlélteti.

SUMMARY

Release Level:	6.0
vp6s7c-3f604-aa-proba	
Part Name:	vp6s7c-3f604-aa-proba
Part Revision:	69
Material Supplier:	BASF (Germany)
Material Grade:	Ultradid A3WG10
Max Injection Pressure:	300.00 MPa
Mold Temperature:	60.00 deg.C
Melt Temperature:	300.00 deg.C
Model Suitability:	Part model was not very suitable for analysis.

vp6s7c-3f604-aa-proba	
Moldability:	Your part will be extremely difficult to fill and part quality may be unacceptable. View the Confidence of Fill plot and use the Dynamic Adviser to get help on how to improve the filling of the part.
Confidence:	Low
Injection Time:	1.92 sec
Injection Pressure:	0.85 MPa
Weld Lines:	Yes
Air Traps:	Yes
Shot Volume :	8.83 cu.cm
Filling Clamp Force:	0.04 tonne
Packing Clamp Force Estimate @20%:	(0.17)MPa 0.02 tonne
Packing Clamp Force Estimate @80%:	(0.68)MPa 0.09 tonne
Packing Clamp Force Estimate @120%:	(1.02)MPa 0.14 tonne
Clamp Force Area:	13.27 sq.cm
Cycle Time:	19.42 sec
Warnings:	Your model is not particularly well suited to an Adviser analysis... If you wish to proceed with the analysis you should be aware that the results may be unreliable.

9. ábra Eredmények megadása szöveges formában



10. ábra Eredmények megadása grafikus formában

3. lépés: A zsugor megadása

A fröccstermékek gyártásánál komoly problémát jelent az a tény, hogy a különböző műanyagok fajtérfogata nagyban függ a hőmérséklettől. A befröccsöntés során a magas hőmérsékletű (250-300 C⁰) ömledék fajtérfogata eléri a maximális értéket, majd innentől kezdve ez az érték a hőmérséklet csökkenésével párhuzamosan csökken, s ez zsugorodást idéz elő a termék méreteiben is. Ahhoz tehát, hogy méret pontos terméket tudjunk gyártani ezt a zsugorodást be kell kalkulálnunk a szerszám tervezésénél,

s ennnyivel nagyobbra kell terveznünk a szerszámot. Általánosan tehát kijelenthető, hogy a zsugorodás az alábbi formulával jellemezhető:

$$\text{zsugorodás} = \frac{\text{termékméret}}{\text{szerszámméret}}$$

A zsugor értéke sok mindentől függ. Az egyes műanyagoknál ez más és más, ezért ezeket különböző adatbázisokból nyerhetjük ki. Ezek az értékek egyszerű geometriai kialakítást és hagyományos fröccsöntési eljárást feltételeznek, továbbá laboratóriumi körülmények között kerültek megállapításra, tehát nem veszik figyelembe a termék bonyolultságát, sem az adott gyártási környezetet, így ezek az csak irányadók lehetnek. A tényleges zsugor értéke nagy mértékben függ a falvastagságtól, a szerszám hőmérsékletétől, az utónyomástól, a száltartalomtól, s egyéb más tényezőktől is. Az 1. Táblázatban néhány gyakoribb anyag zsugorodási értékeit láthatjuk.

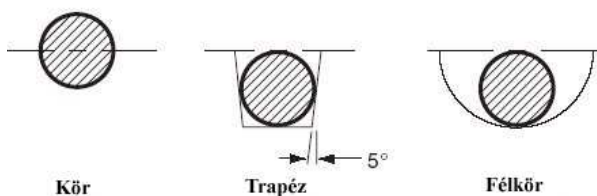
A műanyag fajtája	Zsugorodás, [%]
LDPE	2,6
HDPE	1,5-2,5
PP	1,5-2,5
PA66	1
PET	1,2-3,0
PC	0,6-0,8
PS	<0,1
ABS	0,4-0,7

1. Táblázat Különböző anyagok zsugorodás értékei

4. lépés: A beömlőrendszer és a fészkek elrendezése

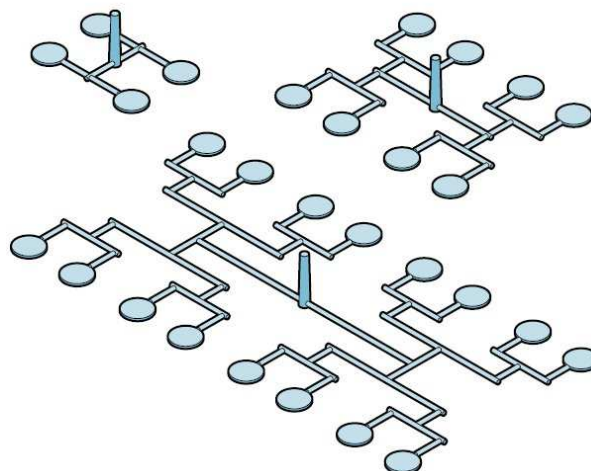
A polimer ömledék a beömlőperselyen keresztül lép be a szerszámba.

Az ömledék ezt követően a beömlőrendszeren keresztül áramlik a gép fúvókájából a szerszámba. A beömlőcsatorna mérete a munkadarab tömegétől függ. Növelni kell a csatorna átmérőjét, ha a csatorna szokatlanul hosszú, vagy a munkadarab falvastagsága nagyon kicsi. Egy jól megválasztott beömlőrendszer minimalizálja a hővesztéseket, a nyomásesést és elkerülhetővé teszi az ömledék idő előtti megszilárdulását. A 11. ábra különböző keresztmetszetű elosztócsatornákat láthatunk. A legideálisabb a kör keresztmetszetű, mivel itt a képes az ömledék a leginkább kitölteni a csatornát, de ez azonban az árban is megjelenik, mivel ebben az esetben mind a két szerszámfélbe bele kell munkálni az elosztócsatornát.



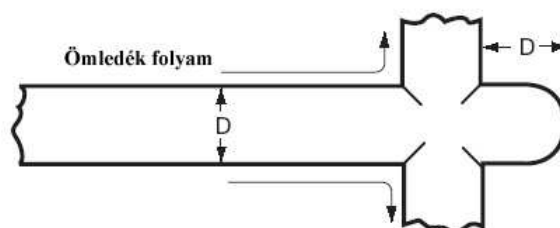
11. ábra Különböző keresztmetszetű elosztócsatornák [8]

Több fészkes szerszám esetén meg kell tervezni az egyes fészkek egymáshoz képesti helyzetét. Itt a fő szempont, amelynek teljesülni kell, hogy az ömledékfront terjedése során egyszerre érje el az egyes fészkeket, s a szerszámműregek kitöltése egyszerre valósuljon meg. Ez kétféle képpen érhető el. Kialakítástól függően beszélünk természetesen kiegyensúlyozott elosztócsatornáról, illetve mesterségesen kiegyensúlyozott elosztócsatornáról. A természetesen kiegyensúlyozott elosztócsatorna esetén (12. ábra) az egyes fészkek és az elosztócsatornák szimmetrikusan vannak elhelyezve, a meglövési pont pedig a középpontban található, így biztosított az egyenletes kitöltés. Ahhoz, hogy az ömledék egyenletes sebességgel tudjon terjedni, elengedhetetlen követelmény, hogy az egyes folyási utak egyenlő hosszúak legyenek, s bennük azonos számú elágazás illetve törés legyen. Az egyes elágazások után általában csökken az elosztócsatorna keresztmetszete, ezzel biztosítva a megfelelő áramlási sebességet az ömledék számára.



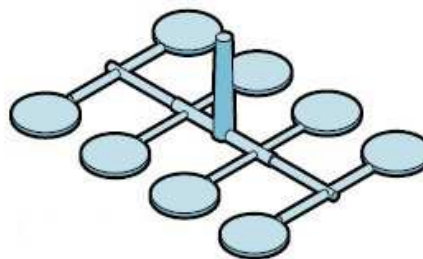
12. ábra Természetesen kiegyensúlyozott rendszer [8]

Az egyes elosztócsatorna-ágak végén hideganyag csapdákat célszerű kialakítani, így optimális hőmérsékletű ömledék jut a szerszámműregbe.



13. ábra Hideganyag csapda [8]

Mesterségesen kiegyensúlyozott elosztócsatorna esetében az egyes fészkek nem egyenlő távolságra helyezkednek el a meglövési ponttól. Itt az ömledékfront egyenletes terjedését az elosztócsatornák átmérőjével szabályozhatjuk. A legelterjedtebb fészkelrendezést a 14. ábra szemlélteti. Itt egy főcsatorna táplálja mellécsatornákon keresztül a két oldalt, egy-egy sorban elhelyezett fészkeket. A mellécsatornák keresztmetszete jóval kisebb, mint a főcsatornáé.



14. ábra Mesterségesen kiegyensúlyozott rendszer [8]

Ez a kialakítás eredményesen csak akkor alkalmazható, ha elegendő folyási út áll rendelkezésre a másodlagos csatornáknak az ömledékfront sebességkülönbségének kiegyenlítésére.

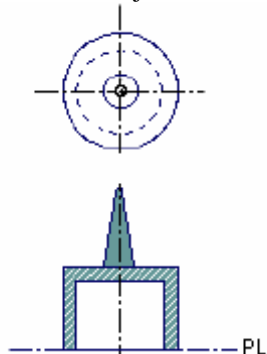
Ezt követően ki kell alakítani az egyes fészkeket és az elosztócsatornákat összekötő gátakat.

Azt, hogy milyen típusú gátat választunk általában a termék geometriája határozza meg. A megfelelő gát megválasztása igen fontos a szerszámműreg teljes kitöltésének szempontjából, az összecsapási vonal elhelyezkedésének szempontjából, illetve a szabadsugarú képződés is ez által kerülhető el.

A következőkben a gyakrabban használt gáttípusokat, s azok jellemző alkalmazási területeit ismertetem.

Direkt meglövés

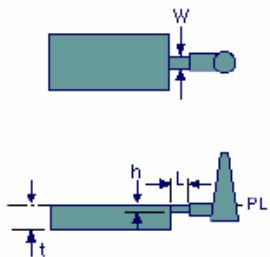
A direkt meglövést általában egy fészkes szerszámoknál ajánlott, illetve körszimmetrikus termékeknel, melyeknél követelmény a szimmetrikus kitöltés. Vastag termékek esetén jól alkalmazható.



15. ábra Direkt meglövés [10]

Standard gát

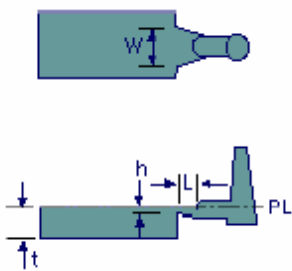
Ez a gáttípus többfészkes szerszámoknál ajánlott, közepes és vastag termékek esetén.



16. ábra Standard gát [10]

Legyező gát

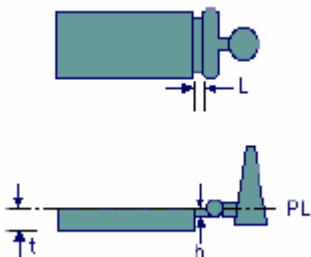
Azon lapszerű alkatrészeknél alkalmazott gáttípus, melyeket nem lehet széles felületen meglőni, vagy pedig nem megengedhető, hogy sérüljön az oldala.



17. ábra Legyezőgát [10]

Filmbeömlés

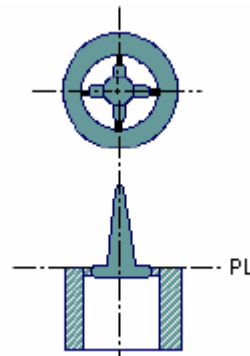
Általában lapos, hosszú termékek esetén alkalmazzák, jó minőségű, elhúzóadásmentes terméket ad.



18. ábra Filmbeömlés [10]

Küllőgát

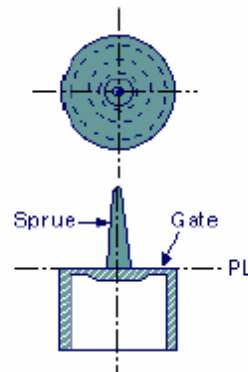
A küllő gát nagyban hasonlít az esernyőgáthoz. Egyfészkes szerszámok esetén használatos, nagyobb belső átmérővel rendelkező körszimmetrikus termékek esetén.



19. ábra Küllőgát [10]

Esernyőgát

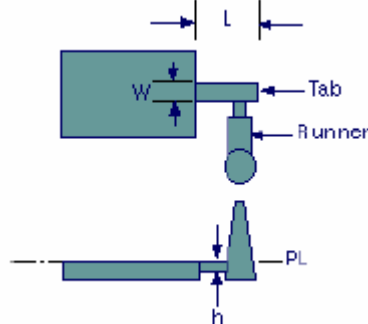
Egyfészkes szerszámok esetén, egyszerű geometriájú, kis vagy közepes belső átmérővel rendelkező termékeknel alkalmazható.



20. ábra Esernyőgát [10]

Tömb beömlés

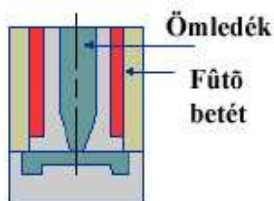
A tömb beömléssel készült termékek esetén egyszerű a kikészítés illetve a csatornamaradék eltávolítása. Csak vékony termékeknel használható.



21. ábra Tömb beömlés [10]

Fűtött csatornás

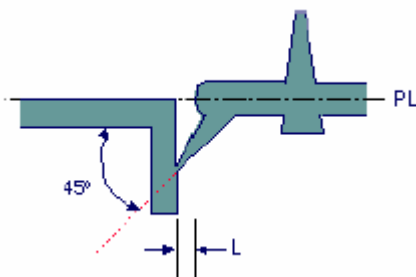
Lényege, hogy az elosztócsatorna fűtve van, így elkerülhető a polimer ömledék esetleges bedermedése a szerszámába. Drágább, de megbízhatóbb szerszámkonstrukciót eredményez.



22. ábra Fűtött csatornás [10]

Alagútgát

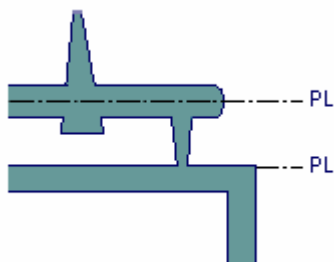
Igen gyakran alkalmazott gáttípus, legnagyobb előnye, hogy a szerszám nyitása során automatikusan leválik a csatornamaradék.



23. ábra Alagútgát [10]

Tűgát

A 3 lapos szerszámoknál alkalmazzák. Az alagútgáthoz hasonlóan ez is automatikusan eltávolítja a csatornamaradékot és középpontban elhelyezkedő gátat eredményez.



24. ábra Tűgát [10]

5. lépés: a formaadó térfogatok létrehozása

Ebben a lépésben kerül meghatározásra az osztófelület. Itt több szempontot is szem előtt kell tartanunk. Meg kell határozni a várható szerszámkonstrukciót, azaz, hogy egyszerűbb - aktív szerszámelemektől (csúszka, ferde feladó, kicsavarható mag, stb) mentes konstrukcióval is megvalósítható-e a kívánt szerszám, - vagy bonyolultabb szerszámkonstrukciót kell alkalmaznunk. Ezt követően a létre kell hoznunk a formaadó térfogatokat, azaz meg kell határozni, hogy a termék negatívját tekintve hány részre osztjuk azt, illetve, hogy mi kerül a mozgó és mi az álló oldalra. Ez egyszerűbb esetben két térfogat-fél, de bonyolultabb esetben (pl. külső menet esetén) akár négy részből is állhat. Ügyelnünk kell arra az általános szerszámtervezési alapelvre, hogy a terméknek a mozgó szerszám félen kell maradnia a szerszámnyitást követően. Ezt általában úgy érik el, hogy a mozgó oldalon helyezkednek el magok, - melyek a furatok, üregek kialakítását végzik, - s a termék a hűtés hatására rázsugorodik ezekre. Ezek után a meg kell határozni a formaadó részek kialakításának módját. Egyszerűbb

szerszámkonstrukciónál, kis gyártandó darabszám esetén magából a formalapból munkálják ki ezeket, mivel itt nem várható meghibásodás, vagy idő előtti elhasználódás. Abban az esetben, ha bonyolult szerszámról van szó, mely esetenként több mozgó elemet is tartalmaz, vagy pedig amennyiben a szerszám igen hosszú élettartamra van tervezve, úgy mindenképpen betétezett formalapokat érdemes alkalmazni. Ezeknek a szerszámoknak a karbantartása, felújítása, esetleges szerszám-törés esetén javítása jóval egyszerűbb és gazdaságosabb.

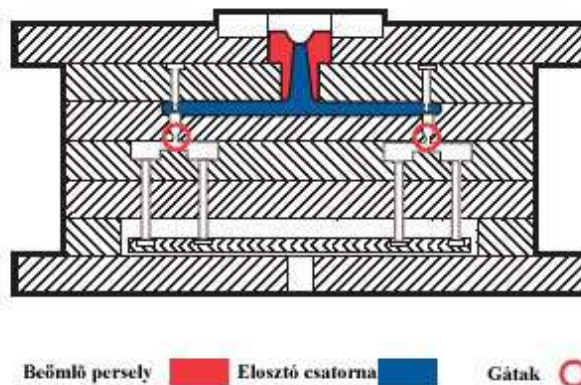
6. lépés: szabványos méretű szerszámház választása

A formalapokat és egyéb szerszámelemeket szabványos méretű szerszámházban helyezük el.

Ezek kiválasztását a normál gyártó cégek katalógusai alapján végzzük. A választott szerszámház méretét alapvetően a termék mérete a fészekszám és az elrendezés határozza meg, de figyelembe kell vennünk a követelményjegyzékben megadott fröccsöntő gép paramétereit, azaz a gép szerszámfelfogó lapjának méretét és a gép oszloptávolságát.

7. lépés: az ömledék beáramlási útjának meghatározása

Ebben a lépésben dönteni kell a elosztócsatorna jellegéről, azaz, hogy hideg csatornás, szigetelt csatornás vagy pedig forró csatornás rendszert alkalmazunk.



25. ábra Hideg csatornás szerszám felépítése [8]

Hideg csatornás rendszer

Hideg csatornás szerszámkialakítást általában az egyszerűbb, alacsonyabb költségvetésű szerszámoknál alkalmazunk. Lényege, hogy az elosztócsatornában lévő polimer ömledék megszilárdul, majd ezt követően kidobásra kerül a termékkel és a csatornamaradékkal együtt. Amennyiben a fröccsöntő gép meghibásodás, áramszünet, vagy bármi más okból kifolyólag leáll, az elosztócsatornában lévő ömledék beledermes. Eltávolítása csak a szerszám szétszedését követően lehetséges, mely termelékiesést és plusz költségeket okoz. Az 25. ábra egy hagyományos hidegcsatornás szerszámot láthatunk.

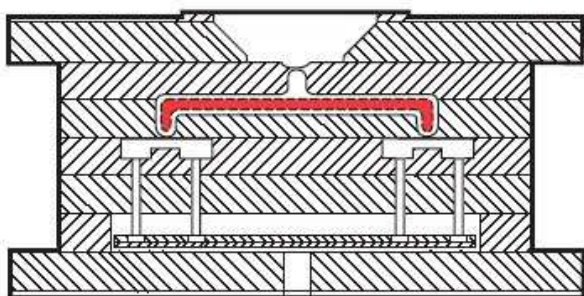
Szigetelt csatornás rendszer

Működése a hőre lágyuló műanyagok viszonylag kis hővezető-képességén alapul. A nagy átmérőjű körszelvényű beömlőcsatorna az első ciklusban megtelik polimer ömledékkal, melynek a kamra hideg falával érintkező rétege megdermed és hőszigetelő réteget alkotva

meggátolja a további ciklusokban beáramló ömledék ledermedését a ciklusok között. Hogy a rendszer megbízhatóan működjön a percnkénti munkaciklusok száma nem lehet kevesebb, mint 4-5 ciklus. A csatornában ömledék állapotban lévő anyag mennyiségének kisebbnek kell lennie, mint a formaüregek térfogatának összege, mivel csak így biztosítható a csatorna folyékony állományának teljes cserélődése.

A szigetelt csatornás rendszer számos előnnyel rendelkezi, ezek közül néhány:

- kevésbé érzékeny az elosztócsatornák kiegyensúlyozottságára
- csökkenti az anyagra ható nyíróerőt
- tömörebb anyagterfogat alkatrészenként
- gyorsabb ciklusok
- kiküszöböli az elosztócsatornában képződő hulladékot
- jobb felületminőségű terméket eredményez
- csökkenti a szerszámkopást



Szigetelt csatorna

26. ábra Szigetelt csatornás szerszám felépítése [8]

A fent említett előnyök mellett természetesen néhány hátrányt is meg kell említenünk ezzel a konstrukcióval kapcsolatban:

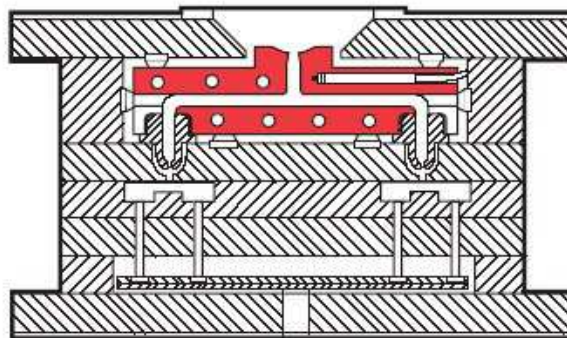
- általában bonyolultabb a szerszám tervezése
- általában magasabb szerszámköltségek jelentkeznek
- végbe mehet a polimer ömledék termikus degradációja
- nehezebb a színek változtatása
- magasabb karbantartási költségek

Forró csatornás rendszer

Napjainkban ezt tekinthetjük a leggyakrabban használt kialakításnak. Ez esetben az elosztócsatorna külön szerszámlemezben van kialakítva, s elektromos fűtőbetétek végzik az annak adott hőmérsékleten tartását. Ez a megoldás nagy szabadságot biztosít a polimer ömledék hőmérsékletének beállításánál, – s ezzel együtt egyéb paraméterek megválasztásánál is- illetve a szerszám tervezésében is egyaránt, legfőképpen a nagyméretű, többfészkés szerszámok esetében. A forró csatornás rendszerek rendelkeznek a szigetelt csatornás rendszerrel említett előnyökkel, s az ott említett hátrányok közül néhányat kiküszöbölnék. A szerszám indítása kevésbé nehézkes, mint a szigetelt csatornás esetben. A forró csatornás rendszer legfőbb hátrányai a hideg csatornással szemben:

- jóval bonyolultabb szerszámtervezés, gyártás és üzemeltetés
- lényegesen magasabb szerszám költségek

Ezt a megoldást alkalmazva nem kell tartanunk attól, hogy az ömledék beledermed az elosztócsatornába, hisz az mindvégig folyékony állapotban marad. A szerszámüregbe egy tűszelepes fűvókán keresztül jut az ömledék. Ez a fűvóka hivatott megakadályozni az ömledék szivárgását a ciklusok között.



Fűtőbetétek

27. ábra Forró csatornás szerszám felépítése [8]

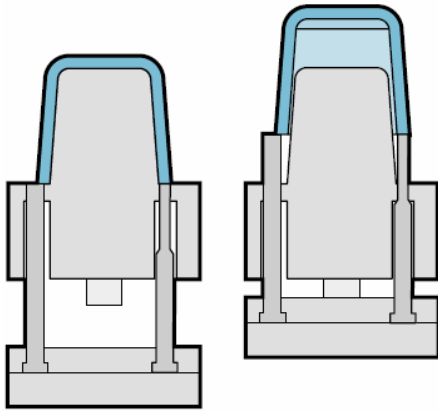
8. lépés: kilökő rendszer

A termék eltávolítása a szerszámából a fröccsöntési ciklus végeztével egy igen fontos és alapos tervezést igénylő feladat. A kidobórendszer megválasztásának alapvető szempontjai:

- a munkadarab a kidobás során ne károsodjon, ne lépjen fel alakváltozás, a kilökő rendszer elemei ne hagyjanak nyomot a termék látható felületein
- a kidobás megbízható legyen
- a kidobók egyszerűen és gyorsan működjenek

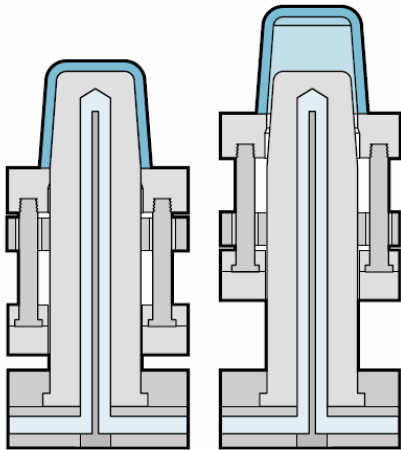
A legtöbb fröccsöntő szerszámon a kilökő rendszer a szerszám mozgó oldalán helyezkedik el, s a szerszám nyitási útját használjuk fel a termékek magról történő eltávolításához. A termék geometriájától, anyagától, méretétől függően számos kilökő rendszer kialakítás lehetséges.

A legszélesebb körben elterjedt, a hagyományos kilökőcsapok használata. Ezek a kilökőtartó lapban helyezkednek el, s a szerszám hátrafelé irányuló mozgása közben, több pontban érintkezve a termékkel végzik el annak letolását a magról. Célszerű a kilökőcsapokat úgy elhelyezni, hogy azok a termék belső, vagy pedig nem látható felületével érintkezzenek, mivel ezek szinte minden esetben jellegzetes, kör alakú nyomot hagynak maguk után abban a pontban, ahol a kilökő a termékkel érintkezett. Amennyiben a termék kis méretű, vagy pedig csak keskeny hely áll rendelkezésre a ledobáshoz, melynek hatására a hagyományos kilökőcsapok a nagy felületi nyomás hatására beszakítanak a munkadarab felszínét, akkor késkilökőket használunk. Ez nagyban hasonlít a hagyományos kilökőcsapra, viszont kisebb felületen érintkeznek a termékkel, s hasáb keresztmetszetűek.

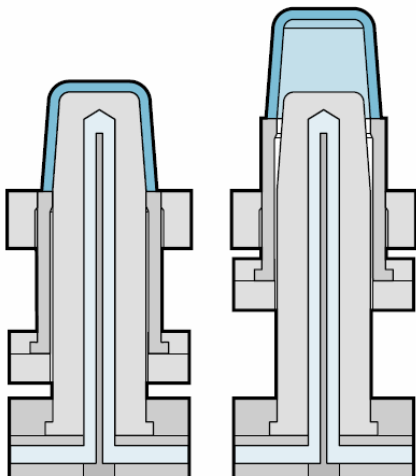


28. ábra Kilőkőcsap és késkilőkő [8]

Vannak egyes alkatrészek, melyeket nem lehet kilőkőcsapok vagy késkilőkők segítségével eltávolítani a szerszámból, mert fenn áll a termék sérülésének illetve befejesülésének a veszélye. Ezeket az alkatrészeket teljes felületükön kell megnyomni, melyre egy elterjedt megoldás a letolólap és a letoló gyűrű alkalmazása, melyet a 29. ábra és a 30. ábra szemléltet. Letoló lap alkalmazása esetén egy egész lapot kell mozgatnunk, míg ennek egyszerűbb és gyorsabb változata a letoló gyűrű, ahol nem kell az egész lapot mozgatnunk, csak a letoló gyűrűt, mely a termék eltávolítását végzi a szerszámból. Ez a megoldás csak körszimmetrikus termékek esetén alkalmazható.



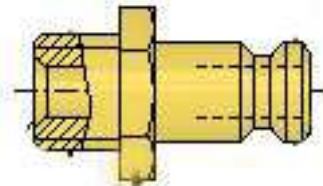
29. ábra Letolólap alkalmazása [8]



30. ábra Letoló gyűrű alkalmazása [8]

9. lépés: temperáló rendszer

A temperáló rendszer a feladata a szerszám indításakor a megfelelő üzemi hőmérséklet mielőbbi biztosítása, illetve ezt követően a szerszám hűtése. A temperálást a szerszám lapjaiban található temperálófuratokban áramoltatott temperálóközeg segítségével biztosítjuk. Ez a temperálóközeg lehet víz, olaj, vagy emulzió. A temperálóközeg egy zárt rendszerű körben cirkulál, mely egy temperáló-keringető berendezéssel van ellátva. A szerszámot általában szabványos gyorscsatlakozók (31. ábra) segítségével kötjük rá a rendszerre, melyek a szerszám hátlapján, vagy pedig az alján helyezkednek el. A megfelelő hűtés hiányában a ciklusidő meghosszabbodik, a gyártás költségei nőnek, ezért gyártás-gazdaságossági szempontból is nagy jelentősége van a megfelelően méretezett temperáló rendszernek.



31. ábra Szabványos gyorscsatlakozó a temperálóközeg számára [9]

Az óránként szükséges temperáló közeg meghatározása az alábbi képlettel lehetséges :

$$M = \frac{m \cdot q \cdot n}{3600 \cdot \Delta T c_{temp}} \quad [\text{kg/s}]$$

ahol: m- az egy ciklusban fröccsöntött anyagmennyiség, [kg]
 q- az 1kg anyagmennyiség dermedésekor és kívánt hőmérsékletre hűtéskor felszabaduló hőmennyiség, [J/kg]
 n- az óránkénti fröccsöntések száma, [1/h]
 c_{temp} = a temperáló közeg fajhője, [J/(kg · K)]
 Δt - a temperáló közeg megengedett felmelegedése,
 $\Delta T = T_{ki} - T_{be}$ [K]

A szerszámban kialakított furatrendszerben a temperáló közeg 1-5m/s sebességgel áramlik.

A temperáló furat átmérője a

$$\frac{d^2 \pi}{4} \cdot v_{víz} = M$$

összefüggésből:

$$d = \sqrt{\frac{4M}{\pi \cdot v \cdot \rho}} \quad [\text{m}]$$

ahol: v- a temperáló közeg sebessége [m/s]
 ρ- a temperáló közeg sűrűsége [m³/kg]

A temperálófurat rendszer összes hossza az alábbi összefüggésből adódik:

$$l = \frac{310d \cdot \Delta t}{\left[t_{szersz} - \left(t_{be} + \frac{\Delta t}{2} \right) \right] \left[1 + 0,014 \left(t_{be} + \frac{\Delta t}{2} \right) \right]}$$

ahol: t_{szersz} - a szerszám hőmérséklete, [$^{\circ}\text{C}$]
 t_{be} -a temperáló közeg
 belépő hőmérséklete [$^{\circ}\text{C}$]
 t_{ki} -a temperáló közeg
 kilépő hőmérséklete [$^{\circ}\text{C}$]

A képletből megállapítható, hogy a hűtőfurat hossza egyenesen arányos az átmérőjével, azaz nagyobb hűtőfurat átmérőhöz hosszabb hűtőfurat tartozik.

10. lépés: az elektromos rendszer kiépítése

Forró csatornás rendszer esetén gondoskodnunk kell az elektromos fűtő betétek számára az áramellátásról. Ez általában szabványos csatlakozók segítségével történik. Ezen kívül tervezhetünk még a szerszámba különböző elektromos helyzetérzékelőket is, melyeknek szerszámvédelmi funkciója van (érezkei, hogy a kilökőrendszer visszaállt-e alaphelyzetbe, így elkerülhető az esetleges szerszámtörés).

11. lépés: a szerszám egyéb tartozékainak elhelyezése

Vannak egyes alkatrészek, melyeket minden egyes fröccsöntő szerszámon el kell helyezni. Ilyen pl. a szállító híd és a szemescsavar. Ez a szerszám leszerelt állapotában a daruval történő mozgatását teszi lehetővé. Ügyelni kell arra, hogy a szemescsavar – melybe a daru horgát akasztják az emelés során- a szerszám súlypontjával egy vonalba essen. Ellenkező esetben a szerszám elbillenhet emelés közben.

Ezeken az alapfelszereléseken kívül számos kiegészítővel felszerelhetjük még a szerszámot. Ilyenek a különféle érzékelők, -melyek általában védelmi funkciót töltenek be- a ciklusszámlálók, stb.

12. lépés: ellenőrzés, tervzsűri

A kész szerszámot a teljes tervező gárda ellenőrzi. Amennyiben hibát találnak, úgy a szerszám még ebben az utolsó munkafázisban módosítható különösebb költségek nélkül.

13. lépés: szétrajzolás

Miután a szerszám 3D-s modelljét ellenőrizték, javították az esetleges hibákat, következik a műhelyrajzok készítése, melyek alapján majd a szerszám legyártása történik. Minden egyes alkatrészeiről (mely nem szabványos alkatrész) külön műhelyrajz készül.

14. lépés: a megmunkálás tervezése

Ez az utolsó lépés, mielőtt a szerszám gyártása megkezdődne. Ekkor történik meg a megmunkáló gépek szerszámpályájának megtervezése, a NC programok elkészítése, a szikraforgácsoló elektródák modelljének, majd műhelyrajzának előállítása illetve az elektródaelrendezési terv meghatározása.