

# MŰANYAGOK FELDOLGOZÁSA, ADDITÍV TECHNOLÓGIÁK

## Félkésztermékek fröccsöntése magas hőmérsékletű műanyagokból

**Hivatkozás:** T. Deligio: Injection Molding Stock-Shape Parts in High-Temperature Materials, *Plastics Technology*, 2025. április 23, <https://www.ptonline.com/articles/injection-molding-stock-shape-parts-in-high-temperature-materials?utm>

**Tárgyszavak:** 1. Feldolgozás 2. Fröccsöntés 3. Félkész termékek  
4. Magas hőmérsékletű műanyag 5. 6.

Mivel egyes nagy hőállóságú műanyagok, mint a PEEK (poliéter-éter-ke-ton) csak speciális fröccsöntő gépeken dolgozhatók fel, kisebb darabszámok és bizonyos geometriai korlátok teljesülése esetén a felhasználók sokszor inkább szabályos geometriai alakú félkésztermékeket vásárolnak (ún. stock shape), pl. rudakat, csöveket, lemezeket, hasábokat stb., amelyeket darabolnak és forgácsolással alakítanak végtermékké, mert így olcsóbb a technológia. Ezeket a félkész termékeket rendszerint préseléssel vagy extrúzióval állítják elő. A cikk egy olyan szabadalmaztatott technológiát ismertet, amely hagyományos fröccsöntő gépeken állítja elő ugyanezeket a félkésztermékeket.

A szabadalmat Lev Akopyan nyújtotta be displacement intrusion molding (DIM) néven, amit talán kiszorításos sajtolásnak lehetne fordítani, és ami a hagyományos préselést és az extrúziót válthatja fel nagy, vastag falú félkésztermékek gyártásánál. A módszer valamilyen hibridje a fröccsöntésnek, az extrúzióknak és a préselésnek, a módszer első változatát Akopyan apjával együtt több mint 20 éve fejlesztette ki, és az első szabadalmat 1999-ben kapták meg. Az a módszer rádióhullámokat és mikrohullámokat használt a nagy teljesítőképességű műanyagok megömlesztésére. Ezzel ugyan gyors, hatékony melegítés valósítható meg a műanyag egész tömegében, de az ehhez szükséges egyedi berendezés komoly tökebefektetést igényelt és működtetése is drága volt. A szerszámozás is különleges volt, a feltaláló szerint „megelőzte a korát”.

A DIM technológiai legújabb változata, amely 2024-ben kapott szabadalmi védelmet az USA-ban, készen kapható komponensekkel dolgozik, ami jóval kisebb kiadást jelent Akopyan szerint, aki a **Specialty Polymers** (Olathe, Kansas) tulajdonosa.

A gyártandó félkésztermék alakjától függően a DIM rendszer négyzetes vagy hengeres szerszámot tartalmaz, amely egy hidraulikaszivattyú hidraulikus hengeréhez csatlakozik. A szerszámnak saját hőmérsékletszabályozója van, és a hengeren belül van egy mozgatható dugattyú. A hidraulikaszivattyú hajtja meg a dugattyút, és ez tömöríti az anyagot a szerszámon belül. A szerszám egy hagyományos fröccsöntő gépben van elhelyezve, amely a szerszámfelfogó lemezeket és más zárószerveket használ a szerszámfelek összetartásához. A záróerőt és a belvilágot az öntött darab nagysága határozza meg. Egy 20 cm-s szerszám esetében egy 400 tonnás **Toyo** berendezést használnak kb. 145 cm-s belvilággal, de a berendezésbe nagyobb szerszám is elfér. A fröccsgép az ömledéket „intrúziós” üzemmódban állítja elő, azaz a rotációval megömlesztett (augermeltd) anyagot először változatlan pozícióban járó csigával „betolja” a szerszámba, és csak utólag tömöríti a csiga előre mozgatásával. Az eljáráshoz granulátumokat használnak, nem port, mint a préselés esetében. A mozgatható csigát csak a szerszámtöltés utolsó fázisában mozgatják előre, hogy tömörítse a már bejuttatott anyagot, még mielőtt a szerszámban elhelyezett dugattyú működni kezd.

A fröccsgép visszaáramlást megakadályozó gyűrűjén kívül a DIM berendezésnek van egy szelepje, amely rázárul a szerszámba, hogy az anyag ne szivároghasson. A hűtés az a fázis, ahol a folyamat elkezd inkább egy hagyományos préselésre emlékeztetni. Az anyag és a gyártott termék geometriájától függően (beleértve a falvastagságot és az átmérőt) a hűtés akár 8 órát is igénybe vehet. Ezt nem lehet siettetni.

A DIM eljárást magas hőmérsékletű, nagy teljesítményű műanyagokra kezdték alkalmazni, mint amilyen a PEEK, PEKK, vagy a **DuPont Vespel** nevű anyaga (amely szénszálat és Teflont tartalmaz), valamint a **Torlon** márkanevű poliamid-imid (PAI). Az egyik legígéretesebb kísérlet a **Performance Products Inc. Celazole**

márkanévű PBI (polibenzimidazol) anyagával folyt, amely számos alkalmazásban felhasználható. Ennek az anyagnak az üvegesedési hőmérséklete ( $T_g$ ) 427°C, és igen magas hőmérsékleten, nagy súrlódás mellett is felhasználható.

A 2024-es szabadalomban inert gáz (pl. nitrogén) használata is szerepel a megömlesztett anyag oxigén- és víztartalmának csökkentésére. Ezek az anyagok ugyanis higroszkóposak (nedvszívók) ezért a nitrogén kiűzi a potenciálisan hidrolitikus degradáció okozó vizet és csökkenti az oxidáció veszélyét is. Erre különösen akkor van szükség, ha hosszú kondicionálási és töltési időre van szükség a nagyobb darabok esetében. A szabadalomban az is szerepel, hogy a szerszámüregbe szénszálakat lehet elhelyezni az intrúziós töltés előtt, és így a nagy teljesítményű műanyag ömledéke impregnálja a szálakat, kompozit szerkezetet hozva létre.

Ami az öntés utáni folyamatokat illeti, a legtöbb DIM eljárással feldolgozott anyag erősen zsugorodik, ezért viszonylag könnyű eltávolítani a terméket a szerszámból. Ha mégsem, mint pl. a *Torlon* esetében, akkor formaleválasztót alkalmaznak. Noha fellép zsugorodás, a befagyott feszültségtől nem kell tartani, mivel a szerszám feltöltése lassú, nem alakul ki nagy belső feszültség. Ugyanezért lassú a hűtési folyamat is, nincs szükség utólagos, feszültség-csökkentő hőkezelésre.

Egy cég, amely hengeres szimmetriájú lámpafoglatokat gyártott alumíniumból, áttér arra, hogy a DIM eljárással a *Celazole-T* sorozatú kompaundból gyártsa a termék előállításához használt korongot, amely PBI és PEEK-et tartalmaz. A *Celazole* nagy keménysége miatt a termék felülete fényesebb lett, mert jobban lezárta az alumínium pórusait. A csere csökkentette az utómegmunkálási igényt, és a PAI-ból készült tárcsához képest 400%-os élettartam-növekedést ért el.

A további termékek között szerepelnek hengerek, rudak, csövek, lemezek, amelyeket különféle vevők használnak fel a repülőgépiparban, űrhajózásban, orvosi alkalmazásokban, kőolajiparban. Mivel a *Celazole* PBI már bevált az űrhajózásban ez az egyik legfőbb célterület. Ami a csöveket illeti, utómegmunkálás nélkül is szinte szabadon választható alakok készíthetők. A további terjeszkedést úgy tervezik, hogy a technológiára licencet adnak egy nagyobb feldolgozónak.

**Cikk nyelve:** angol

**Készítette:** dr. Bánhegyi György