



**A3**

Változat: 9

Kiadva: 2021. január 24.

**BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR  
POLIMERTECHNIKA TANSZÉK**

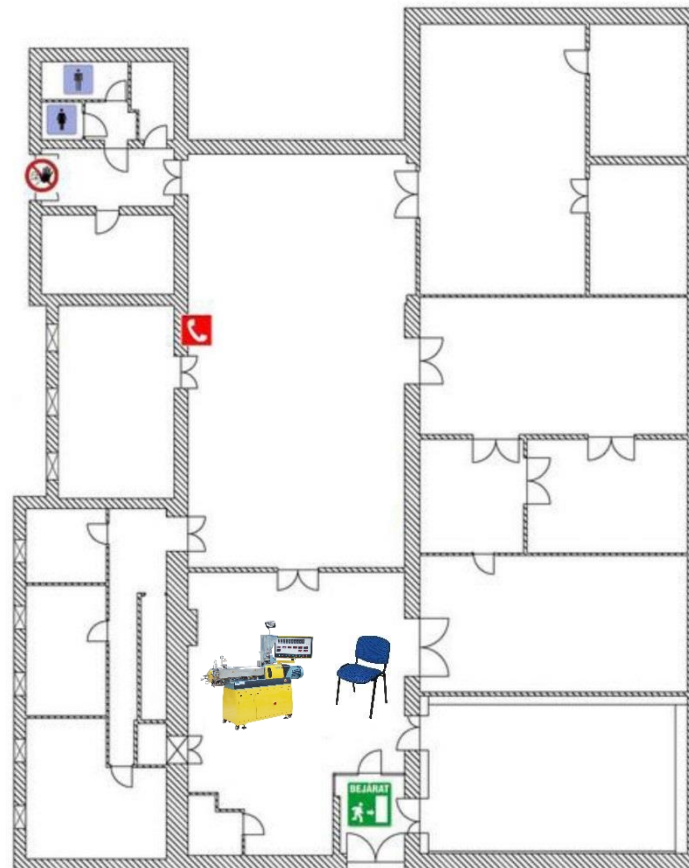
**MT épület**

# **Extrúzió**

**HŐRE LÁGYULÓ POLIMEREK EXTRÚZIÓJA**

**A JEGYZET ÉRVÉNYESSÉGÉT A TANSZÉKI WEBOLDALON KELL ELLENŐRIZNI!  
WWW.PT.BME.HU**

## A LABORGYAKORLAT HELYSZÍNE



MT  
épület

## TARTALOMJEGYZÉK

1.	A GYAKORLAT CÉLJA .....	3
2.	ELMÉLETI HÁTTÉR .....	3
2.1.	BEVEZETÉS .....	3
2.2.	AZ EXTRUDERCSIGA SZAKASZAI .....	5
2.3.	AZ EXTRUDER SZÁLLÍTÓ-TELJESÍTMÉNYE.....	7
2.4.	EXTRUDERSZERSZÁMOK ÉS SEGÉDBERENDEZÉSEK .....	9
3.	A MÉRÉS LEÍRÁSA, ELVÉGZENDŐ FELADATOK.....	14
4.	A MÉRÉS SORÁN HASZNÁLT GÉPEK, BERENDEZÉSEK, ESZKÖZÖK.....	14
5.	A TÉMÁHOZ KAPCSOLÓDÓ FONTOSABB SZAVAK ANGOLUL, NÉMETÜL .....	15
6.	AJÁNLOTT IRODALOM.....	15
	MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV .....	16

## 1. A laborgyakorlat célja

Az extrúziós technológia megismertetése hőre lágyuló polimerek alkalmazása esetén. A laborgyakorlaton egyféle alapanyagból kiindulva **rúd alakú** előgyártmányt készítünk, illetve aprítunk (granulálunk). A gyártás során vizsgáljuk az extrudálási paraméterek változtatásának az extruderből kijövő anyag tömegáramára gyakorolt hatását.

## 2. Elméleti háttér

### 2.1. Bevezetés

Az *extrúzió* ([videó](#)) a polimerfeldolgozás egyik leghatékonyabb, legjelentősebb technológiája, amelynek során a (tipikusan hőre lágyuló) polimert az extruder a benne található, forgó csiga segítségével **folytonos üzemben**

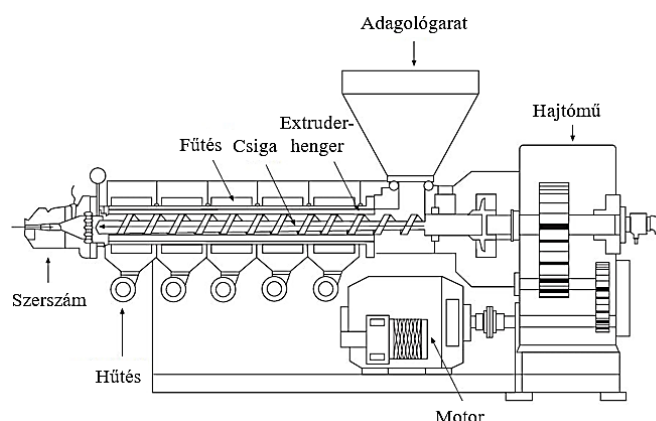
- **ömledék** állapotba hozza, majd a viszkózus ömledéket
- *eközben nyomás alá helyezi* (komprimálja),
- **homogenizálja**
- majd adott, változatlan keresztmetszetű, nyitott **szerszámon keresztülsajtolja**.

Ezt követően az extruder követőberendezése a méretpontosságot biztosítva (kalibrálva) **lehűti a terméket**, s így állandó keresztmetszetű polimer terméket gyárt tetszőleges hosszúságban.

A lineáris polimerekből készülő termékek közel 40%-a extrúziós eljárással készül. Az eljárás egyik lényeges tulajdonsága, hogy a termék 3 dimenziós kiterjedése az egyik dimenzióban végtelen, vagyis lehet cső, síklemez, profilos hasáb, fólia stb. A feldolgozás utolsó fázisában mindig tekerceslés vagy darabolás történik.

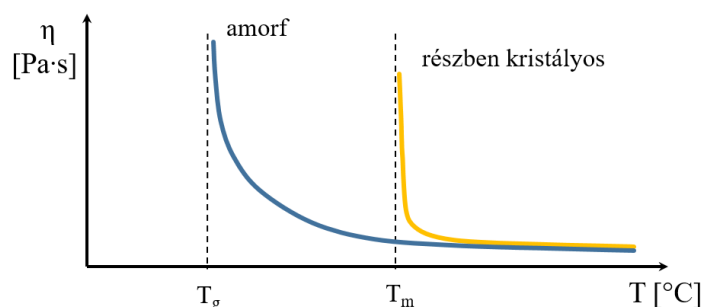
Az eljárás a termékgyártás mellett adalékanyagok bekeverésére (kompaundálás) is alkalmas. Az alapanyag por vagy granulátum formájú lehet, amelybe plusz adalék anyagokat keverhetünk bele. Ilyen adalékok lehetnek a hőstabilizátorok és antioxidánsok, amelyek csökkentik a degradációs hajlamot és gátolják az öregedést, UV stabilizátorok, amelyek a természetes fény elleni védelmet biztosítják, lágyítók, amelyek a feldolgozást segítik elő, lángállóságot biztosító adalékok, csúsztatószerkezetek, amelyek a csigasúrlódást csökkentik és a szerszámból való kiáramlást is segítik. Az első extrudereket az élelmiszeriparban a pékek használták tésztagyártáshoz. Könnyűipari felhasználása H. Bewleyhez és R. A. Broomanhoz köthető (1845), azonban az első extrudert M. Gray

szabadalmaztatta. Ezeket az extrudereket elsősorban a gumiiparban használták. A kifejezetten termoplasztikus, azaz hőre lágyuló polimer feldolgozására 1935-ben készült először extruder. A mai modern egycsigás extruderek (1. ábra) felépítésükben nem sokban térnek el a korai típusoktól, azonban a termoplasztikus polimerek feldolgozásához alkalmazott csiga geometriája jelentős módosításokon ment keresztül.



1. ábra Az extruder felépítése

A változtatás elsősorban a csiga méretét érintette. A hőre lágyuló anyagok esetén ugyanis kell egy bizonyos tartózkodási idő, hogy a polimer teljes mértékben ömledék állapotba kerüljön. A csiga méretét jellemző hossz/átmérő, azaz  $L/D$  arány a korai extruderekben 3-5 körül alakult, mára ez az érték **20** körüli érték egycsigás extruder esetén (ikercsigás keverékkészítő extrudereknél ez az érték jellemzően  $>40$ ). Az alapanyag feldolgozáshoz szükséges hőmennyiséget fűtőpalástokkal biztosítják a hengerfal körül. A fűtéssel párhuzamosan hűtésről is gondoskodni kell a kis hőingadozás (feldolgozáshoz optimális hőmérséklet) biztosításához. Az extrudereknél ez a hűtés történhet levegővel, vagy valamilyen folyékony közeggel, jellemzően vízzel. Az extrúziónál alkalmazott hőmérséklet alacsonyabb, mint a fröccsöntésnél, ezt a hosszabb tartózkodási idő, és a további feldolgozhatósághoz szükséges nagyobb ömledékviszkozitás magyarázza (2. ábra). Ez összefügg a belső anyagtulajdonságokkal is, pl. extrúziós típusú PP alacsony MFI-vel, míg a fröccstípusú PP magas MFI-vel rendelkezik.



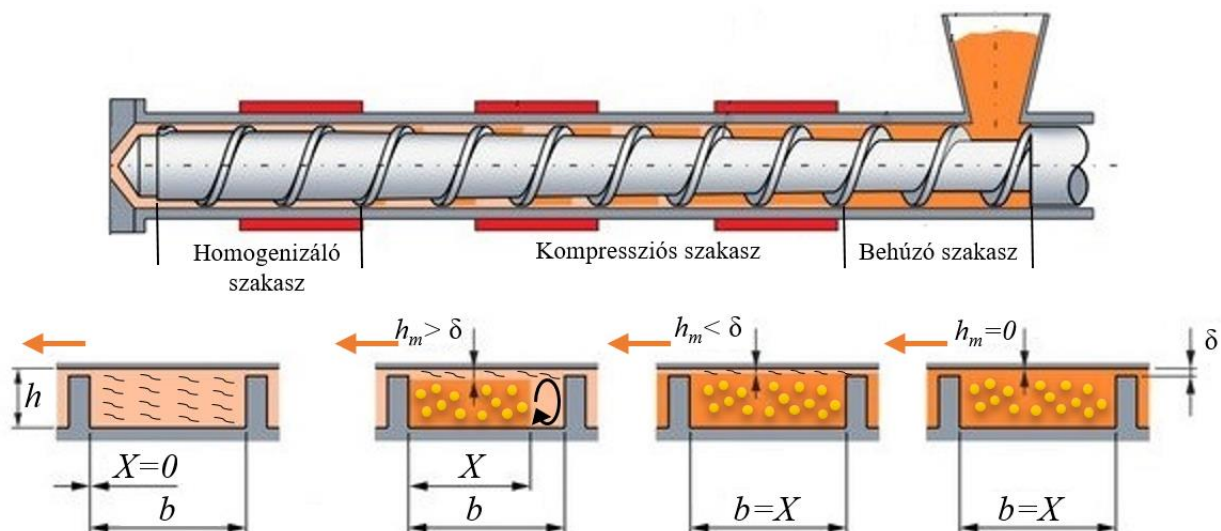
2. ábra Amorf és részben kristályos hőre lágyuló polimerek látszólagos viszkozitása hőmérséklet függvényében

## 2.2. Az extrudercsiga szakaszai

Az extrudercsiga alapvetően három szakaszra bontható: behúzó, kompressziós, valamint homogenizáló szakaszra (3. ábra). Különleges igények esetén további szakaszok is beiktathatók (pl.: gáztalanító szakasz).

A **behúzó szakasz** feladata a szilárd anyag szállítása a kompressziós szakasz felé. Egycsigás extruderek esetén ennek alapvető feltétele, hogy a csiga és polimer között kisebb legyen a súrlódás, mint a henger és a polimer között. A nagyobb homogenitás biztosítása érdekében kifejlesztett ún. ikercsigás extruderek esetén – amennyiben a két csiga menetszárnyai egymás menetárákába nyúlnak (egymásba hatolóak), forgásirányuk menetenként ellentétes (szemben forgó) – zárt térfogatban továbbítják az anyagot, azaz kényszer szállítást végeznek. Amennyiben a csigák forgásiránya azonos (együtt forgó), nem alakul ki menetenként zárt térfogat, ám a szállítóteljesítmény így is megfelelő.

A **kompressziós szakasz** kettős funkcióval bír. Az egyik az anyagnak a megömlesztése, a másik a megfelelő nyomás (30-100 bar) biztosítása az anyag extruderszámon történő átsajtolásához. A megömlesztés folyamata a meleg hengerfallal érintkező anyagrészekkel kezdődik, majd a nyomás és a csigaforgás következtében a csiga menetárákában cirkulációs áramlás jön létre, amely gyorsítja a polimer megömlesztését.

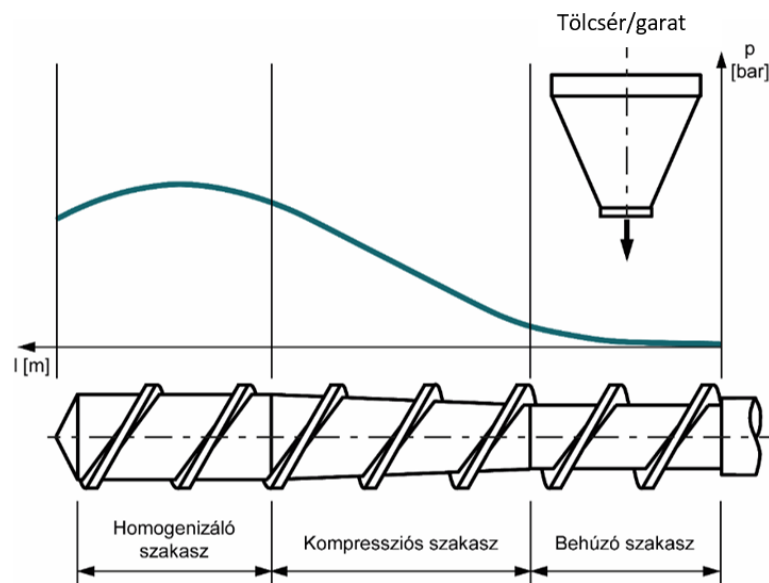


X: szilárd rész, b: menetárok szélesség,  $\delta$ : résméret, h: menetmélység,  $h_m$ : ömledék vastagság

### 3. ábra A megömlesztés folyamata

A kompressziós zóna másik feladatát, a nyomás növelését háromféle módon érik el. Az egyik eset, amikor a csiga magátmérőjét növelik (magprogresszív), a másik eset, amikor a menetemelkedés szögét csökkentik (szögdegresszív). Egy harmadik, ám nem elterjedt megoldás, amikor a

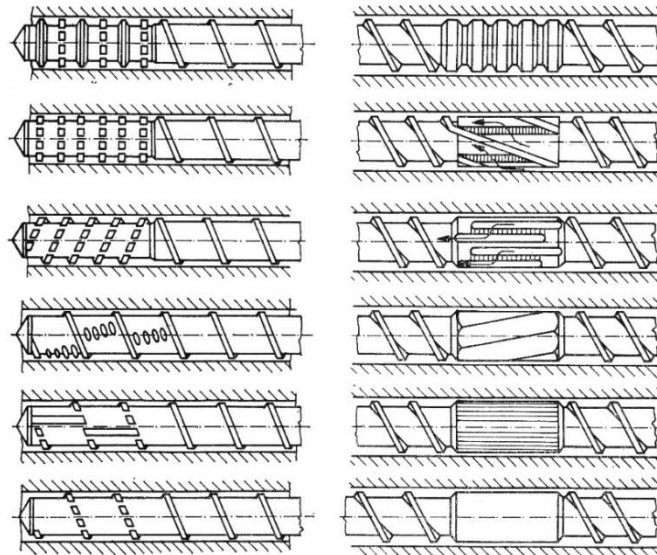
menetszárnny szélességét növelik meg. Azt, hogy milyen mértékben tudjuk a nyomásnövelést biztosítani egy adott, magprogresszív extrudercsiga alkalmazásával, azt a kompressziós arány adja meg. A kompressziós arány a csiga kompressziós szakasza előtti és utáni menetárok mélységének arányát fejezi ki. Értékét a feldolgozandó alapanyag függvényében szokás megválasztani, jellemzően 1,75:1 - 3:1 között. Az így létrejövő nyomás nagyságrendileg 30-100 bar, a nyomáseloszlás (4. ábra) a csigakialakítástól nagyban függ.



4. ábra Az ömledék nyomás változása az extrudercsiga szakaszai mentén, egycsigás extrúziós esetén

Az így létrehozott nyomás nemcsak az anyag szerszámon történő átsajtoláshoz szükséges, de legtöbb esetben ez biztosítja az anyagrészek között lévő levegő eltávolítását is. Amennyiben a feldolgozástechnológia szempontjából ez nem elég, akkor külön erre a célra kifejlesztett, úgynevezett gáztalanító extruder/kigázosító zóna alkalmazása javasolt.

A harmadik szakasz az ún. **homogenizáló, vagy kitoló** szakasz, ahol a cél a minél homogénebb adalékanyag- és hőmérsékleteloszlás elérése. A megömlesztés után a hőmérséklet az anyag hengerrel érintkező felületének (ahol a hőátadás történik) közelében nagyobb, attól távolabb kisebb. Ha ezt a problémát nem küszöböljük ki, az a termék minőségét ronthatja. A homogenizáló szakaszban a csigát gyakran különféle keverő elemekkel látják el. Ezek különféle kényszeráramlásokat hoznak létre és megtörik az ömledék útját, ezáltal nagyobb keverő hatást fejtenek ki. Bizonyos esetekben ilyen keverőelemek nemcsak közvetlenül a csiga végénél, hanem a homogenizáló szakasz attól távolabbi részén is előfordulhatnak (5. ábra).

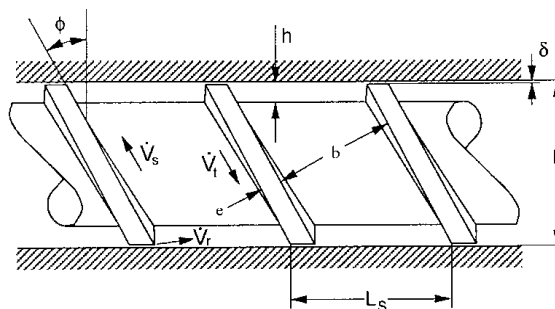


5. ábra Keverő- és nyíróelemek az extrudercsigán

### 2.3. Az extruder szállító-teljesítménye

Az extrudercsiga főbb méreteit, illetve a homogenizáló zónában kialakuló áramlási komponenseket a 6. ábra szemlélteti. Az extruder szállító-teljesítménye a térfogatárammal kifejezve a következő:

$$\dot{V}_e = \dot{V}_s - \dot{V}_t - \dot{V}_r. \quad (1)$$

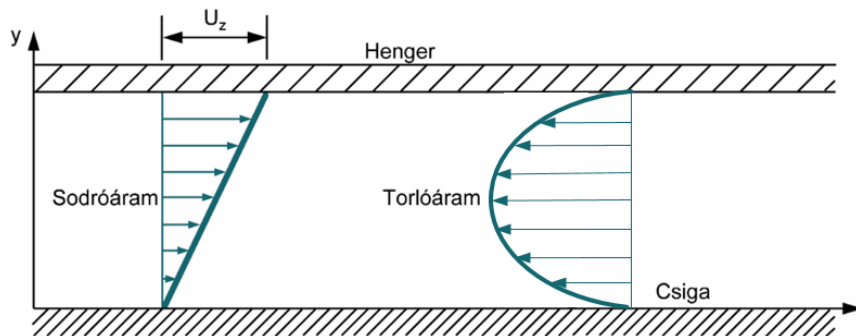


6. ábra Az extrudercsiga főbb méretei és az eredő térfogatáram komponensei,  $h$  – menetmélység,  $D$  – az extruder henger belső átmérője,  $\delta$  – résméret/ illesztési hézag,  $L_s$  – menetemelkedés,  $b$  – menetárokszélesség,  $\phi$  – menetemelkedés szöge,  $e$  – menetszárny szélesség

Ahol  $\dot{V}_e$  az összes (eredő) térfogatáram ( $\text{m}^3/\text{s}$ ),  $\dot{V}_s$  a sodróáram, amely a szállítást végzi, és a csigaforgásból adódik,  $\dot{V}_t$  a torlóáram, amely a sodróárammal ellentétes irányú és a szerszám által előidézett fojtásból ered,  $\dot{V}_r$  a résáram, ami az szükséges illesztési hézagból ered, és csökkenti a szállítóteljesítményt.

Az extrudercsiga és a henger közötti rés, a „játék” eléggé csekély: tipikusan  $0,002 D$  és  $0,005 D$  közötti, így azt a viszkózus polimer ömledék tömíti, illetve keni a forgás közben. Ezért első közelítésben a résáramot el is hanyagolhatjuk. A másik két összetevőt a legegyszerűbb egyirányú áramláson keresztül elemezzük izotermikus körülményeket és newtoni közeget feltételezve.

A sodróáram modellje (7. ábra) a következő: az áramlás két síklemez (a csiga magja, illetve a henger belső felülete) között jön létre annak hatására, hogy az egyik lemez (a csiga magja)  $v_0$  (kerületi) sebességgel mozog.



7. ábra A sodró- és a torlóáramlás sebességeloszlása

A sodróáramlás tehát a csigamag és a hengerfal között jön létre úgy, hogy a csiga magja  $v_0$  kerületi sebességgel forog.

$$v_s(y) = v_0 \frac{y}{h} \quad (2)$$

Így a  $\dot{V}_s$  térfogatáram egyszerűen számítható:

$$\dot{V}_s = v_s(y) dA, \quad (3)$$

$$dA = b dy, \quad (4)$$

$$\dot{V}_s = \frac{bv_0}{h} \int_0^h y dy = \frac{bv_0}{h} \left[ \frac{y^2}{2} \right]_0^h = bh \frac{v_0}{2}, \quad (5)$$

$v_0 \frac{y}{h}$  mivel  $v_0$  arányos a csiga  $n$  fordulatszámával, ezért  $\dot{V}_s \approx b \cdot h \cdot n \sim h \cdot n$ . Tehát a sodróáramlás elsősorban a csigacsatorna méretétől és az extruder fordulatszámától függ, azaz nagyobb csatornaméretnél és nagyobb fordulatszámnál nő a kihozatal.

A torlóáramlás (7. ábra) elsősorban az extruderen lévő fojtásból (nyomasesésből) ered, amit a szerszám, valamint a többi, az áramlás útjában lévő alkatrész okoz. Az ömledékáramlás nagymértékben függ az alapanyag viszkozitásától is.

Számítását, newtoni-folyadékot feltételezve, az ömledékek résben való áramlását leíró Hagen-Poiseuille összefüggésből tudjuk származtatni:

$$\dot{V}_t = \frac{1}{12} \cdot \frac{bh^3}{\eta} \cdot \frac{\Delta p}{l} \quad (6)$$

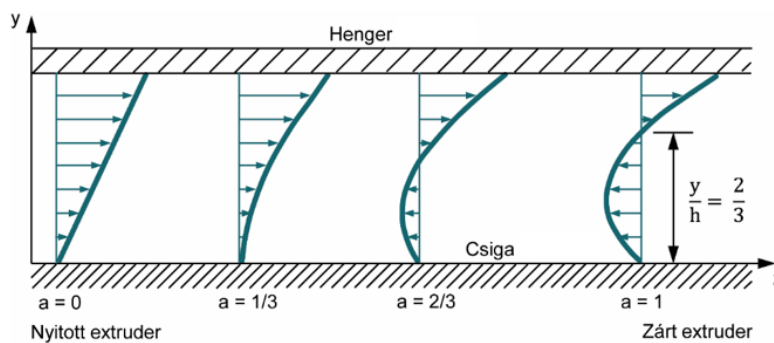


ahol  $b$  és  $h$  ismert (6. ábra), az  $\eta$  [Pa·s] dinamikai viszkozitás egy anyagjellemző,  $l$  a vizsgált szakasz hossza (csiga homogenizáló szakaszának spirálhossza) és  $\Delta p$  a nyomásesés. A résáramlás a nem kopott csigánál a polimer film jó tömítése miatt a gyakorlatban is elhanyagolható. Kopás esetén azonban a rés  $\delta$  méretének harmadik hatványával kezd el növekedni.

Az eredő sebességeloszlás a két komponens összege lesz (8. ábra). A két térfogatáram viszonyára a csiga ún. zártsági foka ( $a$ ) a jellemző, ami a torló- és a sodróáramok hányadosa.

$$a = \frac{\dot{V}_t}{\dot{V}_s} \quad (7)$$

Ha értéke 1, akkor az extruder eltömődött, ha pedig 0, akkor az extruder teljesen nyitott, semmi sem gátolja az ömledék kiáramlását. Értéke nemcsak a kihozatalt befolyásolja, de a keveredés minőségét (8. ábra) is. Kb. 0,3-0,7 közötti érték esetén számíthatunk megfelelő keveredésre és kihozatalra.



8. ábra A sodróáramlásból és a torlóáramlásból eredő sebességeloszlás

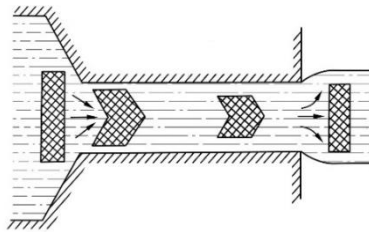
## 2.4. Extruderszszámok és segédberendezések

Az extrudercsiga végső pontja után kialakuló, a legtöbbször kör-keresztmetszetű polimer anyagáramot elvileg bármilyen szabályos vagy szabálytalan keresztmetszetű anyagárammá alakíthatjuk, majd lehűtése után féltermékké, szerkezeti elemként szolgáló csővé, lemezzé, profillá stb. dolgozhatjuk fel. A végtermék formájának kialakítását az extruderszszám végzi. A szerszám és az extruder között azonban még kiegészítő alkatrészeket is találhatunk. Az extrudert elhagyó ömledék egy távtartó tárcsán vagy egy úgy nevezett törőtárcsán (breaker plate) és az esetlegesen hozzá kapcsolódó ömledékszűrőkön halad át. A távtartó tárcsa funkciója, hogy az extruder szerszámot pozicionálja az extruder hengerhez, hogy az ömledék szerszámba történő átáramlása egyenletes legyen. A törőtárcsa egy plusz nyíró igénybevételt jelent az ömledékre nézve, amivel még jobb homogenizálást és nagyobb zártsági fokot érhetünk el. Amennyiben az esetleges szennyeződések eltávolításának céljából ömledék szűrést is meg kívánunk valósítani, akkor ömledékszűrőket kell

alkalmazni, amelyeket minden esetben a törőtárcsa támaszt meg. Ömledékszűrő alkalmazása esetén törekednek olyan kialakításra, amely akár gyártás közben lehetővé teszi ennek a szűrőnek a cseréjét.

Egyes extruderszerszámok esetén szükség lehet további nyomásfokozásra, egyenletes nyomásprofil kialakítására (pl. síkelemz-extrúzió) is. Ezt legtöbbször fogaskerék szivattyú segítségével segítik elő, ami kisebb viszkozitású ömledékek esetén is hatékony megoldás. A szerszámkialakítás során különös tekintettel kell lenni a polimerek viszkoelasztikus karakterére, hiszen ez „szabálytalan” áramlási jelenségeket eredményez, amelyek korlátozzák a profilkialakítás szabadságát. Tehát a valós polimerömledékben annak felépítéséből (hosszúláncú molekulák) fakadóan a newtoni folyadékoktól eltérő áramlási viszonyok lépnek fel, amely az ömledékben húzó feszültség kialakulását eredményezi.

A szerszámot elhagyó ömledék esetén még figyelembe kell venni, hogy a newtoni folyadékokhoz képest a szabadsugar átmérője nem csökken, hanem növekszik köszönhetően a polimer rugalmas viselkedésének még ömledék állapotában is. Ez egy dugóval szemléltethető (9. ábra) amely a középső zónában csúszik, a szűkületben deformálódik és rugalmas nyírófeszültség ébred benne, ez előrehaladás közben relaxálódik, majd a kilépve a csatornából a feszültség feloldódik és részben visszanyeri alakját a dugó. Ez a növekedés tehát a létrejött termék keresztmetszetének a változását eredményezheti. A duzzadás mértéke csökkenthető a hőmérséklet, a csatorna hossza és a tartózkodási idő növelésével, valamint a molekulatömeg csökkentésével.



9. ábra Ömledék duzzadásának szemléltetése kifolyásnál

Fontos, hogy lehűtésekor az extrudált termékbe, profilokba esetlegesen befagyott feszültségek később, a tartós igénybevétel során helyileg eltérő relaxációs jelenségeket, méretváltozást, torzulást, feszültségi repedezést, korai tönkremenetelt okozhatnak. Ezek jó része az extruderszerszám tervezése során elkerülhető.

Célszerű tehát áttekintenünk a polimer extrúzió szerszámainak bevált alaptípusait. Az extruderszerszámok közös vonása, hogy az anyagáramot a következő szakaszokon vezetik át:

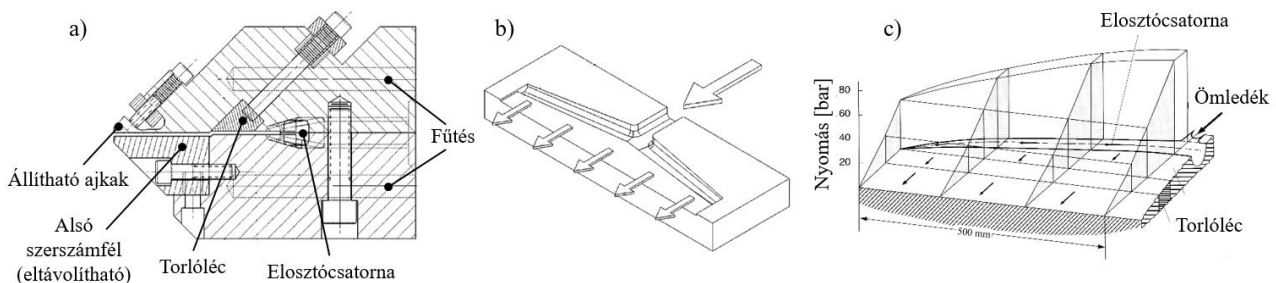
- - **átmeneti szakasz**
- - **alakadó szakasz**

### – - simító („vasaló”) szakasz

Az átmeneti szakasz a kör-keresztmetszetű viszkózus anyagáram átvezetését biztosítja. Az alakadó szakasz már a kívánt, adott keresztmetszet képét alakítja ki. Ezt a keresztmetszetet a vasaló szakaszban valamelyest még szűkíteni érdemes: a profilt ebben a szakaszban stabilizálják: a helyi nyomás enyhe növelésével még „kivasalják”. A szerszámból kilépő polimer anyagáram végső megszilárdulása az extrudert követő *kalibráló* egységben következik be, amellyel a kívánt méretpontosságot biztosítjuk.

#### *A lemezgyártás szerszáma (videó)*

Lemeznek a műanyagiparban a 0,5 mm-nél (sőt: a leggyakrabban 1 mm-nél) vastagabb síklemezt nevezik. Az ennél vékonyabb, néhány tized mm vastag fóliák is előállíthatók a lemezgyártás szerszámával, azonban alapvetően ezeket fóliafúvással gyártják. A fóliák alkalmazástechnológia szempontjából is elkülönülnek. A síkfólia/lemez lehet rövidtávú célra (csomagolótechnika, agro-fólia stb.) használatos, tekercsben forgalmazott, vagy akár táblás kiserelésben kapható (építőipar, XPS habok) termék. Tipikus gyártószerszám, az úgynevezett szélesrésű szerszám a 10./a ábrán látható.

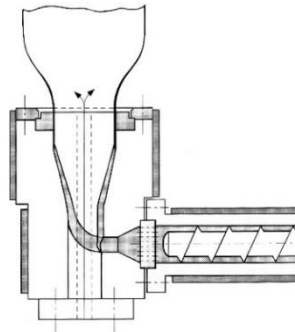


10. ábra Széles résű szerszám (a), vállfa alakú elosztócsatorna (b) és nyomáseloszlás a szerszámban (c)

Az alapvető feladatot az jelenti, hogy egy kör-keresztmetszetű anyagáramot kell egyenletesen, síkban szétterítenünk, akár 2000 mm-nél is szélesebb, 15 mm-nél is vastagabb lemezzé. Az ömledék először egy „vállfa” (coat-hanger) alakú **elosztócsatornába** jut (10./b ábra), majd az egyenletes anyagáram megvalósításában kulcsszerepet játszó **torlóléc** útjába kerül, amely az anyag egyenletes elosztásán túl, megtörve az anyagáramot, a keresztmetszet mentén egységesebb áramlási sebességet alakít ki. Torlólécet jellemzően az 1 mm-nél vastagabb termékek gyártására szolgáló szerszámba építenek be. Az anyagáram **állítható ajakon** keresztül hagyja el a szerszámot, amely még egyenletesebbé teszi a termék vastagságát. A fellépő nyomásviszonyokat a 10./c ábra mutatja be. Az ilyen módon előállított lemezt egy hengerson vezetik keresztül, amely a végső lemezvastagság, a felületi érdesség beállítását, valamint az anyag hűtését végzi.

### A fóliafűvés szerszáma [\(videó\)](#)

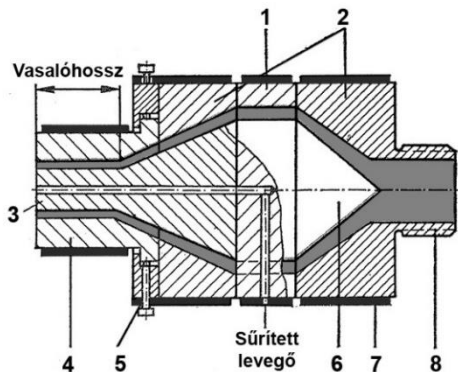
A csomagolástechnika lehetővé teszi a vékony tasakjaitól a mezőgazdasági hajtatóházak 0,2 mm vastag és akár 16 m szélességű agrofóliáig a vékony PE filmek nagy része tömlő extrúzió technikájával készül. A tömlőfűvés (fóliafűvés) technológiájának elve jól hasznosítja a polimerek viszkoelasztikus állapotban megfigyelhető jelentős nyújthatóságát és az ezzel együtt megjelenő szilárdságnövekedést. A tömlőfűvés technológiáját kifejezetten az LDPE típusokra optimálták, de hasonló módszerrel fel lehet dolgozni HDPE-t, LLDPE-t is. Az extrúzió során az anyagáramot egy ún. pinolén típusú szerszámba vezetik rá, ahol azt 90°-ban megtörik és cső alakú előgyártmányt állítanak elő belőle, majd belső túlnyomás alkalmazásával ballont képeznek és az így gyártott polimer ballont hajtogatják, tekerceslik (11. ábra ábra).



11. ábra Fóliatömlő extrúziója

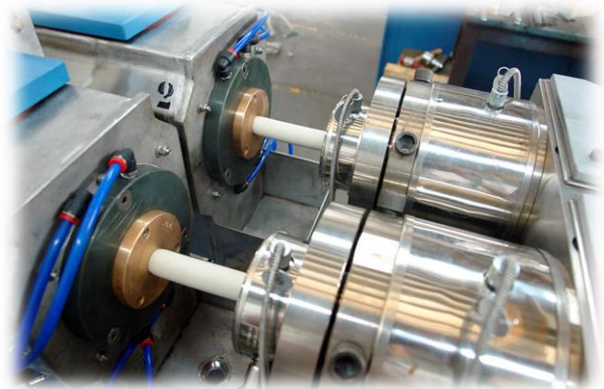
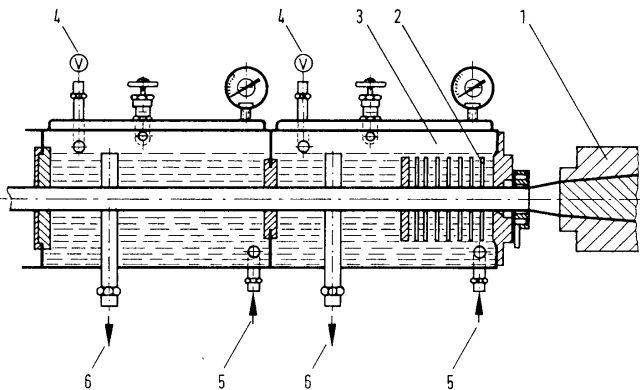
### A csőgyártás szerszáma [\(videó\)](#)

Az építőipari, épületgépészeti alkalmazások között a legfontosabb a műanyag cső. A csőszerszám egy példája látható a 12. ábrán. Az ömledékáram egy körszimmetrikus magot (torpedó) kerül meg, majd a végső méretre szűkítve hagyja el a szerszámot. A sűrített levegő a kalibrálás során kap szerepet.



12. ábra Csőgyártó-szerszám: 1, tartó bak; 2, szerszámház; 3, mag; 4, csőszerszám; 5 központosító; 6, kúp; 7, elektromos fűtés; 8, menetes csatlakozás az extruderhez

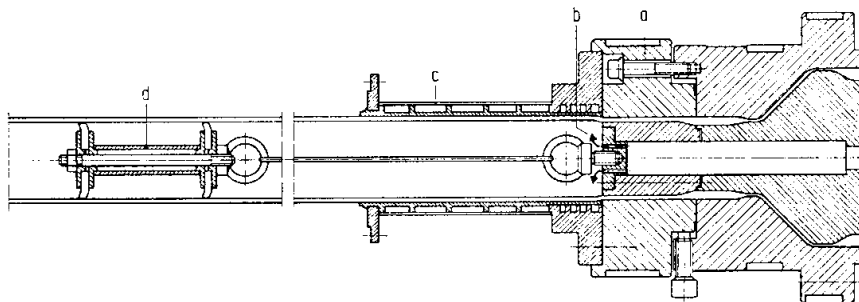
Ezután következik a cső kalibrálása, ami rendszerint vákuum, vagy túlnyomásos levegővel történő kalibrálás lehet. A vákuumkalibrálás vízzel hűtött kalibrálószerszámmal történik (13. ábra). Az extruder szerszámból kilépő cső, gumitömítéssel keresztül belép egy csökkentett nyomású tartályba, ahol vízfürdőbe merülve egyre szűkebb belső átmérőjű kalibráló lemezek között hűl le. A vákuumkalibrálás a cső külső méretét rögzíti a kívánt pontossággal.



13. ábra A cső külső méretének kalibrálása vákuumkalibrálással

1, csőszerszám; 2, kalibráló lemezek; 3, vákuumkalibráló; 4, vákuumszivattyú; 5, víz bevezetés; 6 túlfolyó

A kalibrálás másik lehetősége, ha túlnyomást hozunk létre a még lágy csőben, és azt a külső kalibráló falához szorítjuk (14. ábra), sűrített levegő segítségével, amely a szerszám felől kerül bevezetésre (12. ábra). A vonszolt dugó feladata, hogy megtartsa a csőben a nyomást. Ha a cső belső méretét kell kalibrálni, akkor a csövet egy hosszabb, hűtött vonszolt dugón húzzák át.



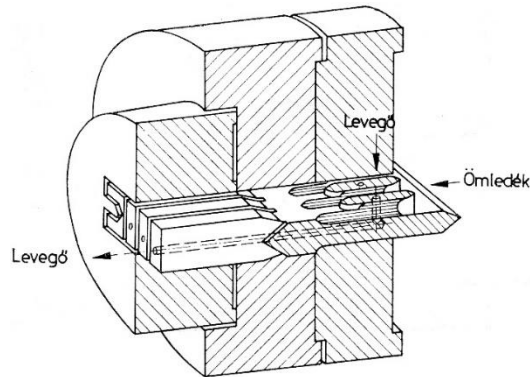
14. ábra A cső külső méretének kalibrálása belső túlnyomással

a, a csőszerszám kilépő része; b, sűrített levegő bevezetés; c, hűtött kalibráló szerszám; d, vonszolt dugó

#### Profilszerszámok [\(videó\)](#)

Az extrúzió technikája sokféle bonyolult alakú, többszörösen üreges profilok gyártását is lehetővé teszi. A kPVC-ből (kemény PVC) készült mérettartó és viharálló ablakprofil jó mechanikai „tartását”, merevségét és hőszigetelő képességét többszörösen összetett üreges szerkezetének köszönheti.

A szerszámkonstruktor előtt álló feladat hasonló, mint a csőszerszámnál vagy a tömlőszerszámnál: az alapanyag ömledékáramát meg kell osztani, hogy körbejárhassa a szerszám magjait, majd újra egyesülve kialakítsa a profilokat (15. ábra).



15. ábra Egy profilszerszám metszete

Ebben az esetben a kalibrációt rendszerint vákuummal végzik, a belső nyomással történő kalibráció nem megvalósítható, hiszen ahhoz több, akár igen bonyolult formájú vonszolt dugót kellene alkalmazni.

### 3. A mérés leírása, elvégzendő feladatok

*A mérés menete:*

- Az extruder indítása
- Az adott paraméterek változtatása mellett az anyag tömegáramának meghatározása.
- Kiértékelés

### 4. A mérés során használt gépek, berendezések, eszközök

- Labtech Scientific 25-30C egycsigás extruder
  - Henger hossza: 30 L/D
  - Maximális extrúziós hőmérséklet 300 °C
  - Csigá maximális fordulatszáma: 300 1/perc
  - Csigáátmérő: 25 mm
- Szállítószalag
- Mérleg
- Gyártott extrudátumok újrahasznosítási célból történő granulálása

## 5. A témához kapcsolódó fontosabb szavak angolul, németül

Magyar	Angol	Német
csiga	screw	e Schnecke
deformáció komponens	deformation component	e Deformation komponente
extrúzió	extrusion	e Extrusion
fólia	foil	e Folie
viszkózitási tényező	coefficient of viscosity	r Viskositätsfaktor
szerszám	die	s Werkzeug / e Form
ömladék	melt	r Schmelz

## 6. Felhasznált irodalom

1. Czvikovszky T., Nagy P., Gaál J.: A polimertechnika alapjai, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2000
2. Schwarz O., Ebeling F. W., Lüpke G., Schelter W.: Műanyagfeldolgozás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987.

A segédletben szereplő, a tananyag megértését segítő videók QR-kódja:

Extrúzió



Csőgyártás



Profilgyártás



Fóliafűvés



Lemezgyártás



Ezt az oldalt  
kinyomtatva  
hozza  
magával!

## MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV

Név: .....

Minősítés: .....

Neptun kód: .....

Dátum: .....

Ellenőrizte: .....

Gyakorlatvezető: .....

### 1. Feladat

Az extruder kihozatalának meghatározása, különböző extrudálási paraméterek mellett.

### 2. Alapadatok, mért és számított eredmények

A vizsgált anyag típusa:

Fordulatszám [1/perc]						
Feldolgozási hőmérséklet [°C]						
Mért tömeg [g]						
Mérési idő [s]						
Kihozatal [g/perc]						

### 3. A mért eredmények ábrázolása

