

LABORATÓRIUMI MŰANYAG EXTRUDER BERENDEZÉS TERVEZÉSE

THE DESIGN OF A SMALL-SCALE PLASTIC EXTRUDER MACHINE

Gyárfás Attila,¹ Gergely Attila²

Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Marosvásárhely, Románia

¹ gyarfasattila31@gmail.com

² agergely@ms.sapientia.ro

Abstract

This paper discusses the design steps, the working principle and structure of a small-scale thermo-plastic extrusion machine that will be used in a laboratory at the Sapientia University. The aim of the laboratory is to present the polymer processing technologies by student-built machines and stress the importance of plastic recycling. In order to recycle plastic parts a grinding process is necessary, that is followed by extrusion. During the process the machine melts the polymer and extrudes a filament that can be converted into granulates or used as it is. The structure of the extrusion machine is rather similar to that of a commercial one, however it focuses on presenting the manufacturing principles and cost effectiveness.

Keywords: *thermoplastics, polymer, extrusion, design, 3D modeling.*

Összefoglalás

A dolgozat célja egy műanyag újra hasznosító gyártósor extruder berendezés felépítésének és tervezési lépésének bemutatása. A hulladék műanyag alkatrész darabolása után az extruder gépbe kerül, ami ezt újra olvasztva és átréselve egy szerszámon egy ún. filamentet, vagyis polimer szálat hozva létre. A polimer szál darabolásával újrahasznosított polimer granulátumot kapunk, melyet fel lehet használni új alkatrészek gyártásához. A berendezés felépítése hasonló az iparban használt extruder berendezésekéhez, azonban a költségek csökkentése érdekében néhány építő elem eltérő, ilyen például az extruder csiga, ami egy fa fűrőval van helyettesítve.

Kulcsszavak: *műanyag, polimer, extrúzió, tervezés, 3D modellezés.*

1. Bevezetés

Az extrúzió, mint polimer megmunkáló technológia a XIX. század elején jelent meg. A gumitechnológiák fejlődése révén gyorsan fejlődésnek indult, amikor 1818-ban Mc Phearson feltalálta és szabadalmaztatta a csavarprést. Thomas Hancock gumi újra hasznosítására találta ki és építette meg gépét, amely fogazott hengerekkel keverte, lágyította a gumikeveréket 1820-ban, s amelyet később Edwin Caffé 1836-ban fejlesztett tovább. 1833-ban Charles Goodyear feltalálta a vulkanizálást. [1, 2]

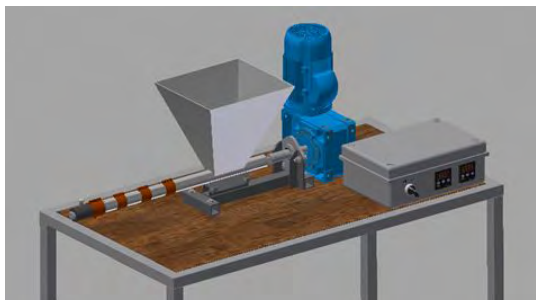
1879-ben Matthew Gray szabadalmaztatta a csigás extrudert, amely forradalmasította a polimerfeldolgozást. [2] Ezt követően Roberto Colombo kifejlesztette az első ikercsigás extrudert. [3]

A polimerek extrudálását a fém rúd vagy profil-sajtolásához lehet hasonlítani, azonban a két technológia között sok különbség van. A fémeket magas hőmérsékleten, szakaszos megmunkálással sajtolják rúddá, míg a polimereket viszonylag alacsony hőmérsékleten folyamatos extrúzióval állítják elő. Az extrudálás az egyik legelterjedtebb és leghatékonyabb polimer feldolgozási technoló-

gia, amely során az általában hőre lágyuló polimert a gép először plasztikálja, vagyis hevítéssel és préseléssel képlékeny állapotba hozza, ezt követően homogenizálja és ezzel együtt, ha szükséges légteleníti, majd komprimálja és végül egy adott alakú vagy keresztmetszetű szerszámon keresztülpréseli. A kész termék méreteinek megtartása érdekében a gép után helyezett hűtő berendezés azt kellő gyorsasággal lehűti. Amennyiben a kész termék nem kerül azonnal feldolgozásra, a könnyebb tárolás érdekében egy csévéelő berendezés feltekeri. Az extrudálással gyártható termékek tárháza igen nagy és az ipar számos területén használatosak, mint például: csövek, lemezek, kábel és huzal szigetelések, egyszerű és összetett üreges termékek, PVC ablakprofilok előállítására alkalmas. Az extruder működéséhez szükséges alapanyag általában hőre lágyuló polimer granulátum, de ez lehet újrahasznosítás céljából ledarált polimer termék is. Manapság a polimerből gyártott termékek 85-90%-a hőre lágyuló polimerből készül az egyszerű megmunkálhatóság és a jó mechanikai tulajdonságai miatt, ilyenek például: LDPE; HDPE; PET; PVC; PP; PS [2].

Napjainkban a legelterjedtebb extruder típusok az egy vagy két csigás extruderek, amelyeknek a felépítése a következő fő egységekből áll: motor, hajtás, csapágyazás, adagolás, csiga, csiga hűtés, fűtés, extruder henger, szerszám, nyomásmérő.

Az extruder hajtás rendszere tartalmaz egy motort, egy reduktort és a csapágyazást. Az adagolás részbe beletartozik az adagoló tölcser és a garat. Az extruder fűtése végzi a polimer megömlesztését és szállítását a szerszám fele. A szerszám előtti részen található egy nyomásmérő, amely egy visszacsatolással folyamatos jelet küld a vezérlő egységnek, ami ezt kiértékelve változtathat a hűtés és fűtés mértékén vagy a csiga fordulatszámán. A szerszámon keresztül távozik az ömledék a gépből. Az extrudereket a csiga átmérője (D) vagy hosszúsága (L), esetleg az L/D arány alapján szabványosították.



1. ábra. A tervezett extruder berendezés 3D modellje.

2. Az extruder gép bemutatása

2.1. Működés és 3D-s modell

A tervezett berendezés működési elve nagyban hasonlít az iparban használt extruder gépek működéséhez. A cél az extruder gép megépítésével az volt, hogy egy laboratóriumban is használható műanyag újrahasznosító gyártósor jöjjön létre. A gép működésének megértéséhez ismernünk kell az előző műveletet, ami tulajdonképpen egy műanyag palack ledarálását jelenti. Ezzel a darálékkal fog táplálódni az extruder, vagy a készen megvásárolt polimer granulátummal. A granulátum vagy a darált polimer, vagyis a nyersanyag, a tölcseren keresztül kerül a garatba. Itt a nyersanyag a csigával, jelen esetben a fúróval találkozik ami ekkor már forgásban van, ezért a nyersanyag bekerül a fúró forgácshornyaiba. A fúró úgy működik, mint egy csiga ezért az a forgás miatt elkezd előre hordani a nyersanyagot. Az extruder henger, amiben a fúró forog, fűtő elemekkel van ellátva. Ezért, amíg a nyersanyag halad a fúró hornyai között előre, lassan megolvad. Az extruder henger végén egy szerszám található egy csappal ellátva, ami egy bizonyos formát ad az extrudált terméknek, jelen esetben egy 3 mm átmérőjű filamentet gyártunk. A szerszám szerepe nem csak a forma megadása, hanem nyomásnövelési szerepe is van. Kezdetben a szerszámon található csap zárt állapotban van, így az ömledék nem tud kitérődni, ezért az extruder henger végső szakaszában a nyomás elkezd növekedni. Ez azért lényeges, mert amíg a nyersanyag előre halad a fúró hornyai között és megolvad, megtelik légbuborékokkal. Ezt küszöböli ki a szerszámon található csap, ugyanis amíg az zárt állapotban van, a fúró egyre több ömledéket próbál előre hordani és mivel az akadályba ütközik a zárt csap által, elkezd növekedni a nyomása. Ez kipréseli a légbuborékokat az ömledékből és azt egyben homogenizálja is. A csap nyitása után az ömledék átjuthat a szerszámon és távozik az extruderből. A csiga forgását egy AC (váltóáramú) motor biztosítja úgy, hogy a fúró egy csatlakozó segítségével kapcsolódik a motor fordulatszámcsökkentőjéhez.

2.2. A berendezés felépítése

2.2.1. Csigá

Az extruder berendezés egyik alapeleme a csiga. Az iparban használt extruderekben különleges felépítésű csigákat használnak, amelyek magátmérője változik a csiga különböző zónáiban. A

gép tervezésénél fontos szempont volt a költségek minimalizálása ezért az iparban használatos csiga nem jöhetett szóba, mert nagy befektetést igényelt volna. A csiga helyett egy jóval költség-hatékonyabb megoldás született, ami egy egybekezdésű fafűrő (2. ábra) használata. Az egybekezdésű fűrő felépítése nagyon hasonlít a csiga felépítéséhez. Azért esett a választás fafűrőre, mert ennek forgácsbornyai nagyobbak, mint a fémfűrőé, ezért a granulátum könnyen a bornyokba tud esni és a fűrő előre szállítja azt a szerszám fele. A fűrő választásánál fontos szempont volt a fűrő külső átmérője, ugyanis ez a méret határozta meg az extruder henger méreteit, így a fűrő átmérője 26 mm, teljes hossza 600 mm és aktív hossza 530 mm. A fűrő szára hexagonális kialakítású.

2.2.2. Extruder henger

Az iparban használt extruder hengerek szintén bonyolult felépítésűek. Ezekben a garat közelében hűtőfolyadék járatok vannak kialakítva, hogy a garatba bejutó nyersanyag ne olvadjon meg rögtön, mert a túl hamar megolvadt műanyag elzárhatja a garatot, s így az extruder táplálása nem lesz megfelelő.

Az extruder henger az 3. ábrán látható. A henger alapjául egy 30 mm külső és 26 mm belső át-

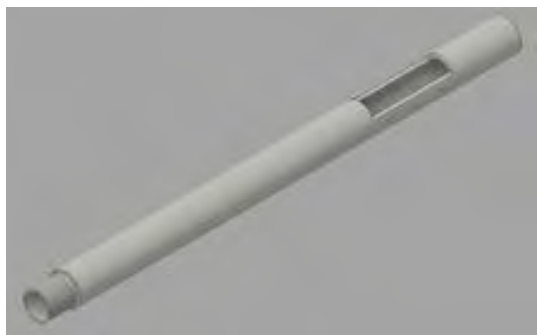
mérőjű csövet használunk. A cső megfelelő méreteinek megválasztása nagyon fontos szempont volt, ugyanis a belső átmérő a fűrő átmérőjénél csak minimálisan lehet nagyobb, mivel, ha a cső fala és a fűrő között túlságosan nagy a hézag, a megömlött polimer nem a szerszámon keresztül fog távozni a hengerből, hanem visszaáramolhat a garat fele és azt elzárva megállítja az extruder táplálását. A külső átmérő is fontos szerepet játszik: egyrészt olyan átmérője kell legyen, amilyen átmérőjű fűtő ellenállások vannak, ill. ellen kell állnia a hengerben kialakult nyomásnak. A garat marással lesz kialakítva. Az extruder henger végére csatlakozik a szerszám befogó, ennek érdekében a külső átmérő 30 mm-es méretű és egy finom menetes rész lett kialakítva a henger végétől számított 30 mm hosszúságban. A finom menet azért szükséges, mert a henger belső átmérőjének mérete ezt engedi meg, vagyis a normál menet alja nagyon közel került volna az extruder belső falához.

2.2.3. Szerszámbefogó és szerszám

A szerszám és a szerszám befogó a 4. ábrán látható. Az extruder használata után a beleolvadt műanyagot célszerű eltávolítani. A tervezésnél fontos szempont volt a szétszerelhetőség és a könnyű szállíthatóság is. A szerszám az extruder hengerre egy közlőelemmel, úgynevezett szerszám befogóval csatlakozik. Ezen az alkatrészen található a csap is, amivel a torlónyomást lehet növelni. Ez tulajdonképpen egy csavar, amit ha becsavarunk, akkor lesz a csap zárt állapotban és minél jobban kicsavarjuk azt, a csap annak megfelelően egyre inkább megnyit. A szerszám



2. ábra. A csigát helyettesítő egy bekezdésű fafűrő [5]



3. ábra. Extruder henger



4. ábra. Szerszám és szerszám befogó

alapját egy M12-es csavar jelenti, amin egy 3 mm átmérőjű furat van kialakítva. Ha változtatni szeretnénk a filament átmérőjén vagy formáján, elegendő egy másik szerszámot gyártani és azt becsavarni a szerszámbefogóba. A szerszámbefogó egy 30 mm átmérőjű finom menettel csatlakozik az extruder hengerre. Külső átmérője 35mm ami ideális abból a szempontból, hogy kapható fűtő ellenállás ebben a méretben. A szerszám befogó csatornája, amint tulajdonképpen végig halad az ömledék, egy 6 mm átmérőjű furat. A csapnak egy M8-as normál menetes furat van kialakítva, amibe becsavarva a csavart tökéletesen elzárja a 6 mm átmérőjű furatot. Ezzel történik a nyomás-szabályzás. A szerszám befogón még található egy furat M6-os menettel ellátva, amibe a hőmérséklet érzékelő van rögzítve. A befogó megfelelő rögzítése érdekében két, marással készült lelapolt oldal található, ami lehetővé teszi a 30-as csavar- kulccsal való szorítást.

2.2.4. Fűtés

A fűtőelem az **5. ábrán** látható. Az extruder henger fűtéséről 4 darab 35 mm átmérőjű henger alakú fűtőelem gondoskodik, egyenként 200 W teljesítményűek. Ezek vezérlése PID típusú szabályzókkal (PID REX-C100) történik. A hőmérséklet érzékelők (2M K típusú) jelet küldenek a vezérlő egységnek, ami a polimer ömledék kívánt hőmérsékletét szabályozza.

A szabályzó egység és a fűtő elemek között a kapcsolatot két nagy teljesítményű relé biztosítja. Erre azért van szükség, mert a szabályzó egység alacsony feszültségű jelet küld, azonban a fűtő elemek 230V-os hálózati feszültséggel üzemelnek. Így szükség van a relére, ami tulajdonképpen az alacsony feszültségű jelre behúz és rákapcsolja a hálózati feszültséget a fűtő elemekre. A relék típusa: SSR-4028ZA2.

2.2.5. Meghajtás

A fúró forgatását egy 0,75 kW teljesítményű egyfázisú AC motor biztosítja, ami fel van szerelve egy fordulatszám csökkentővel. A motor névleges fordulatszáma 1400 RPM, ami egy $i=20$ áttételi arányú fordulatszám csökkentővel hajtja a fúró-szárat.

4. Következtetések

A dolgozatban bemutatott egy laboratórium-ban használatos polimer extruder berendezés tervezési lépéseit és felépítését. A berendezés egy államvizsga dolgozat keretén belül valósul meg



5. ábra. Fűtőelem

és a Sapientia EMTE Marosvásárhelyi Karán lesz használva, mint laboratóriumi eszköz. Az gép segítségével a diákok könnyebben elsajátíthatják a polimer extrúzió folyamatát.

A gép tervezése során diákként számos új problémával és feladattal találkoztam. Láthattam a 3D-s modellezés előnyeit, miszerint egyszerűbb megtervezni valamit és tesztelni először virtuálisan, kijavítani a problémákat, majd ezek után költséghatékonyan megépíteni a gépet, mint tesztelés nélkül a kivitelezéskor észlelni a problémákat, hibákat. Továbbá megtanultam, hogy mennyi mindenre kell odafigyelni, hogy a tervezés eredményes legyen és a legyártott darabok összeálljanak egy működő berendezéssé.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] John W., sons., *Principles of Polymer Processing*. Tadmor and Gogos, 2006.
- [2] Czvikovszky T., Nagy P., Gaál J.: *A polimertechnika alapjai*. Műegyetemi kiadó, Budapest, 2000. 240–289.
- [3] Rauwendaal C.: *Polymer Extrusion*. 4th ed., Hanser Publications, Munich, 2001. 6–8.
- [4] Harold F. G., John R. W., Eldridge M. M.: *Extrusion The definitive processing guide and handbook*. Plastics Design Library, New York, 2004. 13–21.
- [5] Forest technologie. *Burghiu lemn*. (letöltve: 2019. feb. 21)
<https://www.sculeforest.ro/cumpara/burghiu-%CF%8614-600mm-360mm-lemn-spirala-keil-7478703>