



**MISKOLCI EGYETEM**  
**Műszaki Anyagtudományi Kar**  
**Kerpely Antal Anyagtudományok és**  
**Technológiák Doktori Iskola**



# Műanyagfeldolgozás reológiája

Dr. Czél György

**TANTÁRGYLEÍRÁS**

2016.  
Szerző: Dr. Czél György

# Műanyagfeldolgozás reológiája

## Tantárgy jegyzője

Dr. Czél György, egyetemi docens, Kerámia- és Polimermérnöki Intézet.

szoba: B1/202. mail: [femczel@uni-miskolc.hu](mailto:femczel@uni-miskolc.hu), tel: (46) 565-111/11-66

## Tantárgy célcsoportja

A tárgy a Kerpely Doktori Iskola minden hallgatójának ajánlott. A tárgy szakanyagának elsajátításával kifejezetten hasznos reológiai ismereteket szerezhet elsősorban a polimertechnológia szakterületen képzett és kutatást végző hallgató.

## Tantárgy nyelve

Magyar vagy angol.

## Tantárgy célja

A tantárgy célja az, hogy a hallgatók megismerkedjenek az ömledék reológia alapjaival és a különböző műanyagok reológiai tulajdonságaival, valamint a reológiai jellemzők meghatározásához szükséges eszközparkkal. Az elméleti ismereteken túl reológiai területen mésétechnikai gyakorlatot is szerez a hallgató kapillár reométeren. A fröccsöntés mint korszerű polimer alakadási technológia reológiai tárgyú megközelítése és az alakadás szimulációja szintén célként jelenik meg az oktatási tananyagban.

## Tantárgy módszertana

Hallgatói létszám megkötés nélkül, hagyományos módon kontaktóra keretében kerül a tananyag átadásra. A kurzus során „táblás előadás” keretében két témakör kerül részletes tárgyalásra, azok elméletének és alapvető összefüggéseinek az ismertetésével együtt. Segédletként a hallgató megkapja a tématerület vázlatát címszavakban két nagy témakörre osztva. A témakörök ismertetésén túl ellenőrző kérdések és kötelező szakirodalom is átadásra kerül, annak érdekében hogy a hallgató felkészülhessen és képzettségi szintjét már az oktatás során előzetesen lemérhesse. Személyes találkozásra hat alkalommal nyílik lehetőség alkalmanként 5 óra terjedelemben. A kontakt órákon az előadás jellegű ismeretátadáson túl a hallgató oldaláról felmerült kérdések megbeszélésére is sor kerül.

## Tantárgy tematikája

### 1. Témakör

#### Polimerek reológiájának alapjai

Reológiai mérőszámok és a reológia tudományterületének ismertetése. Newtoni folyadékok reológiája. Pseudoplasztikus és dilatáns viselkedésű polimer ömledékek folyásgörbéi. Newtoni folyadék áramlása kapillárisban. A teljes reológiai görbének és az alakadási sebesség kapcsolata. A viszkozitás deformációsebesség függése. Nyomásesés a műanyag ömledék nyírása következtében. A Hagen Poiseuille összefüggés jelentősége. Kapillár reometriai alapok. A nyomásesés korrekciója Bagley szerint. Nyomásesés a

szerszámtestbe történő beáramlásakor. Rabinowich és Weisenberg korrekció elméleti összefüggései. Kapillár reometriai mérési gyakorlat polimer alapanyagon. Számítási feladatok: Kinematikai és dinamikai viszkozitás meghatározása. A látszólagos viszkozitás meghatározása teljes reológiai görbékéből. Egyszerű reológiai modellek. Oswald de Waele modell ismertetése. A struktúrvizkózus ömledék reológiáját leíró Carreau egyenlet ismertetése.

### **Ellenőrző kérdések:**

1. Miért energetikai egyenlet a Bernoulli egyenlet? Hol és milyen nyomásesés alakul ki a szerszámcsatornában?
2. Mi a newtoni folyadékok áramlástani alaptörvénye? Mi a Reynolds szám és a csőszűrlődési tényező?
3. Mi a newtoni ömledék-reológiai modell felépítése? Mi a dinamikai és mi a látszólagos viszkozitás értelmezése?
4. Mi a műanyagömledék Oswald-de Waele modellje?
5. Mi az alapegyenlete a szerkezeti vagy struktúrvizkózus műanyag ömledékeknek?
6. Csökken vagy nő a polimer ömledék viszkozitása a hőmérséklet növelésének a függvényében? Mi az Arrhenius diagram?
7. Hogyan áramlik a newtoni folyadék kapillárisban?
8. Mit jelent a kifejtő áramlás fogalma?
9. Milyen reometriai módszereket ismer látszólagos viszkozitás meghatározására? Mi a jelentősége a Bagley korrekciónak?
10. Miért alkalmazzuk a Weisenberg korrekciót?

### **Az 1 témakör kötelező irodalma:**

- 1, Czvikovszky-Nagy-Gál: A polimertechnika alapjai, Műegyetem kiadó Budapest 2000.
- 2, Tóth Sándor: Reológia, reometria, Veszprémi Egyetemi Kiadó Veszprém 2000
- 3, Zehev Tadmor, Costas G. Gogos: Principles of Polymer Processing, 2nd Edition ISBN: 978-0-471-38770-1 July 2006 Wiley
- 4, Stanley Middleman: Fundamentals of Polymer Processing, (ISBN13: 780070418516) McGraw-Hill Companies 1977.

## **2. Témakör**

### **Polimerek fröccsöntéssel történő alakadásának reológiája**

Műanyagok szerkezete és befolyása a fröccsöntés reológiájára. Fröccsöntésre alkalmas polimerikus alapanyagok. A fröccsöntés folyamata és gépi berendezései. Alapvető szerszámkonstrukciók. A fröccsöntési ciklusdiagram. Fröccsöntés a p-v-T síkon. Reológiai szempontból fontos műanyagipari mérőszámok. A hatványtörvényt követő műanyag ömledék áramlása szerszámcsatornában. Hő transzport folyamat a különféle műanyagok alakadása során. A viszkozitás hőmérsékletfüggése. A polimer ömledék viszkozitásának nyomásfüggése. A különféle műanyagtermékek előállításának és az egyes technológiai sorok fenntarthatóságának energiaszükséglete. A fröccsöntés technológiai folyamatának követése véges elemes szimulációs programmal Virtuális fröccsöntés, fröccsszimuláció. A véges elemes szimulációs program működési elve és számítási összefüggései. A szimulációs programok által használt Cross-WLF modell ismertetése. A fröccsöntési folyamat számítógépes szimulációja MOLDFLOW M-P-I programmal.

### **Ellenőrző kérdések:**

1. Milyen áramlástani elemekből épül fel egy fröccsöntő szerszám? Mi az egyes áramlástechnikai elemek feladata?
2. Hogyan történik a szerszámüreg feltöltése. Mi a pecsételődési nyomás? Miért van szükség utónyomásra? Mekkora az utánnyomási idő szükséglet?
3. Mit takar a fröccsmunka fogalma?
3. Hogyan változnak a termikus viszonyok a formaüregben?
4. Milyen reológiai modellt használ egy fröccsöntés szimulációs program?
5. Milyen reológiai paraméterek ismeretét feltételezi a fröccsöntés szimulációs program?

#### **A 2. témakör kötelező irodalma:**

1. Jay Shoemaker: Moldflow Design Guide, HANSER Publishers, Munich 2006
3. Dunai –Macskási: Műanyagok fröccsöntés, Lexica, Budapest 2003
4. Menges-Mohren: How to make injection molds, Verlag, München 2004

### **Tantárgyhoz kapcsolódó ajánlott irodalmak**

1. Macskási Levente: A műanyagfeldolgozás technológiája, Bessenyei Könyvkiadó Nyíregyháza 2013.
2. Willy Bohl: Áramlástan műszakiaknak MK, Budapest 2006
3. Robert A. Mallot Plastic Part Design for Injection Molding: Hanser München 1994
4. Hack, Jaszovszky, Smoling: Szerszám készítés, Műszaki Könyvkiadó Budapest 1981
5. Mózes, Vámos: Reológia és reometria Műszaki Könyvkiadó Budapest 1968
6. Halász, Molnár, Mondvai: A polimerek feldolgozásának reológiai alapjai. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1978.

### **Tantárgy teljesítése, számonkérés**

Szóbeli vizsga.

### **Tantárgyhoz kapcsolódó komplex vizsgakérdések**

1. Hogyan függ a polimerikus anyag ömledékének a viszkozitása a szerkezet és a környezet jellemzőitől?
2. Milyen reológiai modellekkel lehet leírni a polimerek pszeudoplasztikus viselkedését?
3. Hogyan áramlik a polimer ömledék az ömledékcsatornában és a szerszámüregben? Milyen burkolófelülettel lehet lefedni a sebességprofil áramcsőben?
4. Milyen eszközök állnak rendelkezésre a polimerek viszkozitásának és a polimerek nyírásérzékenységének a meghatározására? Soroljon fel reométer típusokat és ismertesse a mérési elvüket!
5. Mi a véges elemes fröccsöntés szimuláció elméleti alapja? Milyen modellekkel számítja a szimuláció az üregtöltést, a termikus állapotot? Milyen eredményekhez juthatunk szimulációs úton?