



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar  
Fizikai Kémia és Anyagtudományi Tanszék

Írta:  
**PUKÁNSZKY BÉLA,  
MÓCZÓ JÁNOS**

Lektorálta:  
**ZSUGA MIKLÓS**

# **MŰANYAGOK**

**Egyetemi tananyag**

**2011**



COPYRIGHT: © 2011-2016, Dr. Pukánszky Béla, Dr. Móczó János, BME Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar Fizikai Kémia és Anyagtudományi Tanszék

LEKTORÁLTA: Dr. Zsuga Miklós, Debreceni Egyetem

KÖZREMŰKÖDÖTT: Dr. Pukánszky Pál Ferenc

Creative Commons NonCommercial-NoDerivs 3.0 (CC BY-NC-ND 3.0)  
A szerző nevének feltüntetése mellett nem kereskedelmi céllal szabadon másolható, terjeszthető, megjelentethető és előadható, de nem módosítható.

#### TÁMOGATÁS:

Készült a TÁMOP-4.1.2-08/2/A/KMR-2009-0028 számú, „Multidiszciplináris, modulrendszerű, digitális tananyagfejlesztés a vegyészmérnöki, biomérnöki és vegyész alapképzésben” című projekt keretében.



KÉSZÜLT: a [Typotex Kiadó](#) gondozásában

FELELŐS VEZETŐ: Votisky Zsuzsa

AZ ELEKTRONIKUS KIADÁST ELŐKÉSZÍTETTE: Waizinger József

ISBN 978-963-279-481-5

#### KULCSSZAVAK:

polimer, műanyag, polimerizáció, makromolekulák fizikája, műanyag feldolgozás, fröccsöntés, extrudálás, degradáció, stabilizálás, adalékok, polimer keverékek, polimer kompozitok.

#### ÖSSZEFOGLALÁS:

Tekintettel arra, hogy a műanyagok az élet minden területén megtalálhatók, elkerülhetetlen, hogy a legkülönbözőbb iparágakban dolgozó szakemberek kapcsolatba ne kerüljenek velük. Ennek megfelelően elsődleges célkitűzésünk, hogy megismertessük a hallgatókkal a polimerek és műanyagok jellegzetes tulajdonságait, viselkedését. Felhívjuk a figyelmet a kismolekulatömegű anyagok és a műanyagok közötti hasonlóságokra és különbségekre, valamint az ezekből származó különleges feldolgozási és alkalmazási szempontokra. Jellegeből adódóan a jegyzet csak röviden foglalkozik a makromolekuláris kémia fontosabb kérdéseivel, és nagyobb figyelmet szentel a műanyagfizikai alapok, a műanyagfeldolgozás alapvető szempontjai, valamint az alkalmazási területek bemutatásának. Néhány példával (csomagolás, autóipar) szemlélteti a műanyagok sokrétű alkalmazhatóságát és felhívja a figyelmet a megfelelő műanyag kiválasztásának szempontjaira. Röviden tárgyalja a műanyagok újrafeldolgozásával és környezeti hatásával kapcsolatos kérdéseket is.

# TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS .....	5
1.1. Előzmények .....	5
1.2. A műanyagipar jelenlegi helyzete .....	5
1.3. A jegyzet célkitűzése .....	7
1.4. A műanyagokkal kapcsolatos alapvető fogalmak, definíciók .....	8
1.5. Csoportosítás; a polimerek és műanyagok tulajdonságai .....	19
1.6. Műanyagok .....	20
2. POLIMERIZÁCIÓ .....	22
2.1. Bevezetés .....	22
2.2. Gyökös polimerizáció .....	22
2.3. Ionos polimerizáció .....	26
2.4. Sztereospecifikus polimerizáció .....	28
2.5. Kopolimerizáció .....	29
2.6. Ipari polimerizációs eljárások .....	32
3. LÉPCSŐS POLIMERIZÁCIÓ, TÉRHÁLÓSODÁS; ANYAGISMERET .....	34
3.1. Bevezetés .....	34
3.2. Lineáris polimerek .....	34
3.3. Térhálósodás .....	41
3.4. Anyagismeret .....	43
4. MAKROMOLEKULÁK FIZIKÁJA .....	48
4.1. Bevezetés .....	48
4.2. Az egyedi lánc .....	48
4.3. Polimer oldatok .....	54
4.4. A molekulatömeg meghatározása .....	58
4.5. Entrópiarugalmas deformáció .....	61
5. DEFORMÁCIÓ ÉS TÖRÉS .....	64
5.1. Bevezetés .....	64
5.2. Halmaz- és fázis állapot .....	64
5.3. Fizikai állapot .....	65
5.4. Folyás, viszkozitás .....	67
5.5. Viszkoelasztikus deformáció .....	71
5.6. Üveges és kristályos anyagok deformációja .....	76
5.7. Törés, ütésállóság .....	78
6. SZERKEZET ÉS TULAJDONSÁGOK .....	81
6.1. Bevezetés .....	81
6.2. Molekulaszerkezet és tulajdonságok .....	81
6.3. Kristályos polimerek .....	86
6.4. Amorf polimerek szerkezete .....	97
7. TÁRSÍTOTT ÉS ÖSSZETETT RENDSZEREK .....	99
7.1. Bevezetés .....	99
7.2. Töltőanyagot tartalmazó polimerek .....	100
7.3. Polimer keverékek .....	107
7.4. Többkomponensű rendszerek .....	110
7.5. Mikromechanikai deformációk .....	111
7.6. Szálerősítésű kompozitok .....	114
8. HŐRE LÁGYULÓ MŰANYAGOK FELDOLGOZÁSA .....	117
8.1. Bevezetés .....	117
8.2. Extrúzió .....	117
8.3. Fröccsöntés .....	122
8.4. A fröccsöntés lépései .....	124
8.5. Üreges testek gyártása .....	130

8.6. Egyéb, hőre lágyuló feldolgozási műveletek.....	133
9. EGYÉB FELDOLGOZÁSI ELJÁRÁSOK, TERMÉKEK .....	136
9.1. Bevezetés.....	136
9.2. Szálhúzás.....	136
9.3. Habok .....	138
9.4. Membrántechnológia.....	140
9.5. Gumitermékek gyártása.....	143
9.6. Reaktív fröccsöntés (RIM) .....	145
9.7. Térhálósodó gyanták feldolgozása .....	147
9.8. Szálerősítésű gyanták feldolgozása, kompozitok .....	150
9.9. Lakkok és festékek .....	152
9.10. Ragasztás.....	153
10. MŰANYAGOK ALKALMAZÁSA .....	155
10.1. Bevezetés.....	155
10.2. Csomagolás .....	155
10.3. Közlekedés, járműipar.....	161
10.4. Elektronika, számítástechnika .....	166
10.5. További alkalmazási területek.....	169
10.6. A kiválasztás szempontjai .....	172
11. DEGRADÁCIÓ, STABILIZÁLÁS, ADALÉKOK .....	174
11.1. Bevezetés.....	174
11.2. Degradáció.....	174
11.3. Egyéb adalékok .....	182
12. MŰANYAGOK ÉS KÖRNYEZETVÉDELEM.....	188
12.1. Bevezetés.....	188
12.2. A műanyagok szerepe a környezetszennyezésben .....	189
12.3. A műanyagok újrahasznosítása .....	193
12.4. Újratermelődő nyersanyagok, biológiai lebomlás .....	199
12.5. Gazdasági kérdések, jogszabályok .....	202
AJÁNLOTT IRODALOM.....	204
ÁBRÁK, ANIMÁCIÓK, VIDEÓK, TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE.....	205
Ábrák, animációk .....	205
Videók .....	209
Táblázatok .....	210