

**Michał Strankowski, Justyna Gołąbek,  
Krzysztof Formela, Janusz Datta**

# **Podstawy technologii przetwórstwa materiałów polimerowych**

**Gdańsk 2024**

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO  
WYDAWNICTWA POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ  
*Dariusz Mikielewicz*

RECENZENT  
*Zbigniew Florjańczyk*

REDAKCJA JĘZYKOWA  
*Agnieszka Frankiewicz*

SKŁAD I PROJEKT OKŁADKI  
*Ireneusz Jelonek*

Wydano za zgodą  
Rektora Politechniki Gdańskiej

Oferta wydawnicza Politechniki Gdańskiej jest dostępna pod adresem  
<https://www.sklep.pg.edu.pl>

Utwór nie może być powielany i rozpowszechniany, w jakiegokolwiek formie  
i w jakikolwiek sposób, bez pisemnej zgody wydawcy.

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2024

ISBN 978-83-7348-905-9

# SPIS TREŚCI

---

OD AUTORÓW.....	5
1. Podstawy technologii przetwórstwa termoplastów.....	7
1.1. Wtrysk.....	11
1.2. Specjalne metody wtryskiwania materiałów termoplastycznych.....	19
1.2.1. Wtryskiwanie wieloskładnikowe otwarte.....	19
1.2.2. Wtryskiwanie wieloskładnikowe zamknięte.....	22
1.2.3. Wtryskiwanie wspomagane gazem.....	26
1.3. <i>Rapid Heat Cycle Molding</i> (RHCM).....	29
1.4. Wytłaczanie.....	32
1.5. Termoformowanie.....	35
1.6. Wskaźnik szybkości płynięcia.....	39
2. Technologia przetwórstwa poli(chlorku winylu) (PVC).....	43
3. Technologia przetwórstwa mieszanin polimerowych.....	47
4. Technologia przetwórstwa mieszanek kauczukowych.....	50
5. Technologia przetwórstwa systemów poliuretanowych.....	55
5.1. Produkcja pianek poliuretanowych.....	60
5.1.1. Elastyczne pianki poliuretanowe.....	62
5.1.2. Lepkosprężyste pianki poliuretanowe.....	63
5.1.3. Sztywne pianki poliuretanowe.....	64
5.2. Produkcja elastomerów poliuretanowych.....	65
5.3. Produkcja elastomerów poliuretanowych do specjalnych zastosowań.....	66
6. Dodatki stosowane w przetwórstwie materiałów polimerowych.....	69
6.1. Dodatki przetwórcze – stabilizatory przetwarzania.....	69
6.1.1. Stabilizatory termiczne.....	69
6.1.2. Stabilizatory świetlne.....	70
6.2. Dodatki przetwórcze – modyfikatory przetwórstwa.....	72
6.2.1. Środki smarujące (smary).....	72
6.2.2. Upłynniacze.....	72
6.2.3. Środki antyadhezyjne.....	72
6.2.4. Środki tiksotropowe.....	73
6.3. Dodatki funkcjonalne – stabilizatory właściwości.....	73
6.3.1. Antyutleniacze i antyozonanty.....	73
6.3.2. Dezaktywatory metali.....	74
6.3.3. Fotostabilizatory.....	74

6.4. Dodatki funkcjonalne – modyfikatory właściwości użytkowych .....	74
6.4.1. Modyfikatory właściwości optycznych.....	75
6.4.2. Modyfikatory właściwości mechanicznych .....	75
6.4.3. Modyfikatory właściwości powierzchniowych.....	77
6.4.4. Modyfikatory palności .....	78
7. Projektowanie procesów przetwórczych.....	80
Laboratoria.....	83
1. Przetwórstwo wtryskowe termoplastów .....	83
2. Symulacje i analiza procesu wtrysku przy pomocy programu MoldFlow .....	84
3. Przetwórstwo tworzyw techniką wytłaczania.....	85
4. Przetwórstwo zmiękzonego PVC .....	86
5. Przetwórstwo mieszanek kauczukowych.....	87
6. Wyznaczanie optimum wulkanizacji dla mieszanek kauczukowych.....	89
7. Otrzymywanie pianek poliuretanowych .....	90
8. Przetwórstwo systemów poliuretanowych przy pomocy agregatu dozująco- mieszającego .....	91
9. Optymalizacja procesu przetwórczego z użyciem metod analizy termicznej	93
10. Wskaźnik szybkości płynięcia termoplastów .....	94

# OD AUTORÓW

---

Przetwórstwo tworzyw sztucznych stanowi interdyscyplinarny obszar wiedzy technicznej obejmujący zagadnienia z wielu dziedzin, takich jak: chemia, fizykochemia, reologia i mechanika polimerów, podstawy konstrukcji wyrobów oraz wykonania narzędzi, a także wytrzymałość materiałów. Ze względu na szeroki zakres tematyki postanowiono opracować przystępny dla szerokiego grona Czytelników skrypt prezentujący podstawy metod przetwórstwa materiałów polimerowych. Książka zawiera uporządkowane, zgodne z aktualnym stanem wiedzy omówienie zagadnień dotyczących przede wszystkim podstaw technologii przetwórstwa takich materiałów, jak termoplasty, mieszaniny polimerowe, mieszanki kauczukowe czy poliuretany. Scharakteryzowano również najważniejsze dodatki stosowane w przetwórstwie materiałów polimerowych oraz ich wpływ na przebieg procesów przetwórczych i kształtowanie właściwości użytkowych tworzyw sztucznych. Nowością stanowi przybliżenie współczesnych technik projektowania procesów przetwórczych, w szczególności procesu wtrysku, z wykorzystaniem oprogramowania komputerowego w celu optymalizacji i projektowania nowoczesnych wyrobów polimerowych.

Podręcznik jest przeznaczony nie tylko dla studentów uczelni wyższych, lecz także dla szerokiego grona pracowników naukowych i dydaktycznych, pracowników inżynierjno-technicznych, osób związanych z przemysłem tworzyw sztucznych oraz pasjonatów nauki. Skrypt podzielono na dwie części – część teoretyczną, omawiającą wybrane zagadnienia z podstaw technologii przetwórstwa materiałów polimerowych, oraz część praktyczną, zawierającą instrukcje do dziesięciu zajęć laboratoryjnych skorelowane z treściami pierwszej części opracowania.

Autorzy skryptu żywią nadzieję, że zarówno jego przejrzysta forma, jak i przystępny język wpłyną pozytywnie na przystosowanie wiedzy i poznanie problematyki będącej przedmiotem wykładów i zajęć laboratoryjnych, przyczynią się do podniesienia jakości uczenia się, a także wzbudzą w Czytelniku chęć głębszego zrozumienia przedstawianej tematyki.

Dziękujemy wszystkim tym, którzy w jakikolwiek sposób przyczynili się do powstania treści zawartych w skrypcie.

Autorzy