

Przedmowa	9
1. Wprowadzenie (<i>Krzysztof Wilczyński</i>)	11
2. Podstawy materiałowe (<i>Krzysztof Wilczyński</i>)	17
2.1. Klasyfikacja tworzyw	17
2.2. Charakterystyka materiałowa tworzyw	24
2.2.1. Właściwości reologiczne	25
2.2.1.1. Lepkość polimerów	25
2.2.1.2. Wskaźnik szybkości płynięcia	28
2.2.2. Właściwości termodynamiczne	30
2.2.2.1. Gęstość	30
2.2.2.2. Przewodność cieplna	33
2.2.2.3. Ciepło właściwe	34
2.2.2.4. Entalpia właściwa	35
2.2.2.5. Dyfuzyjność cieplna	36
3. Procesy przetwórstwa tworzyw	38
3.1. Wytłaczanie (<i>Krzysztof Wilczyński</i>)	39
3.1.1. Wprowadzenie	39
3.1.2. Wytłaczanie jednoślিমakowe	42
3.1.2.1. Ślimaki	45
3.1.2.2. Cylinder	49
3.1.2.3. Podstawy teorii wytłaczania jednoślিমakowego	50
3.1.3. Wytłaczanie dwuślímakowe	62
3.1.3.1. Wytłaczanie dwuślímakowe współbieżne	63
3.1.3.2. Wytłaczanie dwuślímakowe przeciwbieżne	66
3.1.4. Głowice wytłaczarskie	69
3.1.5. Linie technologiczne wytłaczania	75
3.2. Wtryskiwanie (<i>Henryk Zawistowski</i>)	77
3.2.1. Budowa wtryskarek	79
3.2.1.1. Zespoły funkcjonalne	79
3.2.1.2. Specjalne typy wtryskarek	91
3.2.1.3. Wyposażenie wtryskarek	92
3.2.1.4. Wielkości charakterystyczne i wykorzystanie wtryskarki	93
3.2.1.5. Współpraca wtryskarki z formą	100
3.2.2. Budowa formy wtryskowej	102
3.2.3. Przebieg procesu wtryskiwania	106
3.2.3.1. Cykl wtryskiwania	106

3.2.3.2. Parametry procesu	110
3.2.3.3. Kierowanie procesem wtryskiwania	113
3.2.4. Zjawiska zachodzące w formie w czasie procesu wtryskiwania	122
3.2.4.1. Przepływ tworzywa w formie	123
3.2.4.2. Kształtowanie zespołu cech wewnętrznych wypraski	126
3.2.5. Zasady technologiczności wyprasek	129
3.2.5.1. Skurcz	135
3.2.5.2. Dokładność wymiarowa wyprasek	137
3.2.6. Wspomaganie komputerowe procesu wtryskiwania	139
3.3. Specjalne metody wtryskiwania (<i>Adrian Lewandowski</i>)	144
3.3.1. Wprowadzenie	144
3.3.2. Wtryskiwanie wielokomponentowe	144
3.3.3. Obtryskiwanie elementów umieszczonych w formie	147
3.3.4. Wtryskiwanie wspomagane gazem lub cieczą	149
3.3.5. Wtryskiwanie porujące	152
3.3.6. Wtryskiwanie sekwencyjne	155
3.3.7. Wtryskiwanie kaskadowe	157
3.3.8. Wtryskiwanie z doprasowaniem	158
3.4. Formowanie z rozdmuchiowaniem (<i>Krzysztof Wilczyński</i>)	160
3.4.1. Wprowadzenie	160
3.4.2. Wytłaczanie z rozdmuchiowaniem	161
3.4.2.1. Wytłaczanie z rozdmuchiowaniem swobodnym	161
3.4.2.2. Wytłaczanie z rozdmuchiowaniem w formie	162
3.4.3. Wtryskiwanie z rozdmuchiowaniem	164
3.5. Prasowanie (<i>Jacek Garbarski</i>)	166
3.5.1. Wstęp	166
3.5.2. Prasowanie tłoczne	167
3.5.2.1. Definicja procesu	167
3.5.2.2. Stosowane materiały	167
3.5.2.3. Suszenie i podgrzewanie wstępne	167
3.5.2.4. Opis procesu technologicznego	169
3.5.3. Prasowanie przetłoczone	179
3.5.3.1. Definicja procesu	179
3.5.3.2. Opis procesu technologicznego	180
3.5.4. Prasowanie tłoczne tworzyw termoplastycznych	185
3.6. Termoformowanie (<i>Jacek Garbarski</i>)	188
3.6.1. Wstęp	188
3.6.2. Definicja procesu	188
3.6.3. Odmiany termoformowania	190
3.6.3.1. Termoformowanie negatywowe	190
3.6.3.2. Termoformowanie pozytywowe	193
3.6.4. Uwagi dotyczące technologii	197
3.6.4.1. Budowa form	197
3.6.4.2. Nastawianie parametrów procesu	198
3.6.4.3. Łączenie termoformowania z procesami napełniania	198
3.6.5. Warunki cieplne i naprężenia w wyrobie termoformowanym	199
3.6.5.1. Stan fizyczny materiału podczas termoformowania	199
3.6.5.2. Stan naprężeń	200

3.7. Walcowanie i kalandrowanie (<i>Andrzej Nastaj</i>)	201
3.7.1. Walcowanie	201
3.7.2. Kalandrowanie	207
3.8. Procesy spieniania (<i>Kamila Buziak</i>)	216
3.8.1. Porofory	218
3.8.2. Mechanizm spieniania tworzyw sztucznych	218
3.8.3. Metody spieniania tworzyw sztucznych	220
3.9. Odlewanie (<i>Przemysław Narowski</i>)	224
3.9.1. Odlewanie właściwe	225
3.9.1.1. Wprowadzenie	225
3.9.1.2. Definicja procesu	225
3.9.1.3. Stosowane materiały	225
3.9.1.4. Wady i zalety odlewania	226
3.9.1.5. Maszyny	227
3.9.1.6. Narzędzia	228
3.9.1.7. Parametry procesu	229
3.9.2. Odlewanie rotacyjne	231
3.9.2.1. Wprowadzenie	231
3.9.2.2. Definicja procesu	232
3.9.2.3. Stosowane materiały	233
3.9.2.4. Wady i zalety odlewania rotacyjnego	234
3.9.2.5. Maszyny do odlewania rotacyjnego	234
3.9.2.6. Formy do odlewania rotacyjnego	237
3.9.2.7. Parametry procesu	240
3.9.3. Wylewanie i zalewanie	242
3.9.3.1. Wylewanie	242
3.9.3.2. Definicja procesu	243
3.9.3.3. Stosowane materiały	243
3.9.3.4. Maszyny	244
3.9.3.5. Narzędzia	246
3.9.3.6. Parametry procesu	246
3.9.3.7. Zalewanie	247
3.10. Procesy wzmacniania tworzyw – kompozyty (<i>Jacek Garbarski</i>)	248
3.10.1. Materiały kompozytowe	248
3.10.1.1. Wstęp	248
3.10.1.2. Stosowane materiały	249
3.10.1.3. Prepregi (preimpregnaty)	252
3.10.2. Metody wzmacniania	252
3.10.2.1. Uwagi ogólne	252
3.10.2.2. Laminowanie	252
3.10.2.3. Przetwarzanie prepregów	253
3.10.2.4. Natryskiwanie	254
3.10.2.5. Nawijanie	255
3.10.2.6. Pultruzja	257
3.10.2.7. Prasowanie	257
3.11. Łączenie tworzyw (<i>Mariusz Fabijański</i>)	262
3.11.1. Klejenie	262
3.11.1.1. Podstawy procesu klejenia	262
3.11.1.2. Przygotowanie powierzchni materiału do procesu klejenia	265

3.11.1.3. Kleje	266
3.11.1.4. Przygotowanie kleju	268
3.11.1.5. Nakładanie kleju na powierzchnię	269
3.11.1.6. Utwardzanie kleju	269
3.11.1.7. Charakterystyka złączy klejowych	271
3.11.2. Zgrzewanie	273
3.11.2.1. Podstawy procesu zgrzewania	273
3.11.2.2. Metody zgrzewania tworzyw	274
3.11.3. Spawanie	286
3.11.3.1. Podstawy procesu spawania	286
3.11.3.2. Metody spawania tworzyw	287
3.11.3.3. Przygotowanie powierzchni do spawania	290
3.11.3.4. Charakterystyka złączy spawanych	290
3.11.3.5. Kontrola połączeń spawanych	291
3.12. Techniki przyrostowe (<i>Krzysztof J. Wilczyński</i>)	293
3.12.1. Wprowadzenie	293
3.12.2. FDM – Fused Deposition Modeling	295
3.12.2.1. Charakterystyka metody	296
3.12.2.2. Metodyka modelowania	299
3.12.2.3. Parametry procesu	302
3.12.2.4. Materiały stosowane w druku FDM	304
3.12.3. Inne techniki przyrostowe	306
3.12.3.1. SLA – Stereolithography Apparatus	308
3.12.3.2. SLS – Selective Laser Sintering	309
3.12.3.3. EBM – Electron Beam Melting	310
3.12.3.4. 3DP – 3D Printing	310
3.12.3.5. LOM – Laminated Object Manufacturing	311
4. Recykling tworzyw (<i>Jacek Garbarski</i>)	313
4.1. Gospodarka odpadami	313
4.1.1. Wstęp	313
4.1.2. Przetwarzanie wtórne	316
4.1.2.1. Przetwarzanie materiałowe	316
4.1.2.2. Przetwarzanie surowcowe	317
4.1.2.3. Przetwarzanie energetyczne	318
4.1.2.4. Składowanie na wysypiskach śmieci	320
4.2. Wtórne zagospodarowanie tworzyw polimerowych	322
4.2.1. Uwagi wstępne	322
4.2.2. Zbieranie i segregacja	325
4.2.3. Usuwanie zanieczyszczeń obcymi materiałami	326
4.2.4. Przetwarzanie surowcowe odpadów tworzywowych (trzeciorzędowe)	327
4.3. Biotworzywa	328