

# Spis treści

---

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| Słowo wstępne .....                        | 11 |
| Od autora .....                            | 13 |
| 1. Klasyfikacja tworzyw polimerowych ..... | 15 |
| 2. Reaktory polimeryzacji .....            | 19 |

---

## CZĘŚĆ I

### POLIMERY OTRZYMYWANE W PROCESIE POLIREAKCJI ŁAŃCUCHOWEJ (POLIMERYZACJI I KOPOLIMERYZACJI)

25

---

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| 3. Poliolefiny .....                          | 45  |
| 3.1. Wprowadzenie .....                       | 45  |
| 3.2. Polietylen .....                         | 47  |
| 3.2.1. Otrzymywanie .....                     | 47  |
| 3.2.2. Nowe rodzaje polietylenów .....        | 61  |
| 3.2.3. Struktura i właściwości .....          | 64  |
| 3.2.4. Wprowadzane środki pomocnicze .....    | 66  |
| 3.2.5. Przetwarzanie .....                    | 68  |
| 3.2.6. Zastosowanie .....                     | 68  |
| 3.2.7. Krajowe polietyleny .....              | 70  |
| 3.2.8. Modyfikowane polietyleny .....         | 71  |
| 3.2.9. Kopolimery etylenu .....               | 78  |
| 3.2.10. Jonomery etylenowe .....              | 86  |
| 3.3. Polipropylen .....                       | 87  |
| 3.3.1. Otrzymywanie .....                     | 87  |
| 3.3.2. Struktura i ogólne właściwości .....   | 100 |
| 3.3.3. Przetwórstwo .....                     | 102 |
| 3.3.4. Polipropylen modyfikowany .....        | 105 |
| 3.3.5. Produkcja polipropylenu w Polsce ..... | 110 |
| 3.4. Poliizobutylen .....                     | 111 |

|                                                                 |            |
|-----------------------------------------------------------------|------------|
| 3.4.1. Otrzymywanie .....                                       | 111        |
| 3.4.2. Właściwości .....                                        | 115        |
| 3.4.3. Przetwórstwo i zastosowanie .....                        | 116        |
| 3.4.4. Kopolimery izobutyleny z dienami .....                   | 117        |
| 3.5. Wyższe poli( $\alpha$ -olefiny) .....                      | 118        |
| 3.5.1. Poli(1-buten) .....                                      | 119        |
| 3.5.2. Poli(4-metylo-1-penten) .....                            | 120        |
| 3.6. Polimery cykloolefinowe (polialkenamery) .....             | 121        |
| 3.6.1. Wiadomości ogólne .....                                  | 121        |
| 3.6.2. Trans-poli(1-pentenylen) .....                           | 122        |
| 3.6.3. Poli(cyklopentenyleno-1,3-winylen) .....                 | 125        |
| 3.6.4. Polidicyklopentadien .....                               | 126        |
| 3.6.5. Polimeryzacja cykloolefin bez otwarcia pierścienia ..... | 127        |
| <b>4. Polimery dienowe (elastomery kauczukowe) .....</b>        | <b>129</b> |
| 4.1. Wprowadzenie .....                                         | 129        |
| 4.2. Kauczuki butadienowe (polibutadieny) .....                 | 132        |
| 4.3. Kauczuki butadienowo-styrenowe .....                       | 134        |
| 4.4. Kauczuki butadienowo-akrylonitrylowe .....                 | 138        |
| 4.5. Kauczuki chloroprenowe (poli-2-chlorobutadieny) .....      | 139        |
| <b>5. Polimery na podstawie styrenu .....</b>                   | <b>141</b> |
| 5.1. Polistyren .....                                           | 141        |
| 5.1.1. Otrzymywanie .....                                       | 141        |
| 5.1.2. Właściwości .....                                        | 147        |
| 5.2. Modyfikowane polimery styrenowe .....                      | 150        |
| 5.2.1. Wiadomości ogólne .....                                  | 150        |
| 5.2.2. Kopolimery styrenu .....                                 | 152        |
| 5.3. Tworzywa ABS i pochodne .....                              | 156        |
| 5.4. Termoplastyczne elastomery styren/butadien .....           | 162        |
| <b>6. Polimery chlorowinyłowe .....</b>                         | <b>167</b> |
| 6.1. Poli(chlorek winylu) .....                                 | 167        |
| 6.1.1. Wiadomości ogólne .....                                  | 167        |
| 6.1.2. Przemysłowe procesy otrzymywania .....                   | 168        |
| 6.1.3. Produkcja poli(chloroku winylu) w Polsce .....           | 174        |
| 6.1.4. Właściwości .....                                        | 175        |
| 6.1.5. Przetwórstwo i zastosowanie .....                        | 178        |
| 6.2. Modyfikowany poli(chlorek winylu) .....                    | 178        |
| 6.2.1. Modyfikacja fizyczna .....                               | 178        |
| 6.2.2. Modyfikacja chemiczna .....                              | 185        |
| 6.3. Poli(chlorek winylidenu) .....                             | 190        |

|                                                              |            |
|--------------------------------------------------------------|------------|
| <b>7. Polimery fluorowinyłowe .....</b>                      | <b>191</b> |
| 7.1. Politetrafluoroetylen .....                             | 191        |
| 7.2. Polichlorotrifluoroetylen .....                         | 196        |
| 7.3. Poli(fluorek winylidenu) .....                          | 198        |
| 7.4. Poli(fluorek winylu) .....                              | 199        |
| 7.5. Kopolimery fluorowe .....                               | 199        |
| 7.6. Kauczuki fluorowe .....                                 | 204        |
| <b>8. Poli(octan winylu) i jego pochodne .....</b>           | <b>207</b> |
| 8.1. Poli(octan winylu) .....                                | 207        |
| 8.2. Poli(alkohol winylowy) .....                            | 212        |
| 8.3. Poliwinylacetale .....                                  | 215        |
| 8.3.1. Wiadomości ogólne .....                               | 215        |
| 8.3.2. Poliwinylformal .....                                 | 217        |
| 8.3.3. Poliwinylotanal .....                                 | 217        |
| 8.3.4. Poliwinylbutyral .....                                | 218        |
| <b>9. Polimery akryłowe i metakryłowe .....</b>              | <b>219</b> |
| 9.1. Wprowadzenie .....                                      | 219        |
| 9.2. Poli(metakrylan metylu) .....                           | 220        |
| 9.2.1. Otrzymywanie .....                                    | 220        |
| 9.2.2. Właściwości .....                                     | 223        |
| 9.2.3. Przetwórstwo i zastosowanie .....                     | 224        |
| 9.3. Poliakrylonitryl .....                                  | 226        |
| 9.4. Kauczuki akryłowe .....                                 | 231        |
| 9.5. Termoutwardzalne polimery akryłowe .....                | 232        |
| 9.6. Poliakryloamid .....                                    | 233        |
| 9.7. Polimery kwasu akrylowego i metakrylowego .....         | 235        |
| 9.8. Poli-N-winylokarbazol .....                             | 236        |
| 9.9. Poliwinylodipirydyny .....                              | 238        |
| 9.10. Poli-N-winylopirolidon .....                           | 239        |
| <b>10. Poli(winyloetery) .....</b>                           | <b>241</b> |
| <b>11. Polimery kumaronowo-indenowe .....</b>                | <b>243</b> |
| <b>12. Poliacetale - polimery aldehydów .....</b>            | <b>245</b> |
| 12.1. Poliformaldehyd .....                                  | 245        |
| 12.1.1. Wiadomości ogólne .....                              | 245        |
| 12.1.2. Otrzymywanie .....                                   | 247        |
| 12.1.3. Właściwości poliformaldehydu i jego pochodnych ..... | 253        |
| 12.1.4. Przetwórstwo i zastosowanie .....                    | 254        |

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| 12.2. Polimery cyklicznych tlenków alkilenowych (polieter) ..... | 255 |
| 12.2.1. Wiadomości ogólne .....                                  | 255 |
| 12.2.2. Poli(tlenek etylenu) i poli(tlenek propylenu) .....      | 256 |
| 12.2.3. Poli-3,3-bis(chlorometylo)-oksacyklobutan .....          | 259 |
| 12.2.4. Politetrahydrofuran .....                                | 261 |
| 12.2.5. Polioksyfenyleny (aromatyczne polieter) .....            | 261 |

---

## CZĘŚĆ II

### POLIMERY KONDENSACYJNE. POLIADDUKTY

---

265

|                                                                                  |            |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>13. Poliamidy .....</b>                                                       | <b>275</b> |
| 13.1. Poliamidy alifatyczne .....                                                | 275        |
| 13.1.1. Otrzymywanie .....                                                       | 275        |
| 13.1.2. Właściwości .....                                                        | 290        |
| 13.1.3. Przetwórstwo i zastosowanie .....                                        | 295        |
| 13.1.4. Krajowe poliamidy .....                                                  | 298        |
| 13.2. Poliamidy aromatyczne .....                                                | 299        |
| 13.2.1. Wiadomości ogólne .....                                                  | 299        |
| 13.2.2. Amorficzne poliamidy aromatyczne .....                                   | 299        |
| 13.2.3. Krystaliczne poliamidy aromatyczne .....                                 | 303        |
| 13.3. Termoplastyczne elastomery poliamidowe .....                               | 309        |
| 13.4. Poliamidy otrzymywane i przetwarzane techniką wtrysku<br>reaktywnego ..... | 312        |
| 13.5. Polimoczniki .....                                                         | 315        |
| <b>14. Poliimidy .....</b>                                                       | <b>317</b> |
| 14.1. Wprowadzenie .....                                                         | 317        |
| 14.2. Klasyczne poliimidy kondensacyjne .....                                    | 317        |
| 14.3. Kopoliimidy .....                                                          | 324        |
| 14.4. Aromatyczne poliimidy o strukturze drabiniastej .....                      | 325        |
| 14.5. Termoplastyczne poliimidy .....                                            | 326        |
| 14.6. Polibismaleimidy .....                                                     | 327        |
| 14.7. Poliamidoimidy .....                                                       | 329        |
| 14.8. Polieteroimidy .....                                                       | 332        |
| 14.9. Poliakryloestroimidy .....                                                 | 334        |
| <b>15. Fenoplasty .....</b>                                                      | <b>337</b> |
| 15.1. Wprowadzenie .....                                                         | 337        |
| 15.2. Żywice nowolakowe .....                                                    | 340        |
| 15.3. Żywice rezolowe .....                                                      | 347        |

|                                                                                            |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 15.4. Modyfikowane żywice fenolowo-formaldehydowe .....                                    | 351        |
| 15.5. Żywice rezorcynowo-formaldehydowe .....                                              | 355        |
| 15.6. Żywice fenolowo-furfurylowe .....                                                    | 355        |
| 15.7. Polimery fenolowe otrzymywane w reakcji<br>Friedela-Craftsa .....                    | 356        |
| 15.8. Wyroby z żywic fenolowo-formaldehydowych .....                                       | 357        |
| <b>16. Aminoplasty .....</b>                                                               | <b>363</b> |
| 16.1. Wprowadzenie .....                                                                   | 363        |
| 16.2. Żywice mocznikowo-formaldehydowe .....                                               | 363        |
| 16.3. Tłoczywa mocznikowo-formaldehydowe .....                                             | 370        |
| 16.4. Żywice melaminowo-formaldehydowe .....                                               | 371        |
| 16.4.1. Wiadomości ogólne .....                                                            | 371        |
| 16.4.2. Lakiernicze żywice melaminowo-formaldehydowe<br>modyfikowane butanolem .....       | 373        |
| 16.5. Tłoczywa melaminowo-formaldehydowe .....                                             | 374        |
| 16.6. Melaminowe tworzywa warstwowe (laminaty) .....                                       | 377        |
| <b>17. Poliestry .....</b>                                                                 | <b>379</b> |
| 17.1. Wprowadzenie .....                                                                   | 379        |
| 17.2. Poliestry liniowe .....                                                              | 381        |
| 17.2.1. Liniowe poliestry alifatyczne i alifatyczno-aromatyczne .....                      | 381        |
| 17.2.2. Liniowe poliestry aromatyczne (poliarylany) .....                                  | 397        |
| 17.3. Żywice alkidowe .....                                                                | 402        |
| 17.4. Nienasycone żywice poliestrowe .....                                                 | 405        |
| 17.5. Nowe rodzaje żywic poliestrowych .....                                               | 415        |
| <b>18. Poliwęglany .....</b>                                                               | <b>419</b> |
| <b>19. Żywice epoksydowe .....</b>                                                         | <b>431</b> |
| 19.1. Wprowadzenie .....                                                                   | 431        |
| 19.2. Otrzymywanie żywic epoksydowych z epichlorohydryny<br>i dianu (diepoksydowych) ..... | 432        |
| 19.3. Utwardzanie żywic epoksydowych przez usieciowanie .....                              | 438        |
| 19.4. Właściwości żywic epoksydowych opartych<br>na bisfenolu A .....                      | 441        |
| 19.5. Modyfikowane kompozycje epoksydowe .....                                             | 442        |
| 19.6. Wielofunkcyjne żywice epoksydowe .....                                               | 445        |
| <b>20. Poliuretany .....</b>                                                               | <b>449</b> |
| 20.1. Wprowadzenie .....                                                                   | 449        |

|                                                                              |            |
|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 20.2. Liniowe termoplastyczne poliuretany .....                              | 451        |
| 20.3. Elastomery (kauczuki) uretanowe .....                                  | 454        |
| 20.4. Termoplastyczne elastomery poliuretanowe .....                         | 455        |
| 20.5. Pianki poliuretanowe .....                                             | 457        |
| 20.6. Łane żywice poliuretanowe .....                                        | 465        |
| 20.7. Lakier i powłoki poliuretanowe .....                                   | 466        |
| 20.8. Kleje i masy zalewowe .....                                            | 467        |
| 20.9. Warstwowe tworzywa poliuretanowe - syntetyczna skóra ..                | 468        |
| 20.10. Polimoczniki aromatyczne .....                                        | 469        |
| <b>21. Polimery nieorganiczno-organiczne .....</b>                           | <b>471</b> |
| 21.1. Wprowadzenie .....                                                     | 471        |
| 21.2. Otrzymywanie silikonów .....                                           | 472        |
| 21.3. Właściwości mało-, średnio- i wielkocząsteczkowych<br>siloksanów ..... | 478        |
| 21.4. Kauczuki silikonowe .....                                              | 481        |
| <b>22. Polimery pochodzenia naturalnego .....</b>                            | <b>485</b> |
| 22.1. Wprowadzenie .....                                                     | 485        |
| 22.2. Polisacharydy .....                                                    | 485        |
| 22.2.1. Celuloza i jej pochodne .....                                        | 486        |
| 22.2.2. Inne polisacharydy i ich pochodne .....                              | 497        |
| 22.3. Białka .....                                                           | 498        |
| 22.4. Kauczuk naturalny i jego pochodne .....                                | 500        |