

## SPIS TREŚCI

Str.

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| ROZDZIAŁ V. ZARYS WIADOMOŚCI O STRUKTURZE STOPÓW                           | 1   |
| § 1. Struktura metali                                                      | 1   |
| 1. Własności stanu metalicznego                                            | 1   |
| 2. Struktura krystaliczna pierwiastków metalicznych                        | 2   |
| 3. Wiązanie metaliczne                                                     | 5   |
| 4. Promienie atomowe (średnice atomowe)                                    | 7   |
| § 2. Struktura stopów                                                      | 8   |
| 1. Określenia                                                              | 8   |
| 2. Klasyfikacja faz stopowych                                              | 9   |
| 3. Struktura roztworów stałych                                             | 12  |
| 4. Struktura faz międzymetalicznych                                        | 17  |
| ROZDZIAŁ VI. METALE NIEŻELAZNE I ICH STOPY                                 | 24  |
| § 1. Miedź i jej stopy                                                     | 24  |
| A. Miedź                                                                   | 24  |
| 1. Występowanie i otrzymywanie                                             | 24  |
| 2. Klasyfikacja i zanieczyszczenia miedzi                                  | 24  |
| 3. Wpływ zanieczyszczeń na własności miedzi                                | 25  |
| 4. Własności fizyczne                                                      | 28  |
| 5. Własności chemiczne                                                     | 30  |
| 6. Własności mechaniczne                                                   | 33  |
| 7. Własności technologiczne                                                | 38  |
| 8. Zastosowanie miedzi                                                     | 40  |
| B. Stopy miedzi                                                            | 41  |
| 1. Mosiądze                                                                | 41  |
| 2. Brązy                                                                   | 57  |
| Wykaz ważniejszych norm                                                    | 86  |
| § 2. Nikiel i jego stopy                                                   | 87  |
| A. Nikiel                                                                  | 87  |
| 1. Występowanie i otrzymywanie                                             | 87  |
| 2. Klasyfikacja niklu według norm                                          | 87  |
| 3. Własności niklu                                                         | 89  |
| 4. Zastosowanie niklu                                                      | 95  |
| B. Stopy niklu                                                             | 95  |
| 1. Wiadomości ogólne                                                       | 95  |
| 2. Najważniejsze układy podwójne i potrójne stopów niklu z innymi metalami | 96  |
| 3. Klasyfikacja stopów niklu                                               | 101 |
| 4. Stopy niklu wg Polskich norm                                            | 102 |
| 5. Stopy układu miedź-nikiel                                               | 103 |
| 6. Stopy układu miedź-nikiel-cynk                                          | 107 |
| 7. Bezmiedziowe stopy niklu                                                | 112 |
| § 3. Kobalt i jego stopy                                                   | 113 |
| A. Kobalt                                                                  | 113 |
| 1. Występowanie i otrzymywanie                                             | 113 |

|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2. Klasyfikacja kobaltu według Polskich Norm . . . . .                                   | 114 |
| 3. Własności kobaltu . . . . .                                                           | 114 |
| 4. Zastosowanie . . . . .                                                                | 115 |
| 5. Izotopy kobaltu i ich zastosowanie . . . . .                                          | 115 |
| B. Stopy kobaltu . . . . .                                                               | 118 |
| 1. Stelly . . . . .                                                                      | 118 |
| 2. Vitalium . . . . .                                                                    | 120 |
| § 4. Aluminium i jego stopy . . . . .                                                    | 120 |
| A. Aluminium . . . . .                                                                   | 120 |
| 1. Występowanie i otrzymywanie . . . . .                                                 | 120 |
| 2. Klasyfikacja aluminium . . . . .                                                      | 121 |
| 3. Własności aluminium . . . . .                                                         | 123 |
| 4. Zastosowanie aluminium . . . . .                                                      | 129 |
| B. Stopy aluminium . . . . .                                                             | 130 |
| 1. Wiadomości wstępne . . . . .                                                          | 130 |
| 2. Najważniejsze układy podwójne i potrójne stopów aluminium z innymi metalami . . . . . | 131 |
| 3. Własności fizyczne i chemiczne stopów aluminium . . . . .                             | 136 |
| 4. Obróbka cieplna stopów aluminium . . . . .                                            | 140 |
| 5. Stopy aluminium według Polskich Norm . . . . .                                        | 141 |
| 6. Stopy aluminium o specjalnym przeznaczeniu . . . . .                                  | 153 |
| 7. Normy . . . . .                                                                       | 155 |
| § 5. Magnez i jego stopy . . . . .                                                       | 155 |
| A. Magnez . . . . .                                                                      | 155 |
| 1. Występowanie i otrzymywanie . . . . .                                                 | 155 |
| 2. Własności magnezu . . . . .                                                           | 156 |
| 3. Zastosowanie czystego magnezu . . . . .                                               | 160 |
| B. Stopy magnezu . . . . .                                                               | 160 |
| 1. Wiadomości ogólne . . . . .                                                           | 160 |
| 2. Najważniejsze układy podwójne i potrójne magnezu z innymi metalami . . . . .          | 161 |
| 3. Rodzaje stopów magnezu . . . . .                                                      | 164 |
| 4. Wpływ składników stopowych na własności magnezu . . . . .                             | 164 |
| 5. Obróbka cieplna stopów magnezu . . . . .                                              | 167 |
| 6. Własności stopów magnezu . . . . .                                                    | 168 |
| 7. Zastosowanie stopów magnezu . . . . .                                                 | 174 |
| § 6. Cynk i jego stopy . . . . .                                                         | 174 |
| A. Cynk . . . . .                                                                        | 174 |
| 1. Występowanie i otrzymywanie . . . . .                                                 | 174 |
| 2. Klasyfikacja cynku . . . . .                                                          | 175 |
| 3. Wpływ zanieczyszczeń . . . . .                                                        | 177 |
| 4. Własności cynku . . . . .                                                             | 180 |
| 5. Przeróbka plastyczna cynku . . . . .                                                  | 184 |
| 6. Zastosowanie . . . . .                                                                | 184 |
| 7. Normy gotowych wyrobów cynkowych . . . . .                                            | 185 |
| B. Stopy cynku . . . . .                                                                 | 185 |
| 1. Wiadomości wstępne . . . . .                                                          | 185 |
| 2. Najważniejsze układy podwójne i potrójne stopów cynku z innymi metalami . . . . .     | 186 |
| 3. Klasyfikacja stopów cynku . . . . .                                                   | 188 |
| 4. Zjawisko starzenia w stopach cynku . . . . .                                          | 190 |
| 5. Zastosowanie stopów cynku . . . . .                                                   | 192 |
| 6. Normy . . . . .                                                                       | 192 |
| § 7. Kadm i jego stopy . . . . .                                                         | 193 |
| A. Kadm . . . . .                                                                        | 193 |
| 1. Występowanie i otrzymywanie . . . . .                                                 | 193 |

|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2. Klasyfikacja kadmu według Polskich Norm . . . . .                                  | 193 |
| 3. Własności kadmu . . . . .                                                          | 194 |
| 4. Zastosowanie kadmu . . . . .                                                       | 196 |
| 5. Normy wyrobów kadmowych . . . . .                                                  | 197 |
| B. Stopy kadmu . . . . .                                                              | 197 |
| 1. Wstęp . . . . .                                                                    | 197 |
| 2. Najważniejsze układy podwójne i potrójne stopów kadmu z innymi metalami . . . . .  | 197 |
| 3. Zastosowanie stopów kadmu . . . . .                                                | 198 |
| § 8. Ołów i jego stopy . . . . .                                                      | 199 |
| A. Ołów . . . . .                                                                     | 199 |
| 1. Występowanie i otrzymywanie . . . . .                                              | 199 |
| 2. Klasyfikacja ołowiu według Polskich Norm . . . . .                                 | 200 |
| 3. Własności czystego ołowiu . . . . .                                                | 200 |
| 4. Zastosowanie ołowiu . . . . .                                                      | 205 |
| 5. Normy wyrobów ołowianych . . . . .                                                 | 206 |
| B. Stopy ołowiu . . . . .                                                             | 206 |
| 1. Wiadomości wstępne . . . . .                                                       | 206 |
| 2. Najważniejsze układy podwójne i potrójne ołowiu z innymi metalami . . . . .        | 206 |
| 3. Klasyfikacja stopów ołowiu według Polskich Norm . . . . .                          | 208 |
| § 9. Cyna i jej stopy . . . . .                                                       | 212 |
| A. Cyna . . . . .                                                                     | 212 |
| 1. Występowanie i otrzymywanie . . . . .                                              | 212 |
| 2. Klasyfikacja różnych rodzajów cyny . . . . .                                       | 212 |
| 3. Własności cyny . . . . .                                                           | 212 |
| 4. Zastosowanie cyny . . . . .                                                        | 216 |
| B. Stopy cyny . . . . .                                                               | 216 |
| 1. Najważniejsze układy stopów cyny z innymi metalami . . . . .                       | 216 |
| 2. Własności stopów cyny . . . . .                                                    | 217 |
| 3. Zastosowanie stopów cyny . . . . .                                                 | 218 |
| § 10. Złoto i jego stopy . . . . .                                                    | 218 |
| A. Złoto . . . . .                                                                    | 218 |
| 1. Występowanie i otrzymywanie . . . . .                                              | 218 |
| 2. Własności złota . . . . .                                                          | 218 |
| 3. Zastosowanie złota . . . . .                                                       | 221 |
| B. Stopy złota . . . . .                                                              | 221 |
| 1. Wiadomości ogólne . . . . .                                                        | 221 |
| 2. Najważniejsze układy podwójne i potrójne stopów złota . . . . .                    | 222 |
| 3. Własności stopów złota . . . . .                                                   | 222 |
| 4. Zastosowanie stopów złota . . . . .                                                | 227 |
| § 11. Srebro i jego stopy . . . . .                                                   | 227 |
| A. Srebro . . . . .                                                                   | 227 |
| 1. Występowanie i otrzymywanie . . . . .                                              | 227 |
| 2. Własności srebra . . . . .                                                         | 228 |
| 3. Zastosowanie srebra . . . . .                                                      | 231 |
| B. Stopy srebra . . . . .                                                             | 232 |
| 1. Wiadomości ogólne . . . . .                                                        | 232 |
| 2. Najważniejsze układy podwójne i potrójne stopów srebra z innymi metalami . . . . . | 232 |
| 3. Własności stopów srebra . . . . .                                                  | 233 |
| 4. Zastosowanie stopów srebra . . . . .                                               | 236 |
| § 12. Platynowce i ich stopy . . . . .                                                | 237 |
| A. Platynowce . . . . .                                                               | 237 |

# METALE NIEŻELAZNE I ICH STOPY

|                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Występowanie i otrzymywanie . . . . .                                       | 237 |
| 2. Własności platynowców . . . . .                                             | 237 |
| 3. Zastosowanie platynowców . . . . .                                          | 239 |
| B. Stopy platynowców . . . . .                                                 | 240 |
| 1. Wiadomości ogólne . . . . .                                                 | 240 |
| 2. Własności i zastosowanie stopów platynowców . . . . .                       | 240 |
| § 13. Metale wysoko topliwe . . . . .                                          | 242 |
| 1. Wolfram . . . . .                                                           | 242 |
| 2. Molibden . . . . .                                                          | 250 |
| 3. Tantal . . . . .                                                            | 253 |
| 4. Niob . . . . .                                                              | 255 |
| 5. Chrom . . . . .                                                             | 256 |
| 6. Cyrkon . . . . .                                                            | 257 |
| 7. Tytan . . . . .                                                             | 258 |
| 8. Wanad . . . . .                                                             | 259 |
| § 14. Inne metale . . . . .                                                    | 260 |
| 1. Antymon . . . . .                                                           | 260 |
| 2. Beryl . . . . .                                                             | 261 |
| 3. Bizmut . . . . .                                                            | 262 |
| 4. Rtęć . . . . .                                                              | 263 |
| 5. Sód . . . . .                                                               | 264 |
| 6. Potas . . . . .                                                             | 264 |
| 7. Cez . . . . .                                                               | 265 |
| 8. Lit . . . . .                                                               | 265 |
| 9. Wapń . . . . .                                                              | 265 |
| 10. Bar . . . . .                                                              | 265 |
| 11. Mangan . . . . .                                                           | 265 |
| 12. Ind . . . . .                                                              | 266 |
| 13. Gal . . . . .                                                              | 266 |
| 14. German . . . . .                                                           | 266 |
| 15. Arsen . . . . .                                                            | 267 |
| ROZDZIAŁ VII. STOPY SPECJALNE . . . . .                                        | 268 |
| § 1. Stopy łożyskowe . . . . .                                                 | 268 |
| 1. Wiadomości wstępne . . . . .                                                | 268 |
| 2. Stopy o osnowie cynowej . . . . .                                           | 269 |
| 3. Stopy o osnowie ołowiowej . . . . .                                         | 272 |
| 4. Brązy cynowe . . . . .                                                      | 277 |
| 5. Brązy ołowiowe . . . . .                                                    | 279 |
| 6. Alumińowe i magnezowe stopy łożyskowe . . . . .                             | 281 |
| 7. Kadmowe stopy łożyskowe . . . . .                                           | 284 |
| 8. Cynkowe stopy łożyskowe . . . . .                                           | 288 |
| 9. Żeliwo jako materiał łożyskowy . . . . .                                    | 291 |
| 10. Srebro jako materiał łożyskowy . . . . .                                   | 292 |
| 11. Materiały na łożyska porowate . . . . .                                    | 293 |
| § 2. Luty i stopy nisko topliwe . . . . .                                      | 296 |
| A. Luty . . . . .                                                              | 296 |
| 1. Własności techniczne i technologiczne lutów . . . . .                       | 296 |
| 2. Luty miękkie . . . . .                                                      | 297 |
| 3. Luty (spoiwa) twarde . . . . .                                              | 300 |
| 4. Luty jubilerskie . . . . .                                                  | 306 |
| 5. Luty do stopów lekkich . . . . .                                            | 306 |
| B. Stopy nisko topliwe i stopy „Matrix“ . . . . .                              | 308 |
| § 3. Stopy stosowane w elektrotechnice . . . . .                               | 310 |
| 1. Stopy przewodowe . . . . .                                                  | 311 |
| 2. Materiały oporowe . . . . .                                                 | 311 |
| 3. Metale i stopy stosowane na termometry oporowe i termoelektryczne . . . . . | 319 |
| 4. Metale próżniowe . . . . .                                                  | 323 |

# SPIS TREŚCI

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| 5. Materiały stykowe . . . . .               | 334 |
| 6. Materiały magnetyczne . . . . .           | 338 |
| § 4. Stopy drukarskie . . . . .              | 353 |
| 1. Wiadomości ogólne . . . . .               | 353 |
| 2. Składniki stopów drukarskich . . . . .    | 354 |
| 3. Własności stopów drukarskich . . . . .    | 356 |
| 4. Zastosowanie stopów drukarskich . . . . . | 357 |

## ROZDZIAŁ VIII. STOPY ŻAROODPORNE I ŻAROWYTRZY- MAŁE . . . . . 360

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| § 1. Stopy żaroodporne . . . . .                                           | 360 |
| 1. Wiadomości ogólne . . . . .                                             | 360 |
| 2. Stale żaroodporne . . . . .                                             | 362 |
| 3. Żaroodporne materiały spiekane . . . . .                                | 362 |
| § 2. Stopy żarowytrzymałe . . . . .                                        | 364 |
| 1. Wiadomości ogólne . . . . .                                             | 364 |
| 2. Własności stopów żarowytrzymałych . . . . .                             | 365 |
| 3. Wpływ struktury i składu chemicznego na żaro-<br>wytrzymałość . . . . . | 366 |
| 4. Klasyfikacja stopów żarowytrzymałych . . . . .                          | 368 |

## ROZDZIAŁ IX. KOROZJA METALI . . . . . 370

|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| § 1. Podstawowe wiadomości o korozji metali . . . . .                                  | 370 |
| 1. Klasyfikacja rodzajów korozji . . . . .                                             | 370 |
| 2. Korozja chemiczna . . . . .                                                         | 371 |
| 3. Korozja elektrochemiczna . . . . .                                                  | 373 |
| 4. Szybkość i rozprzestrzenianie się korozji . . . . .                                 | 382 |
| 5. Własności ośrodka agresywnego . . . . .                                             | 383 |
| 6. Wpływ własności materiału na korozję . . . . .                                      | 386 |
| 7. Układ okresowy pierwiastków a korozja . . . . .                                     | 388 |
| § 2. Ochrona przed korozją . . . . .                                                   | 390 |
| 1. Wiadomości ogólne . . . . .                                                         | 390 |
| 2. Wytworzenie materiałów odpornych na korozję . . . . .                               | 391 |
| 3. Usuwanie agresywnych składników z ośrodka lub<br>zastosowanie inhibitorów . . . . . | 392 |
| 4. Ochrona katodowa . . . . .                                                          | 392 |
| 5. Zastosowanie powłok metalowych . . . . .                                            | 392 |
| 6. Wytworzenie na powierzchni powłok niemetal-<br>icznych . . . . .                    | 393 |
| 7. Badanie korozji . . . . .                                                           | 393 |

|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tablica własności fizycznych składników występujących w sto-<br>pach metali . . . . . | 395 |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| SPIS NAZWISK . . . . .       | 399 |
| SKOROWIDZ RZECZOWY . . . . . | 401 |