

# Obsah

|                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Úvod . . . . .                                                                    | 9         |
| <b>1. Příprava polyesterů . . . . .</b>                                           | <b>10</b> |
| 1.1 Základní pojmy . . . . .                                                      | 10        |
| 1.1.1 Historický vývoj . . . . .                                                  | 11        |
| 1.2 Způsoby přípravy polyesterů . . . . .                                         | 12        |
| 1.3 Polyesterifikace . . . . .                                                    | 12        |
| 1.3.1 Způsoby polyesterifikace . . . . .                                          | 12        |
| 1.3.2 Vliv struktury výchozích látek na schopnost polyesterifikace . . . . .      | 14        |
| 1.3.3 Mechanismus polyesterifikace . . . . .                                      | 21        |
| 1.3.4 Kinetika polyesterifikace . . . . .                                         | 30        |
| 1.3.5 Trojrozměrná polyesterifikace . . . . .                                     | 34        |
| 1.3.6 Vliv podmínek polyesterifikace . . . . .                                    | 35        |
| 1.3.6.1 Polyesterifikace v tavenině . . . . .                                     | 37        |
| 1.3.6.2 Polyesterifikace v roztoku . . . . .                                      | 38        |
| 1.3.6.3 Mezifázová polyesterifikace . . . . .                                     | 39        |
| 1.4 Polyadice anhydridů a epoxidů . . . . .                                       | 44        |
| 1.5 Příprava polyesterů polymerací . . . . .                                      | 45        |
| 1.5.1 Polymerace cyklických esterů . . . . .                                      | 45        |
| 1.5.2 Polymerace nenasyčených esterů . . . . .                                    | 48        |
| 1.6 Další metody přípravy polyesterů . . . . .                                    | 50        |
| 1.7 Aparaturní zařízení pro přípravu polyesterů . . . . .                         | 50        |
| 1.7.1 Laboratorní zařízení . . . . .                                              | 50        |
| 1.7.2 Výrobní zařízení . . . . .                                                  | 53        |
| Literatura . . . . .                                                              | 65        |
| <b>2. Chemické vlastnosti polyesterů . . . . .</b>                                | <b>70</b> |
| 2.1 Reakce esterové skupiny . . . . .                                             | 70        |
| 2.1.1 Hydrolýza . . . . .                                                         | 70        |
| 2.1.2 Alkoholyza (přeesterifikace) . . . . .                                      | 72        |
| 2.1.3 Acidolýza . . . . .                                                         | 73        |
| 2.1.4 Aminolýza . . . . .                                                         | 74        |
| 2.1.5 Esterolýza . . . . .                                                        | 75        |
| 2.2 Reakce koncových skupin polyesterů . . . . .                                  | 76        |
| 2.3 Tepelná degradace polyesterů . . . . .                                        | 77        |
| Literatura . . . . .                                                              | 80        |
| <b>3. Charakteristika polyesterů . . . . .</b>                                    | <b>82</b> |
| 3.1 Stanovení relativní molekulové hmotnosti polyesterů . . . . .                 | 82        |
| 3.1.1 Stanovení relativní molekulové hmotnosti metodou koncových skupin . . . . . | 83        |
| 3.1.2 Stanovení relativní molekulové hmotnosti osmometricky . . . . .             | 85        |
| 3.1.3 Stanovení relativní molekulové hmotnosti viskozimetricky . . . . .          | 86        |
| 3.1.4 Stanovení relativní molekulové hmotnosti metodou rozptylu světla . . . . .  | 90        |
| 3.2 Frakcionace a distribuce relativních molekulových hmotností . . . . .         | 93        |

|           |                                                                                  |            |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.3       | Vliv relativní molekulové hmotnosti na fyzikální vlastnosti polyesterů . . . . . | 99         |
| 3.4       | Krystalizace polyesterů . . . . .                                                | 100        |
| 3.5       | Teplota tání polyesterů . . . . .                                                | 104        |
| 3.6       | Teplota skelného přechodu polyesterů . . . . .                                   | 107        |
|           | Literatura . . . . .                                                             | 109        |
| <b>4.</b> | <b>Lineární polyesterý . . . . .</b>                                             | <b>112</b> |
| 4.1       | Polyesterová změkčovadla . . . . .                                               | 112        |
| 4.2       | Polyethylentereftalát . . . . .                                                  | 116        |
| 4.2.1     | Úvod . . . . .                                                                   | 116        |
| 4.2.2     | Suroviny . . . . .                                                               | 119        |
| 4.2.3     | Způsob výroby polyethylentereftalátu . . . . .                                   | 121        |
| 4.2.3.1   | Příprava bis(hydroxyethyl)tereftalátu . . . . .                                  | 123        |
| 4.2.3.2   | Příprava polyethylentereftalátu . . . . .                                        | 125        |
| 4.2.3.3   | Příprava zrněného polyethylentereftalátu . . . . .                               | 138        |
| 4.2.3.4   | Modifikace polyethylentereftalátu . . . . .                                      | 139        |
| 4.2.3.5   | Regenerace surovin z odpadu . . . . .                                            | 140        |
| 4.2.4     | Vlastnosti polyethylentereftalátu . . . . .                                      | 140        |
| 4.2.4.1   | Základní vlastnosti . . . . .                                                    | 141        |
| 4.2.4.2   | Způsoby stanovení základních vlastností . . . . .                                | 144        |
| 4.2.5     | Výroba vláken a fólií z polyethylentereftalátu . . . . .                         | 145        |
| 4.2.6     | Polyalkylentereftaláty jako konstrukční materiály . . . . .                      | 150        |
| 4.3       | Polykarbonáty . . . . .                                                          | 153        |
| 4.3.1     | Úvod . . . . .                                                                   | 153        |
| 4.3.2     | Syntéza polykarbonátů . . . . .                                                  | 155        |
| 4.3.2.1   | Suroviny . . . . .                                                               | 157        |
| 4.3.2.2   | Modifikované polykarbonáty . . . . .                                             | 163        |
| 4.3.2.3   | Zesítené polykarbonáty . . . . .                                                 | 164        |
| 4.3.3     | Způsob výroby polykarbonátů . . . . .                                            | 165        |
| 4.3.3.1   | Příprava polykarbonátů přeesterifikací . . . . .                                 | 165        |
| 4.3.3.2   | Příprava polykarbonátů přímou fosgenací . . . . .                                | 169        |
| 4.3.3.3   | Izolace polykarbonátů z roztoků . . . . .                                        | 175        |
| 4.3.3.4   | Kontinuální příprava polykarbonátů . . . . .                                     | 175        |
| 4.3.3.5   | Zhodnocení výrobních postupů . . . . .                                           | 176        |
| 4.3.4     | Vlastnosti polykarbonátů . . . . .                                               | 177        |
| 4.3.5     | Zpracování polykarbonátů . . . . .                                               | 189        |
| 4.4       | Další aplikace lineárních polyesterů . . . . .                                   | 194        |
| 4.4.1     | Polyestery pro práškové nátěrové hmoty . . . . .                                 | 194        |
| 4.4.2     | Polyestery jako sorpční materiály pro plynovou chromatografii . . . . .          | 199        |
| 4.4.3     | Polyesterová tavná lepidla . . . . .                                             | 201        |
|           | Literatura . . . . .                                                             | 203        |
| <b>5.</b> | <b>Jednoduché alkydy . . . . .</b>                                               | <b>209</b> |
| 5.1       | Alkydy používané jako modifikující složky laků . . . . .                         | 209        |
| 5.2       | Elektroizolační laky na bázi tereftalových alkydů . . . . .                      | 212        |
| 5.3       | Polyesterimidové laky . . . . .                                                  | 217        |
| 5.4       | Alkydy jako složky polyurethanů . . . . .                                        | 220        |
|           | Literatura . . . . .                                                             | 228        |
| <b>6.</b> | <b>Alkydy modifikované mastnými kyselinami nebo oleji . . . . .</b>              | <b>230</b> |
| 6.1       | Příprava alkydů modifikovaných oleji . . . . .                                   | 232        |
| 6.1.1     | Jednostupňový postup . . . . .                                                   | 232        |
| 6.1.2     | Vysokopolymerní technika . . . . .                                               | 233        |
| 6.1.3     | Alkydy modifikované ricinovým olejem . . . . .                                   | 234        |
| 6.1.4     | Azeotropní nebo rozpouštědlový způsob přípravy alkydů . . . . .                  | 235        |

|         |                                                                                 |     |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.1.5   | Dvoustupňový postup                                                             | 236 |
| 6.1.5.1 | Alkoholýza triglyceridů glycerolem (příprava monoglyceridů)                     | 236 |
| 6.1.5.2 | Alkoholýza triglyceridů pentaerythritolem                                       | 240 |
| 6.1.5.3 | Alkoholýza triglyceridů dioly                                                   | 245 |
| 6.1.5.4 | Polyesterifikace                                                                | 246 |
| 6.1.5.5 | Acidolýza triglyceridů                                                          | 247 |
| 6.2     | Vlastnosti alkydů                                                               | 248 |
| 6.2.1   | Vlastnosti alkydů v závislosti na jejich složení                                | 248 |
| 6.2.2   | Struktura alkydových pryskyřic                                                  | 253 |
| 6.3     | Suroviny pro výrobu alkydů                                                      | 255 |
| 6.3.1   | Dikarboxylové kyseliny                                                          | 255 |
| 6.3.2   | Polyalkoholy                                                                    | 260 |
| 6.3.3   | Oleje a mastné kyseliny                                                         | 268 |
| 6.3.3.1 | Vztahy mezi vlastnostmi alkydů a vlastnostmi modifikujících<br>mastných kyselin | 281 |
| 6.4     | Výrobní technologie                                                             | 283 |
| 6.4.1   | Výpočet navážky                                                                 | 283 |
| 6.4.2   | Příklady výrobních postupů                                                      | 292 |
| 6.5     | Speciální alkydy                                                                | 293 |
| 6.5.1   | Styrenované alkydy                                                              | 293 |
| 6.5.2   | Akrylované alkydy                                                               | 296 |
| 6.5.3   | Silikonované alkydy                                                             | 297 |
| 6.5.4   | Thixotropní alkydy                                                              | 298 |
| 6.5.5   | Alkydy modifikované organickými sloučeninami hliníku                            | 301 |
| 6.5.6   | Alkydy rozpustné ve vodě a alkydové emulze                                      | 302 |
| 6.5.7   | Urethanové alkydy                                                               | 306 |
| 6.6     | Obchodní typy alkydů                                                            | 307 |
| 6.7     | Analýza alkydových pryskyřic                                                    | 308 |
| 6.7.1   | Kvalitativní analýza                                                            | 308 |
| 6.7.2   | Kvantitativní analýza                                                           | 312 |
| 6.7.3   | Stanovení obecných charakteristik alkydů                                        | 319 |
| 6.8     | Zpracování a použití alkydů                                                     | 321 |
|         | Literatura                                                                      | 332 |
| 7.      | Nenasycené polyesterové pryskyřice                                              | 344 |
| 7.1     | Příprava nenasyčených polyesterových pryskyřic                                  | 345 |
| 7.2     | Suroviny pro výrobu nenasyčených polyesterových pryskyřic                       | 349 |
| 7.2.1   | Nenasycené dikarboxylové kyseliny                                               | 349 |
| 7.2.2   | Modifikující dikarboxylové kyseliny                                             | 351 |
| 7.2.3   | Polyalkoholy                                                                    | 353 |
| 7.2.4   | Monomery                                                                        | 357 |
| 7.3     | Výrobní technologie                                                             | 360 |
| 7.4     | Speciální nenasyčené polyesterové pryskyřice                                    | 362 |
| 7.4.1   | Samozhášivé pryskyřice                                                          | 362 |
| 7.4.2   | Chemicky odolné pryskyřice                                                      | 366 |
| 7.4.3   | Pryskyřice s malým smrštěním                                                    | 369 |
| 7.4.4   | Polyesterakryláty                                                               | 370 |
| 7.4.5   | Diallylftalátové pryskyřice                                                     | 372 |
| 7.5     | Vytvrzování nenasyčených polyesterových pryskyřic a jejich<br>vlastnosti        | 374 |
| 7.5.1   | Iniciátory                                                                      | 377 |
| 7.5.2   | Urychlovače                                                                     | 383 |
| 7.5.3   | Speciální způsoby iniciace                                                      | 389 |
| 7.5.4   | Inhibitory                                                                      | 393 |
| 7.5.5   | Vytvrzování v praxi                                                             | 399 |
| 7.5.6   | Stálost polyesterových pryskyřic na světle a jejich stabilizace                 | 405 |

|       |                                                                                |            |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.5.7 | Struktura vytvrzených polyesterových pryskyřic . . . . .                       | 406        |
| 7.5.8 | Vlastnosti vytvrzených polyesterových pryskyřic . . . . .                      | 407        |
| 7.5.9 | Obchodní typy pryskyřic a katalyzátorů . . . . .                               | 414        |
| 7.6   | Analýza nenasyčených polyesterových pryskyřic . . . . .                        | 418        |
| 7.6.1 | Stanovení dikarboxylových kyselin . . . . .                                    | 418        |
| 7.6.2 | Stanovení polyalkoholů . . . . .                                               | 423        |
| 7.6.3 | Stanovení monomerů v pryskyřicích . . . . .                                    | 424        |
| 7.6.4 | Stanovení charakteristik nenasyčených polyesterových pryskyřic . . . . .       | 425        |
| 7.7   | Polyesterové vyztužené hmoty . . . . .                                         | 429        |
| 7.7.1 | Ztužující materiály . . . . .                                                  | 429        |
| 7.7.2 | Plniva, pigmenty a barviva . . . . .                                           | 434        |
| 7.7.3 | Příprava polyesterových skelných laminátů . . . . .                            | 435        |
| 7.7.4 | Vlastnosti polyesterových skelných laminátů . . . . .                          | 442        |
| 7.7.5 | Praktické aplikace polyesterových skelných laminátů . . . . .                  | 446        |
| 7.7.6 | Polyesterové dekorační lamináty . . . . .                                      | 447        |
| 7.7.7 | Polyesterové lisovací hmoty . . . . .                                          | 447        |
| 7.8   | Polyesterové nátěrové hmoty . . . . .                                          | 454        |
| 7.8.1 | Příprava laků z nenasyčených polyesterových pryskyřic . . . . .                | 454        |
| 7.8.2 | Vlastnosti a zpracování polyesterových laků . . . . .                          | 458        |
| 7.9   | Další použití nevyztužených polyesterových pryskyřic a hygiena práce . . . . . | 464        |
| 7.9.1 | Nevyztužené desky . . . . .                                                    | 464        |
| 7.9.2 | Zalévání . . . . .                                                             | 466        |
| 7.9.3 | Pryskyřice plněné vodou . . . . .                                              | 467        |
| 7.9.4 | Hygiena práce při zpracování polyesterových pryskyřic . . . . .                | 468        |
|       | Literatura . . . . .                                                           | 470        |
| 8.    | <b>Polyestery z terpendienových aduktů . . . . .</b>                           | <b>489</b> |
| 8.1   | Maleinátové pryskyřice . . . . .                                               | 489        |
| 8.2   | Polyestery z jiných aduktů . . . . .                                           | 492        |
| 8.3   | Suroviny pro výrobu maleinátových pryskyřic . . . . .                          | 493        |
|       | Literatura . . . . .                                                           | 497        |
|       | Rejstřík . . . . .                                                             | 498        |