
Spis treści

Wykaz ważniejszych symboli – 9

Wstęp – 13

Część pierwsza

PODSTAWY TEORETYCZNE RUCHU MASY

1 Równowaga gaz–ciecz – 15

- 1.1. Wprowadzenie – 15
- 1.2. Sposoby wyrażania składu chemicznego i właściwości płynów – 15
- 1.3. Obszar międzyfazowy – 18
- 1.4. Termodynamika równowag gaz–ciecz – 19

2 Dyfuzja – 29

- 2.1. Prędkość przepływu płynu wieloskładnikowego – 29
- 2.2. Gęstość strumienia masowego i strumienie dyfuzji składnika — definicje – 30
- 2.3. Równania konstytutywne. Gęstość strumienia dyfuzji składnika – 33
 - 2.3.1. Równania dyfuzji – 33
 - 2.3.2. Równania konstytutywne dyfuzji w płynach rzeczywistych. Uogólnione równania dyfuzji Stefana-Maxwella – 36
 - 2.3.3. Metody obliczania uogólnionych współczynników dyfuzji Stefana-Maxwella – 39

3 Równania bilansowe płynu – 58

- 3.1. Wprowadzenie – 58
- 3.2. Szybkość homogenicznej reakcji chemicznej – 59
- 3.3. Równania bilansu ilości substancji – 60
- 3.4. Pozostałe równania bilansowe i konstytutywne – 61

- 3.4.1. Bilans pędu i tensor ciśnienia – 61
- 3.4.2. Bilans energii i gęstość strumienia ciepła – 63
- 3.5. Ustalony jednowymiarowy ruch masy w warstwie gazu – 65
- 3.5.1. Rozważania ogólne – 65
- 3.5.2. Dyfuzja dwuskładnikowa równomolowa – 71
- 3.5.3. Dyfuzja pojedynczego składnika przez inert – 73
- 3.5.4. Dyfuzja wieloskładnikowa — rozwiązanie ogólne – 76
- 3.6. Nieustalony jednowymiarowy ruch masy w półnieskończonym ośrodku gazowym – 90
- 3.6.1. Dyfuzja dwuskładnikowa — rozwiązanie ogólne i wybrane przypadki szczególne – 90
- 3.6.2. Dyfuzja wieloskładnikowa — rozwiązanie ogólne przybliżone – 94
- 3.7. Ustalony jednowymiarowy ruch masy w warstwie płynu rzeczywistego – 96
- 3.8. Ustalony jednowymiarowy, jednoczesny ruch masy i ciepła w warstwie płynu – 99

4 Wymiana masy w ruchu burzliwym – 104

- 4.1. Praktyczne możliwości stosowania równań bilansowych. Transport burzliwy – 104
- 4.2. Modele wnikania masy – 106
- 4.2.1. Model błonkowy – 107
- 4.2.2. Modele penetracyjne (odnawiania powierzchni) – 109
- 4.2.3. Modele warstwy granicznej – 110
- 4.2.4. Ogólne uwagi o modelach wnikania – 113
- 4.3. Współczynnik wnikania masy – 114
- 4.4. Przenikanie masy w absorpcji fizycznej – 117
- 4.4.1. Obszar międzyfazowy – 117
- 4.4.2. Współczynnik przenikania masy – 121
- 4.4.3. Obliczanie przenikania masy – 125

5 Równoczesny ruch masy z reakcją chemiczną – 147

- 5.1. Wprowadzenie – 147
- 5.2. Mechanizm procesu absorpcji z reakcją chemiczną – 148
- 5.3. Kinetyka absorpcji wieloskładnikowej dla złożonych układów reakcyjnych – 150
- 5.4. Kinetyka absorpcji składnika A z równoczesną reakcją chemiczną składnika B zawartym w fazie ciekłej (reakcja II rzędu) – 153
- 5.5. Szybkość absorpcji z reakcją chemiczną przy uwzględnieniu oporu ruchu w fazie gazowej – 169

6 Desorpcja – 174

- 6.1. Mechanizmy desorpcji – 174
- 6.2. Desorpcja przez dyfuzję – 177
- 6.3. Równoczesna absorpcja fizyczna i desorpcja. Efekt przesycenia – 179
- 6.4. Kinetyka nukleacji – 182
- 6.5. Desorpcja gazów powstałych w fazie ciekłej w wyniku reakcji chemicznej – 184
- 6.6. Kinetyka równoczesnej desorpcji i absorpcji z reakcją chemiczną – 185

7 Różniczkowe równania bilansu aparatu – 195

- 7.1. Wprowadzenie – 195
- 7.2. Bilanse ilości substancji dla mieszanin wieloskładnikowych – 198

- 7.2.1. Bilanse fazy gazowej – 198
- 7.2.2. Bilanse fazy ciekłej – 200
- 7.2.3. Bilanse masy dla mieszanin dwuskładnikowych – 201
- 7.3. Bilanse energii – 203
- 7.3.1. Bilans fazy gazowej – 203
- 7.3.2. Bilans fazy ciekłej – 205
- 7.3.3. Bilanse energii dla układów dwuskładnikowych – 206
- 7.3.4. Uwagi końcowe – 207

Część druga

OBLICZENIA BILANSOWE

8 Wprowadzenie do obliczeń absorberów – 209

- 8.1. Wstęp – 209
- 8.2. Podstawowa charakterystyka absorberów – 210
- 8.3. Bilans masy absorbera (procesy fizyczne dla dwuskładnikowych układów rozcieńczonych) – 214
- 8.4. Średnia siła napędowa procesu absorpcji – 223
- 8.5. Bilans masy dla absorpcji czystych gazów – 225
- 8.6. Warunki stosowania absorpcji chemicznej – 226
- 8.7. Efekty cieplne w procesie absorpcji – 228
- 8.8. Obliczenia desorberów – 230
- 8.9. Metodologia obliczeń absorberów – 231
- 8.9.1. Wprowadzenie – 231
- 8.9.2. Algorytm obliczeń nowego absorbera – 232
- 8.9.3. Zmiany parametrów pracy absorbera – 234

9 Kolumny wypełnione – 236

- 9.1. Wprowadzenie – 236
- 9.2. Hydrodynamika kolumn wypełnionych – 242
- 9.2.1. Zjawisko rozptywu cieczy na wypełnieniu i rozkład czasów przebywania w kolumnie wypełnionej – 242
- 9.2.2. Zatrzymanie cieczy na wypełnieniu – 244
- 9.2.3. Zjawisko zalewania kolumny. Spadek ciśnienia w kolumnach wypełnionych – 246
- 9.2.4. Powierzchnia wymiany masy – 249
- 9.3. Współczynniki wnikania masy – 252
- 9.4. Współprądowy przepływ faz – 255
- 9.5. Równania bilansowe kolumn wypełnionych – 256
- 9.6. Modelowanie kolumn przemysłowych – 293

10 Kolumny półkowe – 301

- 10.1. Wprowadzenie – 301
- 10.2. Hydrodynamika półek sitowych z przelewami – 308
- 10.3. Wymiana masy na półce – 316
- 10.3.1. Współczynnik wnikania masy – 316

- 10.3.2. Sposoby obliczania przenoszenia masy w kolumnach półkowych – 318
- 10.4. Stopnie kontaktu – 319
- 10.4.1. Sprawność stopni – 319
- 10.4.2. Sprawność lokalna półki a współczynnik wnikania masy – 321
- 10.4.3. Zależność między sprawnością półki Murphree’go i sprawnością lokalną – 322
- 10.4.4. Inne definicje sprawności półki – 326
- 10.4.5. Metoda Kremsera-Soudersa-Browna obliczania kolumn półkowych – 327
- 10.5. Metoda obliczeń kolumn półkowych wykorzystujące pojęcie sprawności stopnia – 332
- 10.6. Metody dyfuzyjne obliczania kolumn półkowych – 341

11 Absorbery barbotażowe – 368

- 11.1. Wprowadzenie – 368
- 11.2. Hydrodynamika kolumn barbotażowych – 369
- 11.3. Współczynniki wnikania masy w kolumnach barbotażowych – 374
- 11.4. Równania bilansowe dla kolumn barbotażowych – 375
- 11.4.1. Bilanse fazy gazowej – 375
- 11.4.2. Bilanse fazy ciekłej – 376
- 11.4.3. Równania obliczeniowe – 376

12 Dodatki – 383

- 12.1. Rozwiązywanie układów równań algebraicznych – 383
- 12.1.1. Układy równań liniowych o macierzy blokowo trójdzielnej – 383
- 12.1.2. Układy nieliniowych równań algebraicznych – 385
- 12.2. Układy równań różniczkowych zwyczajnych – 389
- 12.2.1. Zagadnienie początkowe – 389
- 12.2.2. Zagadnienie brzegowe – 390

Skorowidz – 397