

Spis treści

Oznaczenia.....	9
Wstęp	15
1. Modelowanie procesów i operacji w produkcji wyrobów ceramicznych.....	17
1.1. Cel modelowania procesów i operacji zachodzących podczas produkcji wyrobów ceramicznych	17
1.2. Wybór sposobu określenia punktu pracy linii technologicznej	19
1.3. Opis procesu chemicznego zachodzącego w składniku linii technologicznej	19
1.3.1. Model idealnego przepływu tłokowego.....	20
1.3.2. Model idealnego wymieszania	20
1.3.3. Model przepływu dyspersyjnego.....	20
1.4. Przykład obliczeniowy – produkcja cegły wapienno-piaskowej typu 1 NF.....	21
1.4.1. Wybór technologii produkcji.....	21
1.4.2. Procesy chemiczne i operacje jednostkowe przeprowadzane na wsadzie podczas produkcji	22
1.4.3. Charakterystyki strumieni wsadu przed i po zakończeniu procesów chemicznych i operacji jednostkowych.....	23
1.4.4. Jakość produkowanych wyrobów.....	25
1.4.5. Charakterystyki maszyn i urządzeń	25
1.4.6. Wyznaczenie punktu pracy linii produkcyjnej („wąskie gardło”).....	27
1.4.7. Autoklawizacja	27
1.4.8. Bilans masowy.....	28
1.4.9. Aspekty energetyczne pracy linii produkującej cegłę wapienno-piaskową 1 NF	32
1.4.10. Kierunki optymalizacji linii produkcji wyrobów wapienno-piaskowych	33
1.5. Przykład obliczeniowy – produkcja szkła opakowaniowego (słoje)	34
1.5.1. Produkt (opakowanie szklane).....	34
1.5.2. Surowce do produkcji szkła.....	35
1.5.3. Procesy chemiczne i operacje jednostkowe wykonywane na wsadzie	37
1.5.4. Charakterystyki strumieni wsadu przed i po zakończeniu procesów chemicznych oraz operacji jednostkowych	39

1.5.5. Charakterystyki maszyn i urządzeń.....	41
1.5.6. Jakość produkowanych wyrobów.....	42
1.5.7. Wyznaczenie punktu pracy linii produkcyjnej („wąskie gardło”).....	43
1.5.8. Topienie zestawu szklarskiego.....	43
1.5.9. Bilans masowy.....	46
1.5.10. Aspekty energetyczne pracy pieca szklarskiego.....	48
1.5.11. Kierunki optymalizacji linii produkcji słoí szklanych.....	49
1.6. Przykład obliczeniowy – model matematyczny przepływu szkła w zasilaczu.....	51
1.6.1. Działanie zasilacza.....	51
1.6.2. Model matematyczny pracy zasilacza.....	52
1.6.2.1. Równania modelu przepływu masy szklanej w zasilaczu.....	52
1.6.2.2. Rozwiązanie układu równań modelu.....	54
1.6.2.3. Przykładowe wyniki obliczeń przepływu masy szklanej w zasilaczu.....	55
1.7. Literatura.....	57
1.8. Pytania i problemy do rozwiązania.....	58
2. Model matematyczny ustalonej wymiany ciepła w komorze pieca.....	60
2.1. Metoda strefowa obliczeń wymiany ciepła.....	60
2.2. Model wymiany ciepła w piecu komorowym.....	62
2.3. Uproszczony model matematyczny nagrzewania wsadu w komorze pieca	64
2.4. Metoda powierzchni pozornych obliczeń wymiany ciepła.....	65
2.4.1. Metoda powierzchni pozornych przy zadanych temperaturach gazu i ścian komory.....	67
2.4.2. Metoda powierzchni pozornych w przypadku braku rozkładów temperatur gazu i powierzchni komory.....	68
2.5. Promieniowanie płomienia.....	69
2.6. Temperatura płomienia.....	70
2.7. Równoczesne promieniowanie gazów i płomienia.....	71
2.8. Przykład obliczeniowy – wartość opałowa gazu i skład spalin wilgotnych	72
2.9. Przykład obliczeniowy – adiabatyczna temperatura spalania.....	76
2.10. Przykład obliczeniowy – zastępcza emisyjność płomienia.....	79
2.11. Przykład obliczeniowy – temperatura płomienia.....	79
2.12. Przykład obliczeniowy – emisyjność spalin.....	80
2.13. Przykład obliczeniowy – zastępcza emisyjność bryły gazowej.....	81
2.14. Przykład obliczeniowy – absorpcyjność spalin.....	81
2.15. Przykład obliczeniowy – przezroczystość bryły gazowej.....	82
2.16. Przykład obliczeniowy – współczynniki konfiguracji.....	82
2.17. Przykład obliczeniowy – prawo zamkniętości.....	85
2.18. Przykład obliczeniowy – prawo wzajemności.....	85
2.19. Przykład obliczeniowy – konwekcyjny współczynnik wnikanía ciepła.....	86
2.20. Przykład obliczeniowy – strumień ciepła wnijkający do wsadu i ścian komory.....	87
2.21. Przykład obliczeniowy – metoda bilansów strefowych.....	88

2.22. Przykład obliczeniowy – bilans cieplny pieca	90
2.23. Literatura	91
2.24. Pytania i problemy do rozwiązania	92
3. Strugi w ograniczonej przestrzeni	93
3.1. Strugi w komorach urządzeń grzewczych	93
3.2. Struga	96
3.3. Pole prędkości strugi	98
3.4. Porywanie	100
3.5. Zastępcza średnica dyszy	101
3.6. Rozszerzanie się turbulentnej strugi swobodnej	102
3.7. Współdziałanie strug	105
3.7.1. Strugi współprądowe i przeciwprądowe	105
3.7.2. Rozszerzanie się turbulentnej strugi współdziałającej ze współprądową lub przeciwprądową strugą płynu w otoczeniu	107
3.7.3. Rozszerzanie się turbulentnej strugi wpływającej pod kątem do strumienia przemieszczającego się płynu otoczenia	110
3.8. Struga w przestrzeni ograniczonej	112
3.9. Literatura	117
3.10. Pytania i problemy do rozwiązania	118
4. Model matematyczny nagrzewania we współprądzie i przeciwprądzie	120
4.1. Charakterystyka przeciwprądu i współprądu	120
4.2. Średni spadek temperatury czynników	122
4.3. Uwzględnienie zmienności wartości współczynnika przenikania ciepła k	126
4.4. Zmiany temperatury czynników wzdłuż wymiennika	126
4.5. Temperatura ścianki rozdzielającej czynniki	132
4.6. Zależności między średnimi spadkami temperatury	133
4.6.1. Przykład obliczeniowy – trzy średnie dwóch różnych liczb	134
4.6.2. Przykład obliczeniowy – porównanie średnich różnic temperatur	136
4.6.3. Przykład obliczeniowy – temperatura ścianki rozdzielającej czynniki	137
4.6.4. Przykład obliczeniowy – powierzchnia wymiany ciepła w wymienniku przeciwprądowym	139
4.6.5. Przykład obliczeniowy – powierzchnia wymiany ciepła w wymienniku współprądowym	139
4.6.6. Przykład obliczeniowy – weryfikacja rodzaju wymiennika	140
4.7. Literatura	142
4.8. Pytania i problemy do rozwiązania	142
5. Modelowanie reaktora fluidalnego	143
5.1. Fluidyzacja	143
5.2. Budowa reaktora fluidalnego	145
5.3. Faza stała złoża fluidalnego	145
5.4. Przykład obliczeniowy – wyznaczenie średnicy zastępczej złoża polidispersyjnego	146
5.5. Spadek ciśnienia czynnika fluidyzującego w warstwie fluidalnej	147

5.6.	Prędkość zawisania	149
5.7.	Minimalna prędkość fluidyzacji u_{mf}	150
5.8.	Przykład obliczeniowy – wyznaczenie minimalnej prędkości fluidyzacji.....	152
5.9.	Porowatość złoża fluidalnego w funkcji prędkości fluidyzacji.....	154
5.10.	Rodzaje złożów fluidalnych.....	154
5.10.1.	Wirowa warstwa fluidalna	155
5.11.	Wpływ wielkości ziaren i rozkładu wielkości ziaren fazy stałej na pracę złoża fluidalnego wytwarzanego gazem	157
5.12.	Elementy struktury złoża fluidalnego	158
5.13.	Trójfazowy model Kuniiego i Levenspiela złoża fluidalnego	161
5.14.	Równanie projektowe reaktora fluidalnego	164
5.15.	Wymiana ciepła w warstwie fluidalnej	165
5.15.1.	Sposoby transportu ciepła w gazowym złożu fluidalnym	165
5.15.2.	Wymiana ciepła we fluidalnym złożu pęcherzowym	169
5.16.	Przykład obliczeniowy – czas nagrzewania ziaren w warstwie fluidalnej.....	173
5.17.	Zalety i wady fluidyzacji.....	174
5.18.	Przykłady zastosowania fluidyzacji w technologiach przemysłu ceramicznego	174
5.18.1.	Wypalanie żwiru keramzytowego	174
5.18.2.	Suszenie fluidalne	176
5.19.	Literatura.....	178
5.20.	Pytania i problemy do rozwiązania.....	179
6.	Modelowanie niekatalitycznych reakcji w układzie płyn – ciało stałe	180
6.1.	Model pojedynczego pora z zachodzącą w nim niekatalityczną reakcją w układzie płyn – ciało stałe	182
6.2.	Model ogólny niekatalitycznej reakcji w układzie płyn – ciało stałe z transportem substratu A do wnętrza ziarna	184
6.3.	Model zapyłonego gazu	187
6.3.1.	Wprowadzenie	187
6.3.2.	Wpływ geometrii ośrodka porowatego na przepływ strumienia gazu w ośrodku porowatym	187
6.3.3.	Równania transportowanych strumieni gazu w ośrodku porowatym....	188
6.3.3.1.	Współczynniki wpływu geometrii ośrodka porowatego na transportowany strumień masy	188
6.3.3.2.	Dyfuzja Knudsenowa.....	188
6.3.3.3.	Transpiracja ciśnieniowa.....	189
6.3.3.4.	Dyfuzja molekularna.....	190
6.3.3.5.	Przepływ (dyfuzja) powierzchniowy	192
6.3.3.6.	Złożony strumień gazów	193
6.3.3.7.	Układ równań modelu gazu zapyłonego.....	193
6.4.	Model reakcji w układzie płyn – ciało stałe z transportem ciepła do przemieszczającej się granicy reakcyjnej	194
6.5.	Własności ciała porowatego.....	195
6.5.1.	Porowatość.....	196
6.5.1.1.	Modele porów	197

6.5.2. Przepuszczalność	198
6.5.3. Powierzchnia właściwa.....	199
6.5.4. Labiryntowość	200
6.6. Przykład obliczeniowy – jednowymiarowy model matematyczny rozkładu termicznego wapieni z przemieszczającą się granicą reakcyjną.....	202
6.6.1. Równanie bilansu masy dla przepływu CO ₂ przez warstwę wapna palonego podczas dekarbonatyzacji wapieni	202
6.6.2. Równanie bilansu ciepła w okresie nagrzewania bryły wapienia	205
6.6.3. Równanie bilansu ciepła dla frontu reakcji dysocjacji termicznej wapieni.....	206
6.6.4. Wyniki doświadczeń i obliczeń modelowych.....	207
6.6.5. Uwagi o jednowymiarowym modelu dekarbonatyzacji wapieni.....	214
6.7. Literatura.....	216
6.8. Pytania i problemy do rozwiązania	217
7. Dodatek	219
7.1. Pojemność cieplna właściwa wybranych związków nieorganicznych	219
7.2. Prawa, zasady, definicje i równania podstawowe	219
7.3. Literatura.....	221
Skorowidz	222