

Obsah

1 Úvod	8
1.1 Chemické inženýrství a chemická technologie	8
1.2 Systémy	8
1.3 Procesy	10
1.4 Metody chemického inženýrství	11
2 Základy bilancování	14
2.1 Bilance za konečné bilanční období	17
2.2 Bilance za diferenciální bilanční období	18
2.3 Materiálové bilance	19
2.4 Materiálové bilance bez chemické reakce	21
2.5 Materiálové bilance s chemickou reakcí	26
2.6 Úlohy	33
3 Základy hydromechanických procesů	37
3.1 Hydrostatika	38
3.2 Proudění tekutin	40
3.3 Bezrozměrná kritéria podobnosti	44
3.4 Proudění kapaliny horizontální trubkou kruhového průřezu	45
3.5 Proudění potrubím s nekruhovým průřezem	50
3.6 Proudění v porézních materiálech	51
3.7 Doprava kapalin	54
3.7.1 Charakteristika čerpadel a potrubí	57
3.7.2 Sací a výtlačná výška	65
3.8 Úlohy	67
4 Filtrace	70
4.1 Filtrační přepážky a některé typy filtrů	73
4.1.1 Filtrační přepážky	73
4.1.2 Některé typy vsádkových a kontinuálních filtrů	74
4.2 Bilance hmotnosti a objemu při filtraci	77
4.3 Kinetika koláčové filtrace	78
4.3.1 Filtrace při konstantní rychlosti	80
4.3.2 Filtrace při konstantním filtračním rozdílu tlaků	81
4.3.3 Filtrační konstanty	81
4.3.4 Promývání filtračního koláče	82
4.3.5 Filtrační cyklus	83
4.4 Úlohy	88

5	Usazování	90
5.1	Základní vztahy a definice	90
5.1.1	Síly působící na částici	90
5.1.2	Výpočet usazovací rychlosti izolované částice	92
5.1.3	Usazování nekulových částic	93
5.2	Usazováky	93
5.2.1	Bilance a výkon usazováku	94
5.2.2	Usazovací odstředivka	95
5.2.3	Cyklón	96
5.3	Úlohy	98
6	Fluidace	99
6.1	Tlaková ztráta fluidní vrstvy a některé definice	101
6.2	Práh fluidace kulových částic	102
6.3	Expanze rovnoměrné fluidní vrstvy kulových částic	102
6.4	Úlohy	103
7	Míchání	105
7.1	Modelování míchacích zařízení	110
7.2	Úlohy	113
8	Bilance entalpie	114
8.1	První věta termodynamická – bilance uzavřeného systému	116
8.2	Bilance entalpie otevřeného systému	117
8.3	Bilance entalpie pro diferenciální bilanční období	123
8.4	Změna entalpie se změnou teploty, tlaku a složení.	124
8.5	Změna entalpie se změnou skupenství	126
8.6	Úlohy	136
9	Základy sdílení tepla	139
9.1	Vedení tepla – Fourierova rovnice	140
9.1.1	Vedení tepla rovinnou stěnou	141
9.1.2	Vedení tepla složenou rovinnou stěnou	141
9.1.3	Vedení tepla válcovou stěnou	143
9.1.4	Vedení tepla složenou válcovou stěnou	145
9.2	Přestup tepla	145
9.2.1	Newtonův ochlazovací zákon	146
9.2.2	Fourierova-Kirchhoffova rovnice	147
9.2.3	Přestup tepla při nuceném proudění	151
9.2.4	Přestup tepla při přirozeném proudění	154
9.2.5	Přestup tepla při současném přirozeném a nuceném proudění	156
9.2.6	Přestup tepla při varu a kondenzaci	157
9.2.7	Obecný postup výpočtu hodnoty součinitele přestupu tepla	158
9.3	Složené sdílení tepla – prostup tepla	159
9.3.1	Prostup tepla rovinnou stěnou	159
9.3.2	Prostup tepla válcovou stěnou	160
9.4	Úlohy	162

10 Výměníky tepla	164
10.1 Příklady konstrukce výměníků tepla	164
10.2 Entalpická bilance výměníku tepla	164
10.3 Diferenciální bilance protiproudého výměníku tepla	166
10.4 Úlohy	177
11 Odparky	179
11.1 Odpařovací zařízení	179
11.2 Výpočet jednočlenné odparky	182
11.3 Úlohy	188
12 Základy sdílení hmoty	190
12.1 Mezifázová rovnováha	191
12.2 Molekulární přenos hmoty – difuze	193
12.3 Přenos hmoty při proudění – konvekce	194
12.4 Rovnice kontinuity složky	194
12.5 Přenos hmoty k fázovému rozhraní – přestup	195
12.5.1 Určení součinitele přestupu hmoty	196
12.6 Přenos hmoty z jedné fáze do druhé – prostup	197
12.7 Typy výměníků hmoty	201
12.7.1 Stupňový kontakt fází	201
12.7.2 Spojitý kontakt fází	203
12.7.3 Vztahy pro popis výměníků hmoty	204
13 Extrakce	208
13.1 Zařízení pro extrakci	210
13.2 Jednostupňová extrakce	212
13.3 Opakovaná extrakce	213
13.4 Protiproudá extrakce	217
13.5 Úlohy	221
14 Absorpce	223
14.1 Bilance absorpční kolony	224
14.2 Minimální spotřeba rozpouštědla	226
14.3 Absorpce se spojitým kontaktem fází	227
14.4 Stupňová protiproudá absorpce	231
14.5 Desorpce	233
14.6 Úlohy	238
15 Sušení	241
15.1 Vlastnosti vlhkého vzduchu	242
15.2 Vlastnosti sušeného materiálu	245
15.3 Kinetika konvekčního sušení	247
15.4 Vsádková (periodická) konvekční sušárna	248
15.5 Kontinuální konvekční sušárna	252
15.6 Druhy sušáren	255
15.7 Úlohy	259

16 Destilace a rektifikace	262
16.1 Rovnováha kapalina-pára	262
16.2 Mžiková destilace	265
16.3 Kontinuální rektifikace v patrové koloně	268
16.4 Kontinuální rektifikace v plněné koloně	275
16.5 Vsádková destilace	276
16.6 Vsádková destilace s rektifikací	279
16.7 Úlohy	280
17 Chemické reaktory	283
17.1 Chemická reakční kinetika pro jednu nevratnou reakci	284
17.2 Charakterizace průběhu reakce	286
17.3 Reakční teplo	287
17.4 Chemická reakční kinetika pro soustavy reakcí	288
17.5 Průtočný ideálně míchaný reaktor	291
17.6 Kaskáda průtočných ideálně míchaných reaktorů	294
17.7 Vsádkový ideálně míchaný reaktor	295
17.8 Trubkový reaktor s pístovým tokem	296
17.9 Heterogenně katalytické reaktory	299
17.10 Úlohy	301
18 Základy membránových separačních procesů	304
18.1 Princip a třídění membránových separačních procesů	304
18.2 Membrány a jejich charakterizace	306
18.3 Aplikační formy membrán a membránové moduly	309
18.4 Separační a transportní vlastnosti membrán	310
18.5 Bilancování membránových separačních procesů	312
18.6 Koncentrační polarizace	313
18.7 Mikrofiltrace, ultrafiltrace a nanofiltrace	315
18.8 Membránová separace plynů	317
18.9 Pervaporace	318
18.10 Reversní osmóza (hyperfiltrace)	319
18.11 Dialýza	320
18.12 Separační procesy s iontovýměnnými membránami	321
18.12.1 Iontovýměnné membrány	321
18.12.2 Elektrodialýza a příbuzné procesy	322
18.12.3 Difusní dialýza s iontovýměnnými membránami	324
18.12.4 Donanova dialýza	324
18.12.5 Palivové články s polymerními kation-výměnnými elektrolyty	325
18.12.6 Kinetika transportu v iontovýměnných membránách	326
18.13 Velikost plochy membrány	326
19 Přílohy	327
19.1 Veličiny a vztahy používané v chemickém inženýrství	327
19.2 Směsi a složky	335
19.2.1 Vyjadřování složení směsí	335
19.2.2 Přepočty složení směsí	336
19.2.3 Vztahy pro směsi ideálních plynů	337
19.2.4 Vztahy pro směsi zachovávající objem složek	337

19.3 Seznam symbolů	338
19.4 Literatura	348

Systémy mikroskopické, makroskopické a mezoskopické

Úvod

1.1. Chemická technologie

Chemická technologie je vědní obor, který se zabývá vývojem a aplikací chemických procesů a zařízení. Její úkolem je vytvořit takové podmínky, aby chemické reakce probíhaly efektivně a bezpečně. Tato disciplína se zabývá jak základními principy, tak i praktickými aspekty výroby chemických produktů. V rámci chemické technologie se studují různé typy procesů, jako jsou reakční procesy, separační procesy a procesy transportu. Důležitou součástí této disciplíny je také výzkum nových materiálů a technologií, které umožní zlepšit kvalitu a efektivitu chemické výroby.

1.2. Systémy

Systém je celokovově definovaný soubor prvků, které jsou vzájemně propojeny a spolupracují na dosažení určitého cíle. V chemické technologii se systémy používají k modelování a optimalizaci výrobních procesů. Systém může být fyzický, například výrobní linie, nebo abstraktní, například počítačový model. Systémové přístupy umožňují analyzovat a optimalizovat celý výrobní proces, od výběru surovin po konečnou výrobu produktu. To umožňuje snížit náklady, zlepšit kvalitu a zvýšit produktivitu. Systémové přístupy jsou také důležité pro řešení problémů s kvalitou a bezpečností výroby.

1.3. Modelování

Modelování je proces vytváření zjednodušeného zobrazení reality, který umožňuje studovat a predikovat chování systému. V chemické technologii se modelování používá k simulaci výrobních procesů a k testování nových technologií. Modely mohou být fyzické, například maketové, nebo matematické, například počítačové. Matematické modely jsou obzvláště užitečné, protože umožňují studovat procesy, které jsou obtížné nebo nebezpečné studovat v reálném světě. Modelování také umožňuje optimalizovat procesy a predikovat jejich chování za různých podmínek. To je důležité pro plánování a řízení výroby.

1.4. Optimalizace

Optimalizace je proces hledání nejlepšího řešení daného problému. V chemické technologii se optimalizace používá k zlepšování výrobních procesů a k minimalizaci nákladů. Optimalizace může být provedena různými způsoby, například pomocí matematických modelů, simulací nebo experimentálních dat. Optimalizace umožňuje najít nejlepší podmínky pro výrobu, například teplotu, tlak nebo dobu reakce. To umožňuje zvýšit produktivitu a snížit náklady na výrobu. Optimalizace je také důležitá pro řešení problémů s kvalitou a bezpečností výroby.

1.5. Řízení

Řízení je proces koordinování a kontroly výrobního procesu. V chemické technologii se řízení používá k zajištění plynulé a bezpečné výroby. Řízení může být provedeno různými způsoby, například pomocí počítačových systémů, řídicích systémů nebo lidských operátorů. Řízení umožňuje sledovat chování výrobního procesu a reagovat na změny. To umožňuje udržet výrobu na plánované úrovni a minimalizovat riziko poruch. Řízení je také důležité pro zajištění bezpečnosti výroby a pro ochranu životního prostředí.