NGÔ THỊ NGA

KỸ THUẬT PHẢN ỨNG

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

NGÔ THỊ NGA

KỸ THUẬT PHẢN ỨNG

In lần thứ 2, có chỉnh sửa

Sách chào mừng 50 năm thành lập
Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI - 2006

LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình "KỸ THUẬT PHẢN ỨNG" này được biên soạn theo đề cương môn học chính thức cùng tên của Viện Khoa học và Công nghệ Môi trường, trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

Nội dung bao gồm: phương trình tỷ lượng; nhiệt động học phản ứng; động học phản ứng cho hệ đồng thể, dị thể và sinh hoá; mô hình các loại thiết bị phản ứng; động lực học và tính ổn định của thiết bị phản ứng.

Trong từng chương có trình bày cơ chế và mô hình hoá quá trình, mô tả nguyên lý cấu tạo và làm việc của một số thiết bị điển hình, ở mỗi phần có kèm theo ví dụ và bài tập liên quan.

Giáo trình cũng dành một phần để giới thiệu áp dụng các kiến thức cơ bản của môn kỹ thuật phản ứng trong công nghệ môi trường.

Giáo trình này được dùng làm tài liệu giảng dạy cho sinh viên ngành công nghệ môi trường và đồng thời cũng có thể làm tài liệu tham khảo cho sinh viên các ngành liên quan và bạn đọc có quan tâm tới lĩnh vực này.

Do biên soạn lần đầu, giáo trình không tránh khỏi thiếu sót, rất mong nhận được những ý kiến đóng góp của bạn đọc và đồng nghiệp để giáo trình được hoàn chỉnh trong lần tái bản sau.

Tác giả

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU 3

CÁC KÝ HIỆU CHÍNH 9

Chương I. NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN 11

I.1. Những khái niệm cơ bản 13
I.2. Phân loại phản ứng hoá học 15
I.3. Phân loại thiết bị phản ứng 16

Chương II. PHƯƠNG TRÌNH TỶ LƯỢNG 20

II.1. Phương trình tỷ lượng đối với phản ứng đơn giản 20
II.2. Bước phản ứng, cân bằng mol, quan hệ giữa bước phản ứng và nồng độ của các cấu tử 21
II.3. Độ chuyển hoá, quan hệ giữa độ chuyển hoá với bước phản ứng và nồng độ các cấu tử 24
II.4. Phương trình tỷ lượng đối với phản ứng phức tạp 25

Chương III. NHIỆT ĐỘNG HOÁ HỌC 30

III.1. Những nguyên lý cơ bản của nhiệt động học 31
III.2. Thông số nhiệt động và phương trình trạng thái 32
III.3. Thế nhiệt động, đại lượng mol riêng phần và thế hoá học 35
III.4. Biến đổi năng lượng trong hệ phản ứng 38
III.4.1. Hiệu ứng nhiệt của phản ứng hoá học 38
III.4.2. Quan hệ giữa nhiệt và chất trong phản ứng hoá học 40
III.5. Cân bằng hoá học 42
III.5.1. Điều kiện cân bằng hoá học 42
III.5.2. Định luật tác dụng, hằng số cân bằng 44
III.5.3. Xác định nồng độ cân bằng trong hỗn hợp khí lý tưởng 50
III.5.4. Cân bằng hoá học đối với hệ dị thể 52

Chương IV. ĐỘNG HỌC PHẢN ỨNG 54

IV.1. Động học phản ứng hệ đồng thể 55
IV.1.1. Tốc độ phản ứng và tốc độ chuyển hoá đối với phản ứng đơn giản 55
IV.1.2. Tốc độ phản ứng và tốc độ chuyển hoá đối với phản ứng phức tạp 56
IV.1.3. Các yếu tố ảnh hưởng tới tốc độ phản ứng 59
IV.1.4. Một số ví dụ về mô hình động học hệ đồng thể 62
IV.2. Động học phản ứng hệ dị thể 68
IV.2.1. Phản ứng hệ khí có xúc tác rắn xốp 69
IV.2.1.1. Xúc tác rắn xốp và tác dụng của xúc tác rắn xốp 69
IV.2.1.2. Cơ chế của phản ứng hệ khí có xúc tác rắn xốp 71
IV.2.1.3. Phương trình động học phản ứng hệ khí có xúc tác rắn xốp của Hougen - Watson (hay Langmuir - Hinshelwood) 84
IV.2.1.4. Phương trình động học của Mars - van Krevelen 86
IV.2.1.5. Kết hợp các bước trong phản ứng hệ khí có xúc tác 89
IV.2.1.6. Ví dụ: Xây dựng mô hình động học cho quá trình tổng hợp amoniac 92
IV.2.2. Phản ứng hệ khí lỏng 95
IV.2.2.1. Các thuyết và một số khái niệm thường dùng trong phản ứng hệ khí - lỏng 96
IV.2.2.2. Miền phản ứng và ý nghĩa của các miền đó trong xác định động học phản ứng 100
IV.2.2.3. Phương pháp thực nghiệm khảo sát phản ứng hệ khí - lỏng 108
IV.2.2.4. Ví dụ về khảo sát phản ứng hệ khí - lỏng 109
IV.2.3. Phản ứng hệ khí - rắn 114
IV.2.3.1. Phản ứng giữa chất rắn xốp và khí 116
IV.2.3.2. Ví dụ phản ứng khí hoá than 120
IV.2.3.3. Phản ứng giữa chất rắn mịn và khí, sản phẩm tạo thành là chất rắn xốp 123
IV.2.4. Phản ứng sinh học 124
IV.2.4.1. Thành phần và cơ chế hoạt động của vi sinh vật 124
IV.2.4.2. Phương trình động học Michaelis - Menten và Monod 128
IV.2.4.3. Phương pháp xác định các hằng số v_{max}, μ_{max}, k_m và k_s 13

IV.2.4.4. Mô hình động học trong các thiết bị phản ứng sinh hoá 134
IV.2.4.5. Quan hệ giữa phân huỷ và sinh khối vi sinh vật 138
IV.2.4.6. Các thiết bị phản ứng sinh học 141

Chương V. MÔ HÌNH CÁC LOẠI THIẾT BỊ PHẢN ỨNG 148

V.1. Thiết bị phản ứng lý tưởng cho hệ đồng thể 148
V.1.1. Thiết bị khuấy trộn gián đoạn 148
V.1.2. Thiết bị khuấy trộn liên tục 154
V.1.3. Thiết bị đẩy lý tưởng 157
V.1.4. So sánh các loại thiết bị phản ứng 160
V.2. Chế độ nhiệt trong thiết bị phản ứng lý tưởng cho hệ đồng thể 165
V.2.1. Cân bằng nhiệt trong thiết bị phản ứng 166
V.2.2. Các chế độ nhiệt trong thiết bị khuấy trộn làm việc gián đoạn 171
V.2.2.1. Chế độ đẳng nhiệt 171
V.2.2.2. Chế độ đoạn nhiệt 174
V.2.2.3. Chế độ đa biến nhiệt 175
V.2.3. Các chế độ nhiệt trong thiết bị khuấy trộn làm việc liên tục 176
V.2.3.1. Chế độ đẳng nhiệt 176
V.2.3.2. Chế độ đoạn nhiệt 177
V.2.3.3. Chế độ đa biến nhiệt 178
V.2.4. Các chế độ nhiệt trong thiết bị đẩy lý tưởng 179
V.2.4.1. Chế độ đẳng nhiệt 179
V.2.4.2. Chế độ đoạn nhiệt 181
V.2.4.3. Chế độ đa biến nhiệt 183
V.3. Các dãy thiết bị phản ứng 187
V.3.1. Dãy thiết bị nối tiếp 187
V.3.2. Hệ thiết bị mắc song song 194
V.3.3. Thiết bị phản ứng có dòng tuần hoàn 195
V.4. Chế độ thuỷ động thực trong thiết bị phản ứng hệ đồng thể 198
V.4.1. Mô hình thiết bị khuấy trộn liên tục với dòng chết 202
V.4.2. Mô hình thiết bị khuấy trộn liên tục với dòng chảy qua (đoản dòng) 202
V.4.3. Mô hình kết hợp 205

Chương VI. ĐỘNG HỌC VÀ ĐỘ ỔN ĐỊNH TRONG THIẾT BỊ PHẢN ỨNG KHUẤY TRỘN LIÊN TỤC 207

VI.1. Cân bằng vật chất và cân bằng nhiệt trong thiết bị khuấy trộn liên tục bất ổn định 208
VI.2. Điểm làm việc ổn định của thiết bị khuấy trộn liên tục 211
VI.3. Tính ổn định trong thiết bị khuấy trộn liên tục 214
VI.4. Ví dụ về động học phản ứng và độ ổn định trong thiết bị khuấy trộn liên tục 220

Chương VII. ỨNG DỤNG KỸ THUẬT PHẢN ỨNG TRONG CÔNG NGHỆ MÔI TRƯỜNG 224

VII.1. Phương pháp hoá học trong xử lý nước thải 224
VII.1.1. Phương pháp trung hoà 225
VII.1.2. Phương pháp kết tủa 228
VII.1.2.1. Trung hoà kết tủa kim loại trong dung dịch loãng 229
VII.1.2.2. Trung hoà kết tủa kim loại trong dung dịch đậm đặc 232
VII.1.3. Khử độc nước thải chứa xyanua 232
VII.1.3.1. Khử độc xyanua với natri hypoclorit NaOCl 233
VII.1.3.2. Oxy hoá xyanua với oxy và hợp chất chứa oxy 236
VII.1.3.3. Khử độc xyanua bằng phương pháp kết tủa với muối sắt II 238
VII.1.4. Khử độc các hợp chất crôm trong nước thải 239
VII.1.4.1. Khử độc cromat với oxit lưu huỳnh và sunfit 240
VII.1.4.2. Khử độc cromat với hợp chất sắt II 241
VII.1.4.3. Khử độc cromat bằng phương pháp kết tủa 241
VII.2. Phương pháp sinh học trong xử lý nước thải 242
VII.2.1. Phương pháp bùn hoạt tính 242
VII.2.2. Tính COD trên cơ sở phản ứng oxy hoá 25
VII.2.3. Ví dụ về tính lượng khí (biogas) tạo thành do quá trình phân huỷ yếm khí 252

BÀI TẬP MÔN KỸ THUẬT PHẢN ỨNG 254

TÀI LIỆU THAM KHẢO 259