

SPIS TREŚCI

Oznaczenia – symbols	4
1. Wprowadzenie	11
2. Realizacja procesu membranowego	15
3. Membranowe rozdzielanie gazów	20
3.1. Rozdzielanie gazów z udziałem membran porowatych	24
3.2. Rozdzielanie gazów z udziałem membran nieporowatych	25
3.3. Rozdzielanie gazów z udziałem membran typu Mixed Matrix	31
4. Analiza procesów membranowej separacji gazów	33
4.1. Analiza procesu z wykorzystaniem modułu z trzema króćcami	34
4.2. Analiza procesu z wykorzystaniem modułu z czterema króćcami	40
4.3. Uzasadnienie potrzeby sformułowania własnego kinetycznego modelu matematycznego procesów membranowych	41
5. Metodyka prowadzenia badań doświadczalnych	43
5.1. Metody wytwarzania polimerowych membran nieporowatych	44
5.1.1. Przegląd metod wytwarzania nieporowatych membran do separacji gazów	44
5.1.2. Metoda wytwarzania własnych kapilarnych polimerowych membran kompozytowych	47
5.2. Metody badania membran i stosowana aparatura	49
5.2.1. Skaningowa mikroskopia elektronowa (SEM)	49
5.2.2. Mikroskopia sił atomowych (AFM)	50
5.2.3. Metody pomiaru lepkości i napięcia powierzchniowego roztworów polimerów	51
5.2.4. Metoda badań właściwości separacyjnych membran	51
5.3. Wykorzystane materiały	52
6. Wyniki badań doświadczalnych	55
6.1. Wyniki pomiarów właściwości fizykochemicznych roztworów i zawiesin membrano-twórczych	56
6.2. Wyniki analizy właściwości strukturalnych wytworzonych membran	59
6.2.1. Analiza wyników obserwacji powierzchni i przekroju membrany	59
6.2.2. Analiza wyników pomiarów grubości warstwy selektywnej	69
6.3. Wyniki badań właściwości permeacyjnych i separacyjnych membran	77
6.3.1. Wyniki badań nad permeacją czystych gazów	78
6.3.2. Wyniki badań nad rozdzielaniem mieszanin gazów	82
6.4. Dyskusja uzyskanych wyników	85
6.4.1. Analiza możliwości aplikacyjnych wytworzonych membran	85
6.4.2. Dalsze kierunki badań	93
6.4.3. Prace wdrożeniowe technologii	98
6.4.4. Statystyka wyników badań	99

7. Model matematyczny wybranych procesów membranowego rozdzielania gazów.	100
7.1. Przegląd modeli matematycznych procesu membranowego rozdzielania gazów.	101
7.2. Model matematyczny procesu z udziałem modułu z czterema króćcami.	105
7.3. Model matematyczny procesu z udziałem modułu z trzema króćcami.	116
7.3.1. Opis modelu	116
7.3.2. Wykorzystanie modelu do weryfikacji wyników badań doświadczalnych	120
8. Podsumowanie.	124
Bibliografia	125
Summary. Manufacturing and characterization of membranes for industrial gas separation and modeling of selected processes conducted with such membranes	130