

Spis treści

Streszczenie / 5

Summary / 7

Wykaz najważniejszych skrótów i oznaczeń / 9

1. Wprowadzenie / 13

2. Zarys problematyki / 16

2.1. Zapotrzebowanie na chłód oraz konsumpcja energii na potrzeby chłodnicze / 16

2.2. Sorpcyjne agregaty chłodnicze / 20

2.2.1. Absorpcyjne agregaty chłodnicze / 23

2.2.2. Adsorpcyjne agregaty chłodnicze / 25

2.3. Gospodarka o obiegu zamkniętym i wykorzystanie materiałów odpadowych do syntezy nowych wartościowych produktów / 28

2.4. Gospodarka odpadami / 31

3. Charakterystyka procesu adsorpcji / 36

3.1. Procesy adsorpcji chemicznej i fizycznej / 36

3.2. Struktura adsorbentów / 38

3.3. Teorie adsorpcji / 40

3.4. Typy izoterm adsorpcji / 41

3.5. Klasyfikacja histerezy adsorpcji i desorpcji / 44

3.6. Sorbenty na potrzeby sorpcyjnych agregatów chłodniczych / 45

3.6.1. Żele kwasu krzemowego (żele krzemionkowe) / 47

3.6.2. Zeolity / 48

3.6.3. Porowate materiały węglowe / 50

3.6.3.1. Węgłe aktywne / 50

3.6.3.2. Węglowe sito molekularne / 51

3.6.3.3. Aktywowane włókna węglowe / 51

3.6.3.4. Nanorurki węglowe / 51

3.6.4. Sorbenty kompozytowe / 52

3.6.5. Szkielety metaloorganiczne (MOF) / 55

3.7. Adsorbaty / 57

3.7.1. Woda / 58

3.7.2. Metanol / 58	
3.7.3. Etanol / 59	
3.7.4. Amoniak / 59	
4. Wykorzystanie materiałów odpadowych do syntezy węglowych materiałów porowatych / 60	
4.1. Możliwości wykorzystania węgla aktywnych z materiałów odpadowych w przemyśle / 63	
4.2. Metody termochemicznej konwersji paliw / 65	
4.2.1. Toryfikacja / 66	
4.2.2. Hydrotermiczne uwęglanie / 67	
4.2.3. Piroliza / 67	
4.2.4. Zgazowanie / 69	
4.3. Metody chemicznej aktywacji karbonizatów z procesów termochemicznej konwersji paliw / 72	
5. Metodyka badań / 74	
5.1. Materiały odpadowe / 74	
5.2. Metody obróbki wstępnej oraz aktywacji analizowanych materiałów odpadowych / 76	
5.2.1. Obróbka wstępna materiałów surowych – piroliza termiczna / 77	
5.2.2. Obróbka wstępna materiałów surowych – toryfikacja zrębki drzewnej oraz toryfikacja i hydrotermiczna karbonizacja młóta browarnianego / 77	
5.2.3. Wstępna obróbka materiałów metodą fizyczną z wykorzystaniem powietrza / 77	
5.2.4. Wstępna obróbka materiałów w komercyjnym reaktorze zgazowującym ze złożem stałym Power Pallet 30 (All Power Labs, USA) / 78	
5.2.5. Aktywacja karbonizatów – metoda fizyczna parą wodną / 79	
5.2.6. Aktywacja karbonizatów – metoda chemiczna z wykorzystaniem wodorotlenku potasu (KOH) / 79	
5.2.7. Synteza biowęgla o właściwościach magnetycznych / 80	
5.2.8. Synteza węgla aktywnego z materiału pochodzącego z odpadów zalegających na zamkniętych składowiskach odpadów / 80	
5.3. Materiały referencyjne – komercyjne węgle aktywne oraz aktywowane włókna węglowe / 84	
6. Metodologia wyznaczania właściwości sorpcyjnych badanych materiałów i ich współpracy z wybranymi adsorptywami / 86	
6.1. Opis metodologii badań – wykorzystywane metody analityczne / 87	
6.1.1. Analiza składu produktów stałych oraz gazowych / 87	
6.1.2. Analiza termogravimetryczna / 87	
6.1.3. Badania składu elementarnego i morfologii sorbentów / 87	
6.1.4. Badania powierzchni właściwej oraz objętości, wielkości i rozkładu porów adsorbentów metodą adsorpcji gazowej / 88	

6.1.5. Badanie właściwości sorpcyjnych adsorbentów /	89
6.1.6. Badanie przewodności cieplnej adsorbentów laserową metodą impulsową /	90
7. Porowate materiały węglowe przeznaczone do sorpcyjnych agregatów chłodniczych /	92
7.1. Właściwości komercyjnych węgli aktywnych /	92
7.1.1. Porowate materiały węglowe – komercyjne węgle aktywne /	92
7.1.2. Porowate materiały węglowe – aktywowane włókna węglowe /	100
7.2.1. Właściwości sorpcyjne aktywowanych włókien węglowych /	101
7.1.2.2. Właściwości termofizyczne aktywowanych włókien węglowych /	102
7.2. Właściwości porowatych materiałów węglowych z surowych materiałów odpadowych /	104
7.2.1. Analiza elementarna próbek surowych oraz otrzymanych karbonizatów po wstępnej i finalnej obróbce termicznej /	104
7.2.2. Analiza termogravimetryczna próbek surowych w atmosferze obojętnej /	106
7.2.3. Analiza składu gazu pirolitycznego i gazu syntezowego uzyskanego podczas obróbki termicznej paliw odpadowych /	107
7.2.4. Badania strukturalne uzyskanych porowatych materiałów węglowych /	110
7.2.5. Właściwości sorpcyjne uzyskanych porowatych materiałów węglowych /	112
7.3. Właściwości porowatych materiałów węglowych z materiałów odpadowych poddanych obróbce wstępnej /	119
7.3.1. Badania strukturalne uzyskanych porowatych materiałów węglowych /	120
7.3.2. Analiza składu gazu syntezowego uzyskanego podczas aktywacji parą wodną paliw odpadowych /	123
7.3.3. Właściwości sorpcyjne uzyskanych porowatych materiałów węglowych /	124
7.4. Właściwości porowatego materiału węglowego pozyskanego z wysypiska odpadów /	127
7.5. Właściwości porowatego materiału węglowego pozyskanego z ligniny /	130
7.6. Porównanie komercyjnych i syntezowanych porowatych materiałów węglowych pod kątem wykorzystania w sorpcyjnych agregatach chłodniczych /	132
7.6.1. Właściwości sorpcyjne wybranych porowatych materiałów węglowych względem komercyjnych węgli aktywnych /	132
7.6.2. Właściwości termofizyczne wybranych porowatych materiałów oraz komercyjnych węgli aktywnych /	138
8. Podsumowanie /	142
Literatura /	145