

Spis treści

WYKAZ SKRÓTÓW	7
1. Wprowadzenie	11
1.1. Wytwarzanie i użytkowanie energii na świecie	11
1.2. Znaczenie węgla w energetyce	14
1.3. Problemy ekologiczne związane z użytkowaniem węgla	15
1.4. Nowe możliwości, jakie stwarzają nowoczesne, czyste technologie użytkowania węgla	16
1.4.1. Czyste technologie spalania węgla	17
1.4.2. Możliwość zbudowania nowoczesnego układu wytwarzania energii elektrycznej z prawie zerową emisją zanieczyszczeń	18
1.4.3. Technologie zgazowania węgla	19
1.4.4. Technologie upłynniania węgla	20
1.5. Wnioski	21
Literatura	21
2. Charakterystyka węgla kamiennego i brunatnego – powstawanie, budowa, struktura, własności, klasyfikacja, reaktywność	22
2.1. Węgiel kamienny	23
2.1.1. Powstawanie węgla kamiennego – diagenезa i metamorfizm	23
2.1.2. Budowa i składniki petrograficzne węgla kamiennego	24
2.1.3. Budowa fizykochemiczna i chemiczna węgla	25
2.1.4. Wskaźniki charakteryzujące węgiel kamienny	26
2.1.5. Klasyfikacja węgla kamiennego – podział na typy według wskaźników	26
2.1.6. Inne ważne parametry charakteryzujące węgiel kamienny, nieuwzględnione w obecnie stosowanej klasyfikacji	27
2.1.7. Podział węgla kamiennego na sortymenty	28
2.2. Węgiel brunatny	28
2.2.1. Klasyfikacja węgla brunatnego – podział na typy według wskaźników	29
2.2.2. Podział węgla brunatnego na sortymenty	29
2.3. Reaktywność węgla – metody badań, zastosowanie	30
Literatura	31
3. Zasoby i wydobycie węgla kamiennego i brunatnego na świecie i w Polsce	33
3.1. Światowe zasoby węgla kamiennego i brunatnego	33
3.2. Światowe wydobycie węgla kamiennego	34
3.3. Światowy handel węglem kamiennym	35
3.4. Światowe wydobycie węgla brunatnego	37
3.5. Zasoby węgla kamiennego w Polsce	37
3.6. Zasoby węgla brunatnego w Polsce	42
3.7. Wydobycie węgla kamiennego i brunatnego w Polsce	43
Literatura	43
4. Wykorzystanie węgla kamiennego i brunatnego na świecie	45
4.1. Wykorzystanie węgla kamiennego i brunatnego do wytwarzania energii elektrycznej	45
4.2. Wykorzystanie węgla kamiennego do produkcji stali i w innych sektorach	47
4.3. Koszty wytwarzania energii elektrycznej z węgla kamiennego i brunatnego	47
Literatura	52

5. Spalanie węgla: kotły pyłowe, kotły fluidalne, paleniska rusztowe, IGCC, spalanie węgla w tlenie, emisja zanieczyszczeń gazowych i pyłowych z procesów spalania	53
5.1. Wymagania dotyczące jakości paliwa	53
5.2. Rodzaje kotłów i palenisk stosowanych do spalania węgla	54
5.3. Spalanie węgla w kotłach pyłowych	56
5.3.1. Wybrane przykłady współcześnie skonstruowanych elektrowni węglowych z kotłami pyłowymi	62
5.4. Spalanie węgla w kotłach fluidalnych	67
5.5. Spalanie węgla w paleniskach rusztowych	72
5.6. Układy kombinowane gazowo-parowe zintegrowane ze zgazowaniem węgla	73
5.7. Spalanie węgla w atmosferze wzbogaconej w tlen	79
5.8. Porównanie parametrów technicznych elektrowni stosujących różne technologie spalania	83
5.9. Emisja zanieczyszczeń gazowych i pyłowych powstałych w procesie spalania	84
5.9.1. Technologie i urządzenia odpylające	84
5.9.2. Technologie i instalacje odsiarczania spalin	86
5.9.3. Technologie i instalacje redukcji tlenków azotu	88
5.10. Inne techniki zawarte w dokumencie BREF	93
Literatura	95
6. Technologie związane z wychwytywaniem i składowaniem dwutlenku węgla (<i>carbone capture and storage, CCS</i>)	98
6.1. Metody separacji mogące znaleźć zastosowanie w oddzielaniu dwutlenku węgla od innych gazów	98
6.1.1. Absorpcja chemiczna	98
6.1.2. Absorpcja fizyczna	99
6.1.3. Adsorpcja fizyczna	100
6.1.4. Techniki membranowe	100
6.1.5. Separacja kriogeniczna	100
6.1.6. Inne sposoby separacji dwutlenku węgla	101
6.2. Opcje technologiczne wychwytywania dwutlenku węgla z instalacji energetycznych	102
6.2.1. Technologia wychwytywania CO ₂ po procesie spalania	103
6.2.2. Technologie wychwytywania CO ₂ przed procesem spalania	104
6.2.3. Technologia spalania w atmosferze wzbogaconej tlenem	106
6.3. Możliwości i technologie sekwestracji dwutlenku węgla	108
6.3.1. Monitoring podziemnego składowania CO ₂	110
6.4. Transport dwutlenku węgla	112
6.4.1. Sposoby transportu dwutlenku węgla	112
6.4.2. Bezpieczeństwo środowiska i ryzyko związane z transportem CO ₂	112
6.4.3. Koszt transportu CO ₂	113
6.5. Rozwój nowych koncepcji pozwalających na realizację projektów demonstracyjnych do wdrożenia po 2020 roku	114
6.5.1. Wdrożenie w Europie 10–12 zintegrowanych projektów demonstracyjnych CCS na odpowiednio dużą skalę	116
6.5.2. Przechodzenie od projektów CCS na małą skalę do projektów na skalę przemysłową	116

6.6.	Aspekty ekonomiczne budowy elektrowni z separacją i sekwestracją dwutlenku węgla	118
6.7.	Podsumowanie i wnioski.....	120
	Literatura.....	120
7.	Zgazowanie węgla	122
7.1.	Metody zgazowania węgla.....	122
7.1.1.	Wprowadzenie	122
7.1.2.	Układy i reaktory zgazowania węgla.....	123
7.1.3.	Aktualny stan realizacji zgazowania węgla na świecie.....	126
7.1.4.	Technologie zgazowania węgla	131
7.1.5.	Porównanie stosowanych technologii zgazowania węgla.....	136
7.2.	Obecne i perspektywiczne kierunki wykorzystania gazu z procesu zgazowania węgla	137
7.3.	Aspekty ekonomiczne technologii zgazowania węgla	139
7.4.	Aspekty środowiskowe stosowania technologii zgazowania węgla.....	139
7.5.	Nowe koncepcje wytwarzania wodoru i gazu syntezowego z węgla	140
7.5.1.	Nowe koncepcje zgazowania węgla	140
7.5.2.	Zaawansowane systemy konwersji gazu syntezowego.....	145
7.5.3.	Zaawansowane koncepcje oczyszczania wodoru	147
7.5.4.	Układy skojarzonego wytwarzania wodoru i energii elektrycznej	152
	Literatura.....	153
8.	Otrzymywanie paliw silnikowych i produktów chemicznych z węgla metodami pośrednimi i bezpośrednimi	155
8.1.	Zaawansowanie rozwoju technologii upłynniania węgla na świecie metodą pośrednią przez zgazowanie węgla	156
8.2.	Upłynnianie węgla przez zgazowanie i syntezę Fischera-Tropscha	158
8.2.1.	Synteza metanolu i dimetyloeteru (DME)	160
8.2.2.	Synteza substytutu gazu ziemnego (SNG).....	161
8.3.	Produkcja paliw płynnych przez bezpośrednie wysokociśnieniowe uwodornienie węgla	164
8.3.1.	Warianty technologiczne procesu bezpośredniego uwodornienia węgla.....	164
8.3.2.	Rozwój i perspektywy rozwoju technologii bezpośredniego upłynniania węgla.....	166
8.4.	Otrzymywanie paliw ciekłych przez pirolizę węgla	169
8.5.	Aspekty środowiskowe procesu upłynniania węgla.....	171
8.6.	Ekonomiczna opłacalność procesów upłynniania węgla.....	171
8.7.	Wnioski	173
	Literatura.....	174
9.	Podziemne zgazowanie węgla.....	176
9.1.	Technologie podziemnego zgazowania węgla	176
9.2.	Światowe doświadczenia w podziemnym zgazowaniu węgla	180
9.3.	Ekonomia procesu podziemnego zgazowania węgla	182
9.4.	Zagrożenia środowiska związane z procesem podziemnego zgazowania węgla	185
9.5.	Podziemne zgazowanie węgla a sekwestracja CO ₂	185
9.6.	Analiza krajowego potencjału surowcowego dla procesu podziemnego zgazowania węgla	186

9.7. Perspektywy rozwoju technologii podziemnego zgazowania węgla w Polsce.....	187
Literatura	188
10. Inne perspektywiczne technologie użytkowania węgla.....	189
10.1. Spalanie węgla w pętli chemicznej.....	189
10.2. Spalanie węgla z jednoczesnym wychwytywaniem CO ₂ przez kalcynację kamienia wapiennego lub z zastosowaniem innych absorbentów	191
10.3. Ogniwa paliwowe na węgiel w postaci stałej	194
10.4. Zgazowanie węgla z wykorzystaniem energii jądrowej	196
10.5. Materiały węglowe i adsorbenty z węgla.....	198
Literatura	199
11. Tendencje badawcze i programy realizowane w dziedzinie czystych technologii użytkowania węgla kamiennego i brunatnego	201
11.1. Badania podstawowe	201
11.2. Programy i projekty badawcze z zakresu rozwoju czystych technologii węglowych prowadzone na świecie.....	204
11.2.1. Unia Europejska	205
11.2.2. Stany Zjednoczone	206
11.2.3. Japonia i Chiny.....	208
11.2.4. Australia	210
11.2.5. Polska	210
11.3. Komercjalizacja badań i technologii.....	210
11.4. Podsumowanie.....	214
Literatura	214
ABSTRACT	217