

Spis treści

Tom 1

1. Wstęp

- 1.1. Perspektywy rozwoju energetyki konwencjonalnej opartej na węglu kamiennym i brunatnym
- 1.2. Krajowe zasoby energetyczne węgla kamiennych i brunatnych
- 1.3. Kierunki badań nad własnościami fizykochemicznymi, kinetycznymi i energetycznymi węgla, przydatnych dla celów projektowych i eksploatacyjnych elektrowni węglowych
- 1.4. Bariery występujące w badaniach nad spalaniem węgla i interpretacji uzyskanych wyników
- 1.5. Poglądy na temat wiedzy o spalaniu węgla
- 1.6. Przegląd metod badawczych

2. Regres kinetyczno-dyfuzyjnej teorii spalania węgla naturalnych

3. Węgiel, jego własności fizykochemiczne i naturalne

- 3.1. Struktura węgla
- 3.2. Zmiany strukturalne w procesie uwęglania
- 3.3. Petrografia węgla kamiennych i brunatnych

4. Cel i zakres pracy

5. Przedmiot badań

- 5.1. Oznaczenie wyjściowej substancji badanych węgla
- 5.2. Wykaz przebadanych węgla i ich odmian petrograficznych

- 5.3. Analiza petrograficzna badanych węgli
- 5.4. Analiza techniczna
- 5.5. Analiza elementarna
- 5.6. Gęstość, porowatość
- 5.7. Własności energetyczne
- 5.8. Współczynnik emisji
- 5.9. Ciepłne własności fizykochemiczne

6. Metodyka badań i stanowisko pomiarowo-badawcze

- 6.1. Analiza fizykochemiczna i petrograficzna badanych prób węglowych
- 6.2. Ciepłne własności fizykochemiczne
- 6.3. Czas spalania
- 6.4. Temperatura spalania
- 6.5. Wyznaczenie współczynnika emisji
- 6.6. Minimalna temperatura zapłonu
- 6.7. Dylatacja, średnica mikrofrontu spalania części lotnych i pozostałości koksowej
- 6.8. Proces szybkiej pirolizy
- 6.9. Struktura wewnętrzna karbonizatów
- 6.10. Zmiany w strukturze mikroskopowej ziaren karbonizatu o różnym stopniu wypalenia
- 6.11. Mechanizm spalania ziaren węglowych

Tom 2

7. Wyniki badań / 15

- 7.1. Czasy spalania / 22
 - 7.1.1. Czas zapłonu / 28
 - 7.1.2. Czas spalania części lotnych / 56
 - 7.1.2.1. Zjawiska towarzyszące spalaniu części lotnych / 56
 - 7.1.2.2. Proces pirolizy węgla w warunkach powolnego nagrzewu / 62
 - 7.1.2.3. Proces pirolizy węgla w warunkach szybkiego nagrzewu / 74
 - 7.1.2.4. Wpływ wielkości ziarna i temperatury ośrodka na czas spalania części lotnych / 76
 - 7.1.2.5. Wpływ stopnia uwęglenia i budowy petrograficznej na spalanie części lotnych / 80

- 7.1.3. Czas spalania pozostałości koksowej / 91
 - 7.1.3.1. Wpływ temperatury ośrodka i wielkości ziarna na czas spalania pozostałości koksowej / 93
 - 7.1.3.2. Wpływ stopnia uwęglenia i budowy petrograficznej na spalanie pozostałości koksowej / 107
 - 7.1.3.3. Wpływ stopnia uwęglenia i substancji mineralnej na czas spalania pozostałości koksowej / 111
 - 7.1.3.4. Zmiany strukturalne substancji węglowej występujące w trakcie nagrzewu i ich wpływ na czas spalania pozostałości koksowej / 116
- 7.1.4. Całkowity czas spalania ziaren węglowych / 122
 - 7.1.4.1. Różnice poglądów na spalanie pojedynczych ziaren węglowych / 124
 - 7.1.4.2. Spalanie ziaren z pojedynczym i wielokrotnym zapłonem / 127
 - 7.1.4.3. Zapłon pozostałości koksowej w odniesieniu do końca fazy spalania części lotnych / 130
 - 7.1.4.4. Wpływ temperatury ośrodka i średnicy ziarna na całkowity czas spalania / 135
 - 7.1.4.5. Wpływ stopnia uwęglenia i budowy petrograficznej na całkowity czas spalania ziaren węglowych / 140
 - 7.1.4.6. Wpływ stopnia uwęglenia i zawartości substancji mineralnej na całkowity czas spalania ziaren węglowych / 144
- 7.2. Wpływ metamorfizmu i petrografii węgla na udział poszczególnych faz w całkowitym procesie spalania ziaren węglowych / 148
 - 7.2.1. Ocena mechanizmów wpływających na spalanie ziaren węglowych / 150
 - 7.2.2. Czasy spalania ziaren wyznaczone według empirycznych zależności literaturowych / 153
 - 7.2.3. Udział poszczególnych faz w całkowitym procesie spalania ziaren węglowych / 157
 - 7.2.4. Wpływ stopnia uwęglenia na udział poszczególnych faz spalania ziaren węglowych / 178
- 7.3. Minimalna temperatura zapłonu / 184
 - 7.3.1. Wpływ petrografii węgla na minimalną temperaturę zapłonu / 185
 - 7.3.2. Wpływ petrografii węgla na addytywność minimalnej temperatury zapłonu / 187
 - 7.3.3. Wpływ średnicy ziarna na minimalną temperaturę zapłonu / 189
 - 7.3.4. Wpływ stopnia uwęglenia na minimalną temperaturę zapłonu / 189

- 7.3.5. Krytyczne warunki zapłonu i gaśnięcia ziaren węglowych / 193
- 7.4. Temperatura spalania / 202
 - 7.4.1. Wpływ temperatury otoczenia (T_p) i średnicy ziarna (d_o) na temperaturę mikrofrontu spalania części lotnych (T_v) / 206
 - 7.4.2. Temperatura spalania pozostałości koksowej (T_k) w zależności od wielkości ziarna (d_o) i temperatury otoczenia (T_p) / 208
 - 7.4.3. Gradient temperatury zapłonu części lotnych i pozostałości koksowej ziaren węglowych w zależności od średnicy (d_o) i temperatury otoczenia (T_p) / 211
 - 7.4.4. Wpływ stopnia uwęglenia i budowy petrograficznej na temperaturę spalania ziaren węglowych / 214
 - 7.4.4.1. Wpływ petrografii i stopnia uwęglenia (C^{daf}) ziaren węglowych na temperaturę spalania części lotnych / 215
 - 7.4.4.2. Wpływ petrografii i stopnia uwęglenia ziaren węglowych na temperaturę spalania pozostałości koksowej / 220
 - 7.4.4.3. Wpływ stopnia uwęglenia ziaren węglowych na temperaturę spalania części lotnych / 227
 - 7.4.4.4. Wpływ stopnia uwęglenia ziaren węglowych na temperaturę spalania pozostałości koksowej / 230
 - 7.4.4.5. Wpływ petrografii ziaren węglowych na gradient temperatury zapłonu części lotnych / 234
 - 7.4.4.6. Wpływ petrografii ziaren węglowych na gradient temperatury zapłonu pozostałości koksowej / 236
 - 7.4.4.7. Wpływ stopnia uwęglenia ziaren węglowych na gradient zapłonu części lotnych / 238
 - 7.4.4.8. Wpływ stopnia uwęglenia ziaren węglowych na gradient zapłonu pozostałości koksowej / 240
 - 7.4.4.9. Wpływ zawartości popiołu i własności fizykochemicznych substancji węglowej na gradient temperatury zapłonu części lotnych i pozostałości koksowej / 241
- 7.5. Mechanizm spalania części lotnych / 244
 - 7.5.1. Mechanizm spalania węglowodorów w mikrofroncie spalania części lotnych / 249
 - 7.5.1.1. Strefa podgrzewania i inicjacji reakcji utleniania węglowodorów / 249

- 7.5.1.2. Strefa spalania części lotnych
– strefa mikrofrontu / 251
- 7.5.1.3. Strefa popłamienna mikrofrontu
spalania części lotnych / 253
- 7.5.2. Molekularny mechanizm utleniania węglowodorów
w mikrofroncie spalania części lotnych / 255
 - 7.5.2.1. Inicjacja utleniania węglowodorów
w mikrofroncie spalania części lotnych / 256
 - 7.5.2.2. Spalanie węglowodorów w mikrofroncie
spalania części lotnych / 258
- 7.5.3. Krytyczne warunki zapłonu części lotnych wydzielanych
z ziarna węglowego / 264
- 7.5.4. Wpływ parametrów ośrodka i paliwa na ilość,
skład chemiczny i reakcyjność produktów szybkiej pirolizy
ziaren węglowych / 268
 - 7.5.4.1. Wpływ budowy petrograficznej i stopnia uwęglenia
na ilość wydzielonych gazów pirolitycznych / 273
 - 7.5.4.2. Wpływ temperatury otoczenia i wielkości ziarna
oraz budowy petrograficznej i stopnia uwęglenia
na skład chemiczny wydzielonych gazów
pirolitycznych / 298
- 7.5.5. Wpływ parametrów ośrodka i paliwa na wielkość
mikrofrontu spalania części lotnych / 316
 - 7.5.5.1. Wpływ temperatury procesu i wielkości ziarna
na wielkość mikrofrontu spalania części lotnych
różnych odmian petrograficznych / 319
 - 7.5.5.2. Wpływ budowy petrograficznej i stopnia uwęglenia
na wielkość mikrofrontu spalania
części lotnych / 329
- 7.6. Własności dylatometryczne ziaren węglowych / 338
 - 7.6.1. Wpływ temperatury procesu i szybkości nagrzewu
na własności dylatometryczne ziaren węglowych / 344
 - 7.6.2. Wpływ budowy petrograficznej i stopnia uwęglenia
na własności dylatometryczne ziaren węglowych / 356
- 7.7. Zmiany strukturalne zachodzące w karbonizatach
przy nagrzewie / 371
 - 7.7.1. Mechanizm zmian tekstury karbonizatów / 380
 - 7.7.2. Zmiany struktury porów karbonizatów / 384
 - 7.7.2.1. Wyniki strukturalnych badań mikroskopowych
i rentgenograficznych węgla i koksów
pochodzących z szybkiej pirolizy / 387
 - 7.7.3. Układ kapilarny ziaren węglowych i produktów
szybkiej pirolizy / 394

Tom 3

8. Zmiany struktury węgla w czasie spalania

- 8.1. Zmiany strukturalne koksów w trakcie spalania
- 8.2. Średnia średnica ziarna koksu w trakcie spalania

9. Charakterystyki struktury wewnętrznej ziaren węglowych

- 9.1. Model zapłonu i spalania ziarna węglowego
- 9.2. Zmiany termo kinetycznych parametrów w fazie termicznego rozkładu ziaren węglowych

10. Masowa szybkość spalania ziaren węglowych

- 10.1. Analiza parametrów określających masową szybkość spalania ziaren węglowych
- 10.2. Wyznaczanie masowej szybkości spalania

11. Stałe kinetyczne

- 11.1. Problem wyznaczania stałych kinetycznych
- 11.2. Metody wyznaczania stałych kinetycznych
- 11.3. Rzeczywiste wartości stałych kinetycznych fazy zapłonu ziaren węglowych
- 11.4. Pozorne wartości stałych kinetycznych ziaren węglowych poszczególnych faz spalania

12. Zmiany strukturalne zachodzące w trakcie nagrzewu węgla

- 12.1. Niskotemperaturowe zmiany fizykochemiczne zachodzące w substancji węglowej w początkowych fazach spalania
- 12.2. Parametry mające wpływ na proces zapłonu ziaren węglowych
- 12.3. Niskotemperaturowe spalanie pozostałości koksowej
- 12.4. Zmiany strukturalne pozostałości koksowej zachodzące przy wysokotemperaturowym nagrzewie
- 12.5. Szybkość spalania ziaren pozostałości koksowej w wysokotemperaturowym obszarze spalania

13. Mechanizm spalania ziaren węglowych w wysokotemperaturowym obszarze spalania

- 13.1. Problemy unifikacji badań
- 13.2. Mechanizm spalania ziaren węgla o różnym stopniu uwęglenia i różnej budowie petrograficznej

- 13.3. Zmiana charakterystycznych parametrów procesu w trakcie wysokotemperaturowego spalania ziaren węgla różnych typów
- 13.4. Wpływ typu węgla i szybkości nagrzewu na strukturę spalania części lotnych i pozostałości koksowej
- 13.5. Wpływ budowy petrograficznej na mechanizm spalania

14. Kinetyczne własności węgla energetycznych

15. Ogólna charakterystyka węgla różnych typów

16. Wpływ petrografii i metamorfizmu węgla na przebieg zjawisk występujących w procesie spalania ziaren węglowych

17. Wizualizacja procesu spalania ziaren podstawowych odmian petrograficznych węgla w całym stopniu uwęglenia

18. Zmiany strukturalne w trakcie spalania

19. Wysokotemperaturowe spalanie ziaren węglowych

20. Własności fizykochemiczne i kinetyczne mające wpływ na technologię spalania pyłu węglowego

21. Ocena dotychczasowych prac badawczych nad spalaniem ziaren węglowych

22. Addytywność odmian petrograficznych i węgla różnych typów

23. Wyniki badań mikroskopowych produktów karbonizacji

24. Zakończenie

25. Wnioski

Literatura