

ANDRZEJ ROZWADOWSKI*

Badania ciśnienia generowanego przez warstwę plastyczną węgla koksowych różniących się uziarnieniem oraz mieszanek tych węgla z dodatkami schudzającymi

Wprowadzenie

Jakość produkowanego koksu zależy w głównej mierze od prawidłowego doboru składu mieszanki węglowej i jej przygotowania pod względem uziarnienia i zagęszczenia. Mieszanka wsadowa powinna być tak sporządzona, aby właściwości koksotwórcze jej komponentów wzajemnie się uzupełniały i były optymalne dla stosowanej technologii koksowania. Jedną z najważniejszych właściwości koksotwórczych, od której zależy prawidłowy przebieg procesu formowania się porowatej struktury koksu jest plastyczność węgla. Równocześnie właściwości reologiczne komponentów węglowych oraz zawartość w nich części lotnych należą do najważniejszych czynników determinujących poziom powstającego podczas koksowania ciśnienia rozprężania (Strugała, Porada 1999). Jest ono ważnym parametrem technologicznym procesu koksowania, który wpływa m.in. na prawidłową eksploatację komór koksowniczych, gwarantującą odpowiednio długą ich żywotność, a jednocześnie determinuje jakość produkowanego koksu. Pomimo, iż mechanizm powstawania ciśnienia rozprężania nie został do końca wyjaśniony można przyjąć, że miejscem jego powstawania jest warstwa plastyczna koksowanego wsadu (Karcz 2001). Na skutek niskiej gazoprzepuszczalności uplastycznionej substancji węglowej, z której zbudowane są ziarna węglowe tworzące warstwę plastyczną, generuje ona tzw. wewnętrzne ciśnienie koksowania. Ciśnienie to przekazywane jest następnie na sąsiadujące z warstwą plastyczną płyty półkoksu i koksu, a za ich pośrednictwem na ściany komory koksowniczej.

* Dr inż., Wydział Paliw i Energii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków; e-mail: rozwadow@agh.edu.pl

Właściwości plastyczne wsadu węglowego w warunkach przemysłowych regulowane są najczęściej poprzez odpowiednie uziarnienie poszczególnych komponentów mieszanki oraz dodatek tzw. składników schudzających. Dodatki te obniżają również zbyt dużą zawartość części lotnych we wsadzie, co w efekcie ogranicza nadmierny skurcz bryły koksu i korzystnie wpływa na jego uzysk.

Celem prezentowanych badań był pomiar ciśnienia generowanego w czasie pirolizy przez próbki wybranych klas ziarnowych węgla koksowych oraz mieszanek tych węgla z różnym udziałem dodatków schudzających. Badania prowadzone były w skali laboratoryjnej a piroliza badanych próbek węglowych przebiegała w warunkach stałej objętości.

1. Metodyka i wyniki badań

Do badań użyto aparatury laboratoryjnej, która została szczegółowo opisana we wcześniejszych publikacjach (Rozwadowski, Strugała 2003, 2004, 2007). Główny jej element stanowi stalowa retorta wyposażona w układ pomiarowy ciśnienia generowanego podczas pirolizy przez uplastyczniające się próbki węglowe. Pirolizę wybranych do badań węgla i mieszanek z dodatkiem składników schudzających prowadzono w warunkach stałej objętości, próbka nie miała możliwości zwiększenia swojej objętości, gdyż tłok pomiarowy ciśnienia spoczywał bezpośrednio na jej powierzchni. Dzięki specjalnie zaprojektowanemu systemowi ogrzewania retorty możliwe było uzyskanie takiego rozkładu temperatury w próbce, aby różnice temperatury wzdłuż jej wysokości i średnicy nie przekraczały 5K. Wysokość badanych próbek wynosiła 40 mm (grubość warstwy plastycznej w komorze wynosi około 20 mm), a przyrost temperatury w próbce w czasie pomiaru wynosił 3 K/min i był zbliżony do szybkości zmian temperatury we wsadzie podczas koksowania. Można więc założyć, że po osiągnięciu temperatury plastyczności cała próbka jest uplastyczniona i można ją traktować jako fragment połączonych ze sobą w osi komory warstw plastycznych wsadu. W momencie połączenia się warstw plastycznych w płaszczyźnie szwu smołowego w komorach napełnianych systemem zasypowym występuje największe ciśnienie rozprężania (Karcz 2001). Poddawane pirolizie próbki posiadały gęstość nasypową 750 kg/m³, która w przybliżeniu odpowiada gęstości nasypowej wsadu w komorach koksowniczych napełnianych grawitacyjnie. W tym miejscu należy jednak zaznaczyć, że mierzone w ten sposób ciśnienie charakteryzuje jedynie potencjalną zdolność węgla do generowania ciśnienia rozprężania. Podczas pomiaru nie uwzględnia się bowiem występującego podczas koksowania zjawiska skurczu półkoksu i koksu, które obniża ciśnienie generowane przez warstwę plastyczną.

W pierwszym etapie, w którym badano wpływ stopnia rozdrobnienia węgla na wielkość ciśnienia generowanego przez warstwę plastyczną użyto trzech węgla koksowych, wyraźnie zróżnicowanych pod względem stopnia uwęglenia. Wybranymi do badań węglami były węgiel gazowo-koksowy typu 34.2 z KWK Budryk oraz dwa węgle ortokoksowe: typu 35.1 z KWK Pniówek i typu 35.2B z KWK Jas-Mos. Z węgla tych wydzielono 5 klas ziarnowych,

z których przygotowano próbki do wykonania analizy technicznej, oznaczenia plastyczności metodą Gieslera oraz do pomiaru ciśnienia generowanego przez warstwę plastyczną. Wyniki tych analiz przedstawiono odpowiednio w tabelach 1 i 2, natomiast w tabeli 3

TABELA 1

Wyniki analizy technicznej wybranych klas ziarnowych węgla użytych w pierwszym etapie badań

TABLE 1

The results of the technical analysis of selected grain classes of coals used in the first stage of the research

Klasa ziarnowa [mm]	Węgiel typu 34.2				Węgiel typu 35.1				Węgiel typu 35.2B			
	W _a [%]	A ^a [%]	V _a [%]	V _{daf} [%]	W _a [%]	A ^a [%]	V _a [%]	V _{daf} [%]	W _a [%]	A ^a [%]	V _a [%]	V _{daf} [%]
0,0–0,5	0,7	7,8	29,64	32,39	0,7	6,6	24,88	26,84	0,5	6,9	19,33	20,90
0,5–1,0	0,8	6,5	30,04	32,41	0,6	5,5	26,03	27,72	0,4	5,1	20,24	21,42
1,0–2,0	0,8	6,0	31,32	33,61	0,6	7,5	25,42	27,66	0,6	6,1	19,97	21,40
2,0–3,15	0,7	7,6	31,05	33,86	0,6	7,1	25,33	27,44	0,5	8,6	19,19	21,11
3,15–5,0	0,8	7,4	31,92	34,77	0,5	8,4	24,77	27,19	0,4	10,0	19,04	21,25

TABELA 2

Wskaźniki stanu plastycznego według Gieslera oznaczone dla wybranych klas ziarnowych węgla użytych w pierwszym etapie badań

TABLE 2

Plastic state indicators according to Giesler determined for selected grain classes of coals used in the first stage of the research

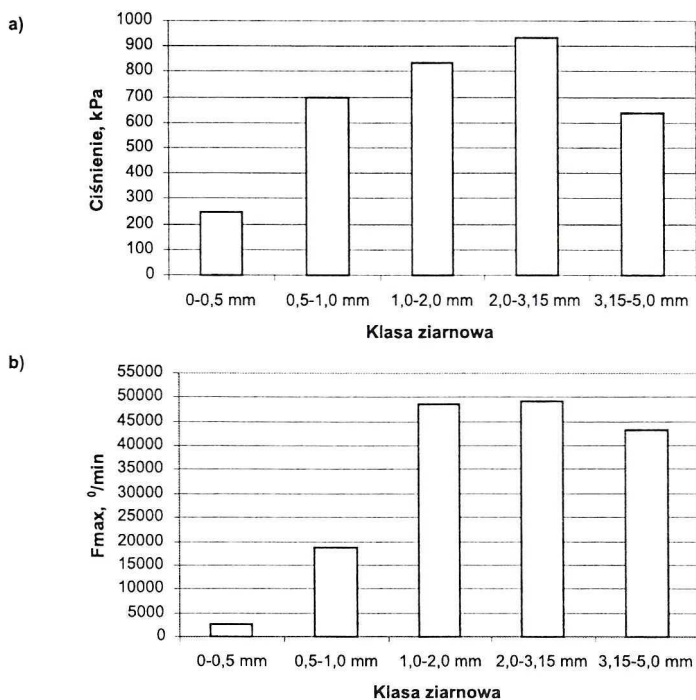
Węgiel	Parametr	Klasa ziarnowa				
		0,0–0,5 mm	0,5–1,0 mm	1,0–2,0 mm	2,0–3,15 mm	3,15–5,0 mm
Typ 34.2	t ₁ , °C	377	365	371	375	375
	t _{max} , °C	440	439	439	441	443
	t ₃ , °C	465	470	472	473	473
	F _{max} , °/min	2 650	18 720	48 600	49 320	43 200
	t ₁ –t ₃ , °C	88	105	101	98	98
Typ 35.1	t ₁ , °C	387	384	386	388	388
	t _{max} , °C	451	444	450	449	448
	t ₃ , °C	475	463	471	473	473
	F _{max} , °/min	4 770	3 120	5 040	3 390	2 590
	t ₁ –t ₃ , °C	88	79	85	85	85
Typ 35.2B	t ₁ , °C	409	410	409	409	407
	t _{max} , °C	464	461	466	466	463
	t ₃ , °C	483	483	483	482	481
	F _{max} , °/min	825	673	588	320	325
	t ₁ –t ₃ , °C	74	73	74	73	74

Maksymalne ciśnienie generowane podczas pirolizy przez próbki wybranych klas ziarnowych badanych węgli oraz temperatura, w której to ciśnienie było rejestrowane

TABLE 3

Maximum pressure generated during pyrolysis by samples of selected grain classes of examined coals and the temperature in which this pressure was recorded

Klasa ziarnowa [mm]	Węgiel gazowo-koksowy 34.2		Węgiel ortokoksowy 35.1		Węgiel ortokoksowy 35.2B	
	temperatura [°C]	maksymalne ciśnienie [kPa]	temperatura [°C]	maksymalne ciśnienie [kPa]	temperatura [°C]	maksymalne ciśnienie [kPa]
0,0–0,5	424	249,5	448	510,5	458	216,5
0,5–1,0	437	697,0	443	784,5	467	186,0
1,0–2,0	436	834,0	438	866,0	472	12,5
2,0–3,15	435	936,0	443	636,0	–	–
3,15–5,0	434	636,0	451	263,5	–	–

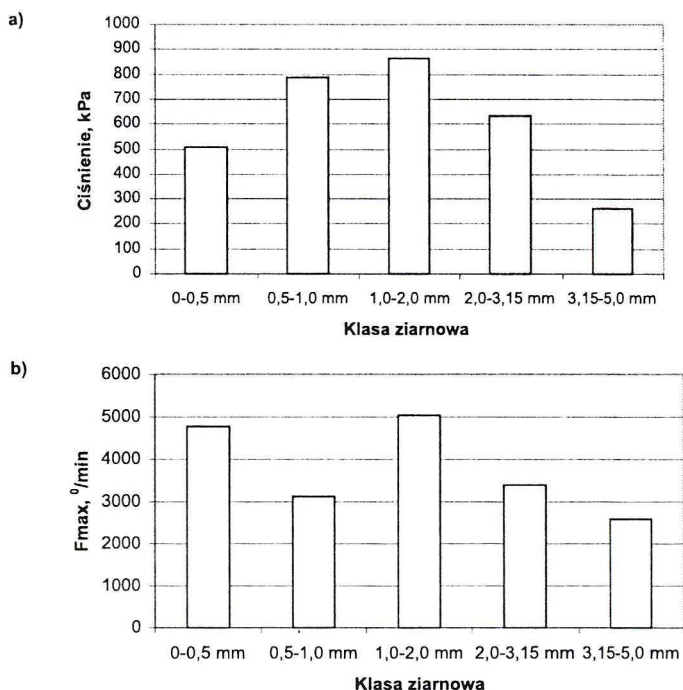


Rys. 1. Wyniki pomiaru: a) ciśnienia generowanego podczas pirolizy przez uplastycznione próbki wybranych klas ziarnowych węgla typu 34.2; b) wskaźnika maksymalnej plastyczności wybranych klas ziarnowych węgla typu 34.2

Fig. 1. Measurement results of: a) the pressure generated during pyrolysis by the plasticized samples of selected grain classes of coal type 34.2; b) maximum plasticity indicator of selected grain classes of coal type 34.2

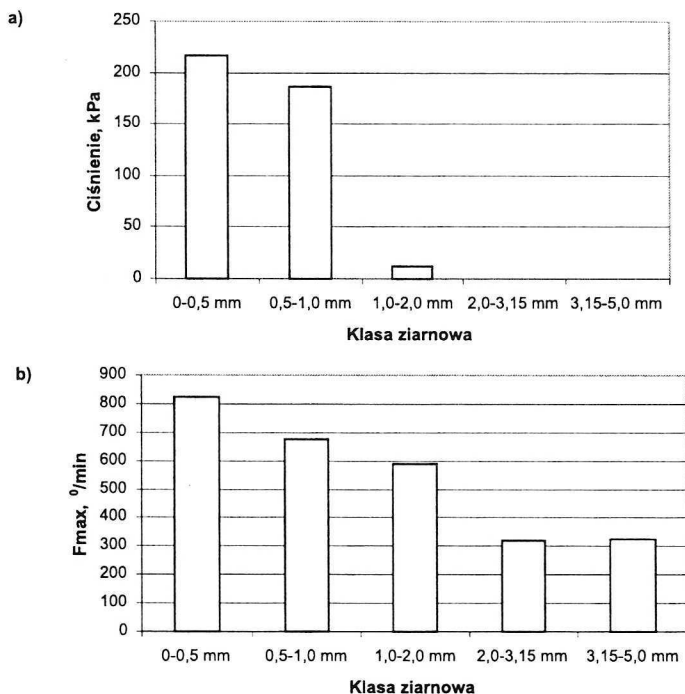
zamieszczono wyniki pomiaru maksymalnego ciśnienia generowanego podczas pirolizy przez badane klasy ziarnowe oraz temperatury, w których to ciśnienie rejestrowano. Na podstawie tych wyników sporządzono wykresy (rys. 1–3) prezentujące wartości generowanego ciśnienia oraz wskaźnika maksymalnej plastyczności dla próbek posiadających to samo uziarnienie. Z wykresów wynika, że charakter zmian ciśnienia podczas pirolizy zbliżony jest do zmian plastyczności węgla. Klasy ziarnowe charakteryzujące się wysoką płynnością masy plastycznej z reguły generowały ciśnienie na wyższym poziomie niż klasy ziarnowe wykazujące niską plastyczność.

Celem drugiego etapu badań był pomiar ciśnienia generowanego podczas pirolizy przez próbki wybranych węgla koksowych oraz mieszanek tych węgla z dodatkami składników nie uplastyczniających się podczas pirolizy. Wybranymi do badań węglami były, podobnie jak w poprzednim etapie, węgiel gazowo-koksowy typu 34.2 oraz węgle ortokoksowe typu 35.1 i 35.2B. Natomiast jako składników inertnych plastycznie użyto węgla brunatnego, antracytu oraz pyłu koksowego pochodzącego z instalacji suchego chłodzenia koksu, których analiza techniczna zawarta jest w tabeli 4. Charakterystykę węgla wyjściowych oraz mieszanek z dodatkami składników inertnych (ze względu na właściwości plastyczne) przedstawiają



Rys. 2. Wyniki pomiaru: a) ciśnienia generowanego podczas pirolizy przez uplastycznione próbki wybranych klas ziarnowych węgla typu 35.1; b) wskaźnika maksymalnej plastyczności wybranych klas ziarnowych węgla typu 35.1

Fig. 2. Measurement results of: a) the pressure generated during pyrolysis by the plasticized samples of selected grain classes of coal type 35.1; b) maximum plasticity indicator of selected grain classes of coal type 35.1



Rys. 3. Wyniki pomiaru: a) ciśnienia generowanego podczas pirolizy przez uplastycznione próbki wybranych klas ziarnowych węgla typu 35.2B; b) wskaźnika maksymalnej plastyczności wybranych klas ziarnowych węgla typu 35.2B

Fig. 3. Measurement results of: a) the pressure generated during pyrolysis by the plasticized samples of selected grain classes of coal type 35.2B; b) maximum plasticity indicator of selected grain classes of coal type 35.2B

tabele 5–10. Z danych zamieszczonych w tabelach wynika, że węgle stosowane w mieszan-
kach jako składniki podstawowe wyraźnie różniły się pod względem stopnia metamorfizmu,
a więc również właściwości plastycznych podczas pirolizy. Komponenty węglowe (w tym
również węgiel brunatny i antracyt) posiadały uziarnienie zbliżone do uziarnienia koksow-

TABELA 4

Wyniki analizy technicznej składników inertnych

TABLE 4

The results of the technical analysis of inert components

Rodzaj próbki	W ^a [%]	A ^a [%]	V ^a [%]	V ^{daf} [%]
Antracyt	0,9	4,7	8,94	9,47
Węgiel brunatny	15,1	13,2	40,51	56,53
Pył koksowy	1,6	13,6	3,12	3,68

TABELA 5

Wyniki analizy technicznej i wskaźniki dylatometryczne mieszanek przygotowanych
na bazie węgla typu 34.2

TABLE 5

The results of the technical analysis and the dilatometric indicators of blends prepared
on the basis of coal type 34.2

Rodzaj próbki	W ^a [%]	A ^a [%]	V ^{daf} [%]	Wskaźniki dylatometryczne				
				t _I [°C]	t _{II} [°C]	t _{III} [°C]	a [%]	b [%]
100% węgla typu 34.2	1,3	6,4	34,78	373	421	445	32	+50
Węgiel typu 34.2 z dodatkiem 5% antracytu	1,2	7,8	32,72	370	421	445	34	+1
Węgiel typu 34.2 z dodatkiem 10% antracytu	1,2	7,1	31,78	380	425	450	35	-2
Węgiel typu 34.2 z dodatkiem 15% antracytu	1,2	7,0	30,73	380	430	450	33	-21
Węgiel typu 34.2 z dodatkiem 20% antracytu	1,3	6,8	28,52	385	438	454	32	-30
Węgiel typu 34.2 z dodatkiem 5% węgla brunatnego	1,7	8,0	35,20	373	422	446	37	-5
Węgiel typu 34.2 z dodatkiem 10% węgla brunatnego	2,2	8,9	36,04	365	423	443	38	-24
Węgiel typu 34.2 z dodatkiem 15% węgla brunatnego	2,5	8,8	36,62	375	433	-	37	brak
Węgiel typu 34.2 z dodatkiem 20% węgla brunatnego	3,1	9,0	37,79	368	443	-	42	brak
Węgiel typu 34.2 z dodatkiem 5% pyłu koksowego	1,1	6,8	31,99	380	426	448	33	-10
Węgiel typu 34.2 z dodatkiem 10% pyłu koksowego	1,2	7,6	30,02	370	435	-	29	brak
Węgiel typu 34.2 z dodatkiem 15% pyłu koksowego	1,1	8,8	28,06	380	440	-	31	brak
Węgiel typu 34.2 z dodatkiem 20% pyłu koksowego	1,2	9,7	27,19	395	450	-	22	brak

nicznych mieszanek wsadowych stosowanych do produkcji koksu systemem zasypowym.
Skład ziarnowy węgla tworzących mieszanek był następujący:

- klasa ziarnowa 6,3–3,15 mm – 16,5%,
- klasa ziarnowa 3,15–1,0 mm – 24,3%,
- klasa ziarnowa 1,0–0,5 mm – 17,0%,
- klasa ziarnowa poniżej 0,5 mm – 42,2%.

Wyniki analizy technicznej i wskaźniki dylatometryczne mieszanek przygotowanych na bazie węgla typu 35.1

TABLE 6

The results of the technical analysis and the dilatometric indicators of blends prepared on the basis of coal type 35.1

Rodzaj próbki	W ^a [%]	A ^a [%]	V _{daf} [%]	Wskaźniki dylatometryczne				
				t _I [°C]	t _{II} [°C]	t _{III} [°C]	a [%]	b [%]
100% węgla typu 35.1	0,6	8,5	28,67	378	423	452	37	+26
Węgiel typu 35.1 z dodatkiem 5% antracytu	0,8	9,3	27,56	375	423	447	27	+13
Węgiel typu 35.1 z dodatkiem 10% antracytu	0,9	8,3	25,88	385	426	455	28	+2
Węgiel typu 35.1 z dodatkiem 15% antracytu	0,6	8,3	24,53	390	435	455	27	-18
Węgiel typu 35.1 z dodatkiem 20% antracytu	1,0	7,9	23,61	378	443	–	32	brak
Węgiel typu 35.1 z dodatkiem 5% węgla brunatnego	1,5	9,4	29,74	368	426	453	35	-1
Węgiel typu 35.1 z dodatkiem 10% węgla brunatnego	2,0	9,7	30,71	368	433	455	31	-19
Węgiel typu 35.1 z dodatkiem 15% węgla brunatnego	2,6	9,3	31,41	373	440	455	31	-29
Węgiel typu 35.1 z dodatkiem 20% węgla brunatnego	2,9	9,7	32,99	370	470	–	43	brak
Węgiel typu 35.1 z dodatkiem 5% pyłu koksowego	1,0	9,2	26,43	375	429	454	33	+6
Węgiel typu 35.1 z dodatkiem 10% pyłu koksowego	1,0	8,9	24,76	370	428	451	27	-10
Węgiel typu 35.1 z dodatkiem 15% pyłu koksowego	0,9	9,4	23,29	385	445	–	20	brak
Węgiel typu 35.1 z dodatkiem 20% pyłu koksowego	0,9	9,0	21,53	388	445	–	28	brak

Natomiast pył koksowy pozyskiwany w instalacji suchego chłodzenia już pierwotnie posiadał bardzo drobną granulację i wprowadzany był do mieszanek jako komponent o następującym uziarnieniu:

- klasa ziarnowa powyżej 3,15 – 2,4%,
- klasa ziarnowa 3,15–1,0 mm – 8,2%,
- klasa ziarnowa 1,0–0,5 mm – 9,0%,
- klasa ziarnowa 0,5–0,2 mm – 49,6%,
- klasa ziarnowa poniżej 0,2 mm – 30,8%.

TABELA 7

Wyniki analizy technicznej i wskaźniki dylatometryczne mieszanek przygotowanych na bazie węgla typu 35.2B

TABLE 7

The results of the technical analysis and the dilatometric indicators of blends prepared on the basis of coal type 35.2B

Rodzaj próbki	W ^a [%]	A ^a [%]	V ^{daf} [%]	Wskaźniki dylatometryczne				
				t _I [°C]	t _{II} [°C]	t _{III} [°C]	a [%]	b [%]
100% węgla typu 35.2B	1,0	6,9	22,19	390	458	–	26	brak
Węgiel typu 35.2B z dodatkiem 5% antracytu	1,0	6,4	21,06	390	453	–	31	brak
Węgiel typu 35.2B z dodatkiem 5% węgla brunatnego	1,4	7,0	23,49	390	465	–	32	brak
Węgiel typu 35.2B z dodatkiem 5% pyłu koksowego	0,9	7,5	21,29	405	475	–	26	brak

TABELA 8

Wskaźniki stanu plastycznego mieszanek przygotowanych na bazie węgla typu 34.2

TABLE 8

Plastic state indicators according to Giescler of blends prepared on the basis of coal type 34.2

Rodzaj próbki		t ₁ [°C]	t _{max} [°C]	t ₃ [°C]	t ₃ -t ₁ [°C]	F _{max} [°/min]
Węgiel gazowo-koksowy typu 34.2		378	433	475	97	4 690
Węgiel gazowo-koksowy typu 34.2	5% antracyt	375	433	466	91	2 560
	10% antracyt	379	433	468	89	1 410
	15% antracyt	383	436	455	72	1 230
	20% antracyt	380	438	468	88	490
Węgiel gazowo-koksowy typu 34.2	5% węgiel brunatny	374	435	466	92	1 470
	10% węgiel brunatny	373	436	461	88	511
	15% węgiel brunatny	380	438	465	85	305
	20% węgiel brunatny	372	431	456	84	103
Węgiel gazowo-koksowy typu 34.2	5% pył koksowy	375	438	468	93	640
	10% pył koksowy	375	438	465	90	433
	15% pył koksowy	382	437	459	77	48
	20% pył koksowy	387	432	454	67	9

TABELA 9

Wskaźniki stanu plastycznego mieszanek przygotowanych na bazie węgla typu 35.1

TABLE 9

Plastic state indicators according to Gieseler of blends prepared on the basis of coal type 35.1

Rodzaj próbki		t_1 [°C]	t_{max} [°C]	t_3 [°C]	t_3-t_1 [°C]	F_{max} [°/min]
Węgiel ortokoksowy typu 35.1		374	446	478	104	3360
Węgiel ortokoksowy typu 35.1	5% antracyt	371	447	477	106	1660
	10% antracyt	385	440	465	80	940
	15% antracyt	386	444	474	88	354
	20% antracyt	385	443	475	90	250
Węgiel ortokoksowy typu 35.1	5% węgiel brunatny	372	447	477	105	1500
	10% węgiel brunatny	378	451	478	100	260
	15% węgiel brunatny	372	451	474	102	211
	20% węgiel brunatny	378	443	471	93	14
Węgiel ortokoksowy typu 35.1	5% pył koksowy	380	448	477	97	670
	10% pył koksowy	381	447	473	92	230
	15% pył koksowy	391	447	469	78	33
	20% pył koksowy	389	437	464	75	13

TABELA 10

Wskaźniki stanu plastycznego mieszanek przygotowanych na bazie węgla typu 35.2B

TABLE 10

Plastic state indicators according to Gieseler of blends prepared on the basis of coal type 35.2B

Rodzaj próbki		t_1 [°C]	t_{max} [°C]	t_3 [°C]	t_3-t_1 [°C]	F_{max} [°/min]
Węgiel ortokoksowy typu 35.2B		385	454	485	100	79
Węgiel ortokoksowy typu 35.2B	5% antracyt	379	454	477	98	40
	5% węgiel brunatny	399	453	481	82	26
	5% pył koksowy	398	456	475	77	18

W czasie pomiaru, co 15 s rejestrowana była temperatura panująca w próbce i ciśnienie, z jakim uplastyczniający się węgiel oddziaływał na tłok urządzenia pomiarowego. Wyniki pomiaru maksymalnego ciśnienia generowanego przez badane próbki oraz temperatury, w której to ciśnienie wystąpiło w czasie pirolizy przedstawia tabela 11. Z danych zamieszczonych w tabeli i sporządzonych na ich podstawie wykresów (rys. 4–5) wynika, że największe ciśnienie wytwarzały uplastycznione próbki węgla ortokoksowego typu 35.1

TABELA 11

Maksymalne ciśnienie generowane podczas pirolizy przez badane próbki oraz temperatura, w której to ciśnienie było rejestrowane

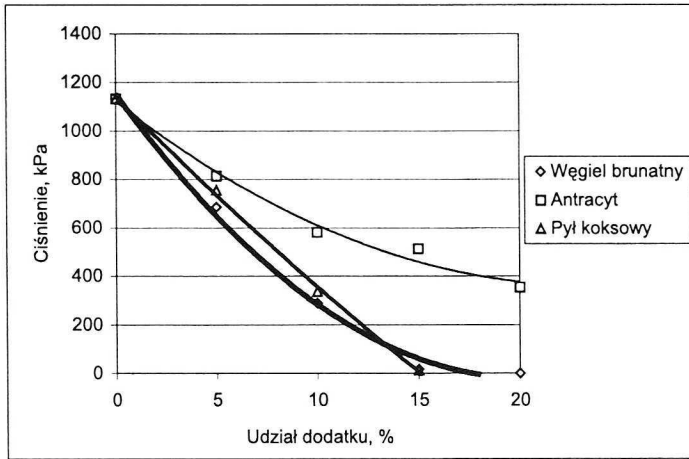
TABLE 11

Maximum pressure generated during pyrolysis by coal samples examined and the temperature in which this pressure was recorded

Udział składnika inertnego w mieszanke [%]	Węgiel gazowo-koksowy 34.2		Węgiel ortokoksowy 35.1		Węgiel ortokoksowy 35.2B	
	temperatura [°C]	maksymalne ciśnienie [kPa]	temperatura [°C]	maksymalne ciśnienie [kPa]	temperatura [°C]	maksymalne ciśnienie [kPa]
Antracyt						
0	457	1 134	467	1 227	472	15
5	456	816	463	895	–	–
10	451	581	458	881	–	–
15	451	514	460	523	–	–
20	449	354	458	396	–	–
Węgiel brunatny						
0	457	1 134	467	1 227	472	15
5	450	685	458	614	–	–
10	454	288	461	462	–	–
15	444	16	462	32	–	–
Pył koksowy						
0	457	1 134	467	1 227	472	15
5	447	754	458	691	–	–
10	453	336	462	282	–	–
15	443	2	457	14	–	–

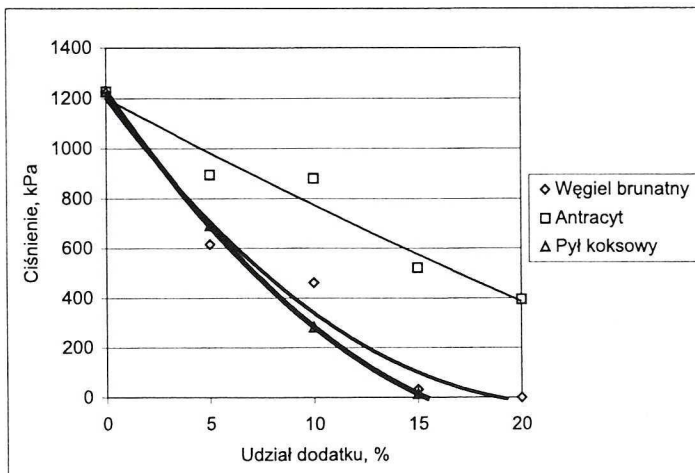
(1227 kPa) oraz węgla gazowo-koksowego (1134 kPa), które jednocześnie odznaczały się najwyższymi wartościami wskaźnika maksymalnej plastyczności F_{max} . Próbki węgla ortokoksowego typu 35.2B posiadające niską płynność masy plastycznej ($F_{max} = 79^{\circ}/min$) generowały ciśnienie na zdecydowanie niższym poziomie. Niska wyjściowa plastyczność węgla typu 35.2B była zapewne powodem braku ciśnienia mierzonego podczas pirolizy mieszanek tego węgla z dodatkiem składników inertnych. Już 5% dodatek do węgla typu 35.2B antracytu, węgla brunatnego lub pyłu koksowego na tyle skutecznie ograniczał plastyczność złoża węglowego, że próbki te nie wykazywały tendencji do wzrostu objętości i nie generowały ciśnienia. Natomiast w przypadku mieszanek pozostałych węgla nawet kilkunastoprocentowy dodatek składników inertnych powodował, że ciśnienie wytwarzane

przez badane próbki było jeszcze zauważalne. Z zamieszczonych na rysunkach 4–5 wykresów wynika również, że największy wpływ na poziom generowanego przez próbki ciśnienia wywierał dodatek węgla brunatnego, który to ciśnienie ograniczał najbardziej oraz niewiele ustępujący mu w tym względzie pył koksowy. Przebieg zmian ciśnienia pod wpływem dodatków tych komponentów przedstawiony na rysunkach zarówno w przypadku węgla gazowo-koksowego jak i ortoksowego typu 35.1 był prawie identyczny. Natomiast



Rys. 4. Zmiana maksymalnego ciśnienia generowanego podczas pirolizy próbek mieszanek węgla typu 34.2 z różnym udziałem składników inertnych

Fig. 4. The change in the maximum pressure generated during pyrolysis of samples of coal blends type 34.2 with various participation of inert components



Rys. 5. Zmiana maksymalnego ciśnienia generowanego podczas pirolizy mieszanek węgla typu 35.1 z różnym udziałem składników inertnych

Fig. 5. The change in the maximum pressure generated during pyrolysis of samples of coal blends type 35.1 with various participation of inert components

antracyt dodawany do węgla typu 34.2 i 35.1 był składnikiem zdecydowanie łagodniej oddziałującym na ciśnienie generowane podczas pirolizy. Komponent ten wprowadzany do mieszanek w ilości 20% powodował, że ciśnienie pozostawało jeszcze na stosunkowo wysokim poziomie. Wyniki te świadczą o tym, iż wydzielające się gazy pirolityczne nawet przy tak dużym dodatku składnika nie uplastyczniającego się, jakim jest antracyt, napotykały na znaczny opór jaki stawiało uplastycznione złożo węglowe. Plastyczność badanych mieszanek mających w swoim składzie antracyt, mierzona za pomocą wskaźnika F_{max} , była bowiem wyraźnie wyższa niż mieszanek z udziałem pozostałych składników inertnych plastycznie. Nie oznacza to jednak, że wyższa plastyczność węgla musi automatycznie determinować wyższy poziom ciśnienia wytwarzanego przez złożo uplastycznionych ziaren węglowych. Przykładem tego jest ciśnienie powstające podczas pirolizy próbek mieszanek węgla ortokoksowego typu 35.1, które generalnie wykazywały wyższe ciśnienie niż charakteryzujące się większą plastycznością próbki mieszanek z udziałem węgla gazowo-koksoowego typu 34.2. Oznacza to, iż plastyczność mieszanek węglowych nie jest jedynym parametrem wpływającym na ciśnienie generowane w warstwie plastycznej wsadu węglowego.

Podsumowanie

Z zaprezentowanych wyników pomiaru ciśnienia powstającego podczas pirolizy wybranych klas ziarnowych węgla koksowych wynika, że wysokie ciśnienie mogą generować wszystkie badane klasy ziarnowe. Ziarna te muszą być jednak zbudowane z substancji węglowej charakteryzującej się odpowiednio wysoką płynnością podczas pirolizy. Tym samym właściwości przemiałowe węgla, od których zależy dystrybucja składników petrograficznych odpowiedzialnych za uplastycznianie węgla pomiędzy poszczególne klasy ziarnowe, są ważnym czynnikiem wpływającym na poziom ciśnienia generowanego podczas pirolizy przez złożo uplastyczniających się ziaren węglowych.

Przeprowadzone badania potwierdzają również, że wprowadzenie do mieszanek węglowych składników inertnych jest skutecznym sposobem korygowania nie tylko jej plastyczności, ale również poziomu ciśnienia wytwarzanego przez warstwę plastyczną w czasie koksowania. Badania wykazały, że dodatek do węgla koksowych – jako podstawowych składników mieszanek – antracytu, pyłu koksowego z ISChK czy węgla brunatnego, który wybrano do badań ze względów czysto poznawczych, powoduje wyraźne obniżenie ciśnienia generowanego przez złożo uplastycznionych ziaren węglowych. W przypadku badanych składników schudzających zaobserwowano jednak wyraźne różnice w wielkości dodatku pozwalającego odpowiednio skutecznie obniżyć to ciśnienie. Można przypuszczać, że różnice te wynikały prawdopodobnie z adsorpcji uplastycznionej substancji węgla koksowych na powierzchni składników inertnych, która ograniczała zdolność takiego heterogenicznego układu do ekspansji, a tym samym do generowania ciśnienia podczas pirolizy.

LITERATURA

- Karcz A., 2001 – Ciśnienie rozprężania Cz. IV. Mechanizm powstawania ciśnienia rozprężania. Karbo, 7–8, 265–273.
- Rozwadowski A., Strugała A., 2003 – Wpływ migracji uplastycznionej substancji węglowej poza obszar warstwy plastycznej na wielkość generowanego ciśnienia rozprężania. Karbo, 2, 85–91.
- Rozwadowski A., Strugała A., 2004 – Identyfikacja czynników wpływających na migrację uplastycznionej substancji węglowej poza obszar warstwy plastycznej w aspekcie wielkości generowanego ciśnienia rozprężania. Karbo, 3, 131–134.
- Rozwadowski A., 2007 – Ciśnienie koksowania mieszanek węglowych przygotowanych z komponentów wyraźnie różniących się właściwościami masy plastycznej podczas pirolizy. Gospodarka Surowcami Mineralnymi t. 23, z. 2, 49–63.
- Strugała A., Porada S., 1999 – Substancja organiczna węgla kamiennego i jej przemiany w procesie pirolizy, Gospodarka Surowcami Mineralnymi t. 15, z. 1, s. 9.

BADANIA CIŚNIENIA GENEROWANEGO PRZEZ WARSTWĘ PLASTYCZNĄ WĘGLI KOKSOWYCH RÓŻNIĄCYCH SIĘ UZIARNIENIEM ORAZ MIESZANEK TYCH WĘGLI Z DODATKAMI SCHUDZAJĄCYMI

Słowa kluczowe

Piroliza, węgiel kamienny, ciśnienie koksowania

Streszczenie

W artykule zostały zaprezentowane wyniki badań wpływu uziarnienia węgla i zawartości w mieszanke węglowej składników inertych (schudzających) na ciśnienie generowane podczas pirolizy przez warstwę plastyczną. Do badań użyto trzech węgla koksowych wyraźnie zróżnicowanych pod względem stopnia metamorfizmu oraz dodatków schudzających w postaci: antracytu, węgla brunatnego oraz pyłu koksowego z instalacji suchego chłodzenia koksu. Badania wykazały, że poziom ciśnienia generowanego podczas pirolizy przez złożę uplastycznionych ziaren węglowych zależy od właściwości reologicznych substancji węglowej, z której są one zbudowane. Wysoki poziom ciśnienia mogą generować zarówno ziarna grube, drobne jak i pośrednie, pod warunkiem, że podczas pirolizy będą tworzyć odpowiednio płynną masę plastyczną.

Badania potwierdziły również, że skutecznym sposobem regulowania ciśnienia wytwarzanego przez złożę uplastycznionych ziaren węglowych (warstwę plastyczną) jest dodatek do mieszanek węglowej składników schudzających, które nie uplastyczniają się podczas pirolizy. Z przeprowadzonych badań wynika, że wielkość dodatku wprowadzanego do mieszanek w celu obniżenia ciśnienia generowanego przez warstwę plastyczną zależy w znacznym stopniu od plastyczności węgla koksowych, która sprzyja wysokiemu ciśnieniu oraz od zdolności schudzających składników inertych. Skuteczność schudzania jest indywidualną cechą każdego składnika i wynika m.in. z różnic w zdolnościach adsorpcyjnych tych składników wobec uplastycznionej termicznie substancji węgla koksowych.

THE RESEARCH INTO THE PRESSURE GENERATED BY THE PLASTIC LAYER OF BITUMINOUS COALS DIFFERING
IN GRANULATION AND OF BLENDS OF THESE COALS AND LEANING COMPONENTS

Key words

Pyrolysis, coal, coking pressure

Abstract

The article presents the results of a research into the influence of the granulation of coals and the inert (leaning) components content in a coal blend on the pressure generated during pyrolysis by the plastic layer. Three bituminous coals were used for the research. They were clearly differentiated in terms of the degree of metamorphism and leaning additions in the form of: anthracite, brown coal and coke dust from the installation of dry coke cooling. The research revealed that the level of the pressure generated during pyrolysis by the deposit of plasticized coal grains depends on the rheological properties of coal substance they are built from. High level of pressure may be generated by coarse, fine as well as in-between grains provided that during pyrolysis they will create appropriately fluid plastic substance.

The research also confirmed that an effective way of regulating the pressure created by the deposit of plasticized coal grains (the plastic layer) is adding to a coal blend leaning components, which do not get plasticized during pyrolysis. The research conducted indicates that the amount of addition put in a blend in order to reduce the pressure generated by the plastic layer to a large extent depends on the plasticity of bituminous coals, which facilitates high pressure and on the leaning capacities of inert components. Leaning ability is an individual characteristic of each component and results from – among others – the differences in the adsorption capacities of these components towards the thermally plasticized substance of bituminous coals.