POLITYKA ENERGETYCZNA
Tom 14 ✧ Zeszyt 2 ✧ 2011
PL ISSN 1429-6675

Władysław LATOCHA*, Wojciech KACZMAREK *, Andrzej STRUGAŁA**, Piotr ŻARCZYŃSKI*

Rozszerzenie bazy węglowej polskiego koksownictwa poprzez wdrożenie wstępnego podsuszania wsadu oraz zastosowanie węgli importowanych

STRESZCZENIE. Silna i trwająca od lat tendencja wzrostowa oczekiwań odbiorców koksu odnośnie jego jakości związana jest z szerokim stosowaniem w procesie wielkopiecowym jego substytutów. Spełnienie tych oczekiwań jest szczególnie trudne w warunkach krajowych z uwagi na ograniczone zasoby najwyższej jakości węgli ortokoksowych. W tej sytuacji wzrasta zainteresowanie rozwiązaniami umożliwiającymi wytwarzanie wysokiej jakości koksu metalurgicznego na bazie mieszanek, zawierających zmniejszony udział węgli ortokoksowych (technologie ubijania, brykietowania, olejowania czy podsuszania wsadu, optymalizacja rozkładu ziarnowego mieszanek wsadowych, suche chłodzenie koksu itp.). Równocześnie krajowe koksownie w coraz większym stopniu wykorzystują importowane węgle koksowe, w tym także zamorskie.

Zmiany kapitałowe, których celem było utworzenie zintegrowanej pionowo Grupy Węglowo-Koksowej wiążącej Jastrzębską Spółkę Węglową S.A. z Koksownią Przyjaźń Sp. z o.o. i Kombinatem Koksochemicznym Zabrze S.A. w sposób szczególny ograniczają dostępność koksowni ArcelorMittal Poland S.A. do najlepszych krajowych węgli koksowych typu 35. Nieustannie wzrastające wymagania jakościowe odbiorców koksu jak i konieczność zachowania konkurencyjności cenowej skłoniły Koksownię Zdzieszowice do rozszerzenia swej bazy surowcowej o węgle importowane. W dalszej kolejności rozważa się możliwość zwiększenia w mieszankach wsadowych udziału węgli gazowo-koksowych poprzez wdrożenie znanej, aczkolwiek nie stosowanej w krajowym koksownictwie technologii wstępnej termicznej preparacji wsadu.

* Mgr inż. — Zakłady Koksownicze Zdzieszowice Sp. z o.o., e-mail: piotr.zarczynski@zkz.com.pl
** Dr hab. inż. — prof. AGH, Wydział Energetyki i Paliw, Kraków; e-mail: strugala@agh.edu.pl

W zakresie wykorzystania do produkcji wysokiej jakości koksu metalurgicznego importowanych węgli koksowych, szczególnie zamorskich, ArcelorMittal Poland S.A. oddział w Zdzieszowicach posiada duże już doświadczenie, gdyż od kilku lat jest największym konsumentem takich węgli. M.in. opracowano i wdrożono procedury komponowania mieszanek węglowych oraz bezpiecznego ich przetwarzania w wysokiej jakości koks.
Spośród szeregu dostępnych technologii przygotowania wsadu węglowego rozpatruje się możliwość wdrożenia wstępnego podsuszania węgla. Przy zachowaniu dotychczasowej jakości produkowanego koksu winno umożliwić to dalsze ograniczenie udziału deficytowych krajowych węgli ortokoksowych w stosowanych mieszankach wsadowych poprzez ich substytucję węglami gazowo-koksowymi.
W artykule będącym kontynuacją tematyczną badań prezentowanych w ubiegłym roku [1], przedstawiono porównanie efektów podsuszania wsadu dla dwóch wariantów mieszanek stosowanych w Koksowni Zdzieszowice, tj. mieszanek skomponowanych wyłącznie z węgli krajowych oraz mieszanek skomponowanych z udziałem węgli importowanych. Jako efekt podsuszania przyjęto możliwość zwiększenia udziału w mieszankach węgli gazowo-koksowych przy zachowaniu dotychczasowej jakości produkowanego koksu.

SŁOWA KLUCZOWE: koksownictwo, baza węglowa, wstępne podsuszanie wsadu, jakość koksu

Wprowadzenie

Ograniczone zasoby krajowych węgli ortokoksowych w najbliższych latach nie będą pokrywać zapotrzebowania polskich koksowni na ten surowiec. Zmiany kapitałowe, które doprowadziły do powstania zintegrowanej pionowo Grupy Węglowo-Koksowej, wiążącej Jastrzębską Spółkę Węglową S.A. z Koksownią Przyjaźń Sp. z o.o. i Kombinatem Koksochemicznym Zabrze S.A. sprawiają, że to Koksownia Zdzieszowice w szczególności będzie miała ograniczoną dostępność do tych węgli. W warunkach nieustannie wzrastających wymagań jakościowych odbiorców koksu jak i konieczności zachowania konkurencyjności cenowej Koksownia Zdzieszowice podjęła działania, pozwalające w optymalny sposób rozszerzyć stosowaną bazę surowcową o węgle importowane, w tym zamorskie. Podjęto także działania mające na celu ocenę możliwości zwiększenia w mieszankach wsadowych udziału węgli gazowo-koksowych (przy wykorzystaniu importowanych węgli ortokoksowych oraz utrzymaniu dotychczasowej jakości koksu), a także poprzez wykorzystanie w procesie technologicznym takich operacji jak: ubijanie wsadu, brykietowanie, olejowanie, podsuszanie wsadu dla baterii pracujących w systemie zasypowym, optymalizacja rozkładu ziarnowego mieszanek wsadowych czy suche chłodzenie koksu.

Celem prezentowanych w tym artykule badań i analiz było określenie wpływu operacji podsuszania mieszanek węglowych na gęstość nasypową wsadu w komorze napełnianej systemem zasypowym oraz na parametry jakościowe produkowanego koksu. Badania te prowadzono pod kątem określenia możliwości zwiększenia w stosowanych dotychczas mieszankach udziału węgli typu 34 przy jednoczesnym wykorzystaniu dobrej jakości węgli zamorskich, bez pogorszenia parametrów jakościowych produkowanego koksu.

Badania obejmowały próby komorowe w Koksowni Zdzieszowice oraz testy w piecu doświadczalnym z ruchomą ścianą 400 kg w Centre de Pyrolyse de Marienau (Francja) dla trzech receptur mieszanek o wzrastającym udziale węgli typu 34, wynoszącym odpowiednio: 10%, 20% i 30%. Obiektem badań były dwa warianty mieszanek, z których pierwsze zawierały wyłącznie węgle krajowe, a drugie także importowane węgle ortokoksowe.

1. Baza węgli koksowych

Krajowymi producentami węgli koksowych są dwa przedsiębiorstwa górnicze, tj. Jastrzębska Spółka Węglowa S.A. oraz Kompania Węglowa SA. Krótką charakterystykę zasobów tych przedsiębiorstw podano w tabeli 1.

TABELA 1. Charakterystyka krajowej bazy surowcowej węgla koksowego

TABLE 1. Characteristics of domestic coking coal resource base

Spółka	Zasoby bilansowe [mln Mg]	Zasoby operatywne [mln Mg]	% udziału typu węgla
JSW S.A.	1 907	523	66% – typ 35 27% – typ 34 7% – inne węgle
Kompania Węglowa S.A. (w tym 5 kopalń węgla koksowego)	3 800	803	ok. 50% typ 34 ok. 50% – węgiel energetyczny

Źródło: [4, 5]

W ostatnich latach obserwowany spadek wydobycia dobrej jakości węgli ortokoksowych (typu 35) jest w głównej mierze konsekwencją braku inwestycji w poprzednich kilkunastu latach w nowe pola eksploatacyjne w kopalniach [7].

Do roku 2020 Jastrzębska Spółka Węglowa S.A. przyjęła do realizacji strategię rozwoju zakładającą nakłady inwestycyjne na poziomie około 7 mld PLN. Ten znaczący wysiłek inwestycyjny pozwoli tylko na utrzymanie wydobycia węgli typu 35 na poziomie około 10,2 mln Mg, co jednak nie zaspokoi krajowego zapotrzebowania [4, 5, 10]. Dla Koksowni Zdzieszowice oznacza to, że będzie musiała kupować zagraniczne, w tym także zamorskie węgle ortokoksowe.

Kompania Węglowa S.A. podejmuje wysiłek inwestycyjny, mający na celu zmianę struktury wydobycia w latach 2013–2014 na rzecz zwiększenia udziału węgla gazowo-koksowego typu 34, co oznacza, że na rynku krajowym pojawią się zwiększone ilości tego węgla. W wyniku tych działań nie wzrośnie natomiast podaż węgli koksowych typu 35.

Prognozowana produkcja koksu w Polsce będzie wynosiła w najbliższych latach około 11,2 mln Mg. Przy uwzględnieniu stosowanych technologii wytwarzania, do produkcji tej ilości koksu niezbędne będą dostawy węgli koksowych w łącznej ilości 15,3 mln Mg/rok [4, 5], w tym:

- węgla typu 35 – 11,5 mln Mg/rok,
- węgla typu 34 – 3,8 mln Mg/rok.

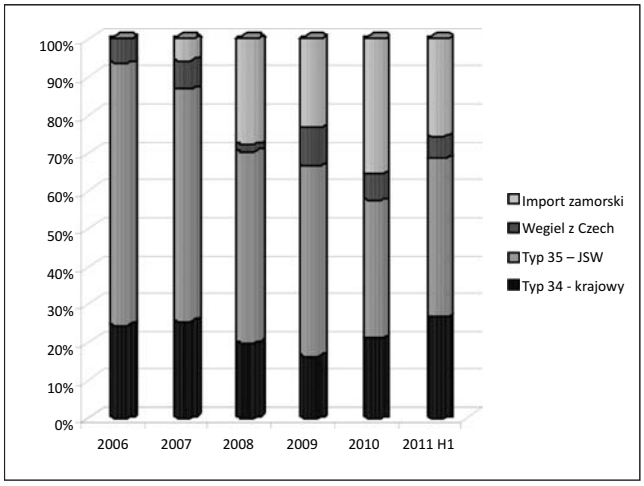
W warunkach przewidywanego deficytu krajowych węgli typu 35 oraz zwiększenia podaży krajowych węgli typu 34, naturalnym kierunkiem działań koksowni jest poszukiwanie możliwości zwiększenia udziału tych ostatnich w mieszankach, oczywiście przy zachowaniu wymaganej jakości koksu. Zasadność ekonomiczna takich działań wynika z różnic cenowych pomiędzy typami 34 i 35. W 2010 i w pierwszej połowie bieżącego roku przeciętna relacja cen węgli typu 34 i 35 wynosiła 1:1,66. Zapewnia to wysoką efektywność ekonomiczną substytucji węgli typu 35 przez typ 34. Należy zauważyć, że choć zwiększenie popytu na węgle typu 34 może doprowadzić do pewnego pogorszenia tej korzystnej różnicy, to nie powinno to być groźne dla rachunku ekonomicznego koksowni. Ze względu na zbieżność celów odbiorców i producentów węgli, ci ostatni w przypadku sprzedaży węgla koksowego realizują zawsze wyższą marżę niż w przypadku sprzedaży tego surowca odbiorcom z branży energetycznej [9]. Jak pokazuje natomiast doświadczenie ostatnich lat, głównym czynnikiem wpływającym na zbliżenie się cen węgli typów 34 i 35 jest dekoniunktura na rynku stali.

Ograniczenie podaży dobrej jakości węgli koksowych na rynku krajowym oraz europejskim spowodowało wzrost udziału importowanych węgli, głównie zamorskich, w strukturze zużycia tego surowca w Koksowni Zdzieszowice. Dodatkowym czynnikiem ograniczającym dostępność Koksowni Zdzieszowice do najlepszych węgli ortokoksowych typu 35 są zmiany kapitałowe, których celem było wspomniane już utworzenie zintegrowanej pionowo Grupy Węglowo-Koksowej wiążącej Jastrzębską Spółkę Węglową S.A. z Koksownią Przyjaźń Sp. z o.o. i Kombinatem Koksochemicznym Zabrze S.A. [4, 5]. Wykres na rysunku 1 przedstawia strukturę dostaw węgla do Koksowni Zdzieszowice w ostatnich latach. Z przedstawionych danych wynika, że znacznie zmalała ilość węgla typu 35 dostarczanego z Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. Braki te zostały uzupełnione przez import węgli zamorskich. Jednocześnie zwiększony udział krajowego węgla typu 34 był wynikiem zmiany struktury produkcji (produkcja koksu wysokoreakcyjnego), a także skuteczności działań podjętych w zakresie optymalizacji receptur mieszanek węglowych (ukierunkowanych na zwiększone wykorzystanie krajowego węgla typu 34 przy jednoczesnym zastosowaniu najlepszych węgli zamorskich).

Należy zaznaczyć, że różnica cen krajowych i importowanych węgli typu 35 nie jest znaczna [8, 9]. Jednak w przypadku dostaw znacznych ilości węgli z importu należy liczyć się z szeregiem niedogodności, takich jak:

- ograniczone zdolności magazynowe i przeładunkowe portów,
- trudności logistyczne w transporcie węgli drogą morską (opóźnienia, duże jednostki transportowe itp.),
- trudności logistyczne w transporcie węgli drogą lądową z portu do koksowni,
- trudne do rozstrzygnięcia kwestie sporne odnośnie parametrów jakościowych węgli,

✧ konieczność zwiększenia zapasów na składowisku – w wymiarze finansowym zapasy obejmują surowiec w drodze morskiej, lądowej i na składowisku, co oznacza zwiększenie wskaźnika rotacji zapasów, powodujące konieczność zwiększenia kapitału obrotowego.



Rys. 1. Struktura dostaw węgli do Koksowni Zdzieszowice w latach 2006 – I połowa 2011

Fig. 1. Zdzieszowice coke plant coking coals delivery structure from 2006 to the 1st half of the 2011

Wymienione niedogodności oznaczają w konsekwencji wzrost kosztów tych węgli, utrudnienia technologiczne oraz wzrost ryzyka operacyjnego w działalności koksowni. Z tego względu preferowana winna być baza krajowa pozwalająca na wykorzystanie renty geograficznej [11].

2. Technologiczne możliwości poprawy jakości koksu w zakresie przygotowania wsadu

Analizy efektywności operacji przygotowania wsadu do koksowania prowadzone są zazwyczaj albo w aspekcie poprawy jakości koksu produkowanego na bazie tej samej mieszanki albo w aspekcie produkcji koksu o niezmienionej jakości z uboższej, a zatem i tańszej mieszanki węglowej. Cele te, najogólniej mówiąc można osiągnąć przez [2, 3, 6]:

✧ optymalizację receptury (właściwości koksotwórczych) mieszanki węglowej,

✧ zwiększenie gęstości nasypowej wsadu.

W Koksowni Zdzieszowice przeprowadzono już szereg działań optymalizujących składy mieszanek do produkcji koksu, zarówno na bateriach pracujących w systemie ubijanym jak i zasypowym. Funkcją celu tych działań było zwiększenie w mieszankach udziału węgli

typu 34 przy równoczesnym wykorzystaniu dostępnych, wysokojakościowych węgli zamorskich. Jak pokazano na rysunku 1 działania te umożliwiły zwiększenie udziału węgli typu 34 o około 4–7%.

Największe możliwości zwiększenia gęstości nasypowej stwarza zastąpienie zasypowej technologii napełniania komór koksowniczych technologią wsadu ubijanego. Zmianę taką przy okazji modernizacji baterii koksowniczych rozważa szereg krajowych koksowni. W przypadku baterii napełnianych systemem zasypowym możliwe jest zwiększenie zagęszczenia wsadu w komorze poprzez [2, 3, 6]:

- ✧ optymalizację składu ziarnowego,
- ✧ olejowanie wsadu,
- ✧ brykietowanie lub granulowanie części wsadu,
- ✧ wstępną obróbkę termiczną wsadu (podsuszanie lub podgrzewanie).

Optymalizacja składu ziarnowego jest operacją najszerzej stosowaną, zarówno w koksowniach krajowych, jak i europejskich. W niektórych koksowniach w Europie stosuje się też olejowanie wsadu, natomiast pozostałe operacje aktualnie nie są powszechnie stosowane.

Zmiany w podaży węgli ortokoksowych przy nieustannym wzroście oczekiwań odbiorców co do jakości koksu stanowią dla większości europejskich koksowni poważne wyzwanie. W ostatnim czasie badania nad przedkomorowymi operacjami technologicznymi podjęło szereg koksowni, m.in. badania nad brykietowaniem wsadu połączone z budową instalacji pilotowych rozpoczęła Koksownia Przyjaźń S.A. oraz należąca do koncernu ArcelorMittal Koksownia w Dunkierce. W roku 2010 Koksownia Zdzieszowice we współpracy z Instytutem Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrzu rozpoczęły badania nad wpływem operacji podsuszania wsadu na proces koksowania w ramach projektu badawczego „Inteligentna koksownia spełniająca wymagania najlepszej dostępnej techniki".

3. Badania nad wpływem operacji podsuszania na jakość produkowanego koksu

Celem badań zrealizowanych przez Koksownię Zdzieszowice było określenie wpływu operacji podsuszania mieszanek węglowych na gęstość nasypową wsadu w komorze napełnianej systemem zasypowym oraz parametry jakościowe produkowanego koksu. Badania te prowadzono w aspekcie określenia możliwości zwiększenia w stosowanych dotychczas mieszankach udziału węgli typu 34 oraz dobrej jakości węgli zamorskich (bez pogorszenia parametrów jakościowych produkowanego koksu).

W celu określenia możliwości zwiększenia zawartości w mieszankach węgli typu 34 przeprowadzono próby dla trzech receptur mieszanek, tj.:

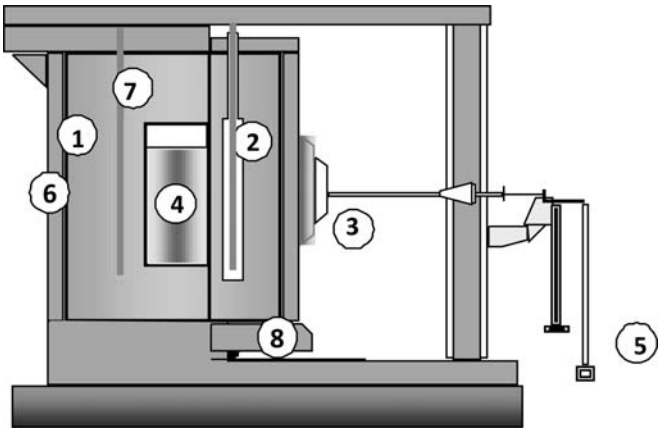
- ✧ standardowej mieszanki wsadowej stosowanej w Koksowni Zdzieszowice dla baterii systemu zasypowego o udziale węgla typu 34 wynoszącym 10%,

- ✧ mieszanki wsadowej o podwyższonym udziale węgla typu 34 do 20%,
- ✧ mieszanki wsadowej o wysokim udziale węgla typu 34 do 30%.

Badania te przeprowadzono dla dwóch wariantów mieszanek węglowych, tj. dla mieszanek skomponowanych wyłącznie z węgli krajowych oraz mieszanek skomponowanych z udziałem węgli importowanych, dostępnych dla Koksowni Zdzieszowice w najbliższych latach. Program badań obejmował:

- ✧ komorowe próby koksowania mieszanek wilgotnych (9%) na bateriach systemu zasypowego w Koksowni Zdzieszowice (3 x 10 komór),
- ✧ próby koksowania mieszanek wilgotnych (9%) i podsuszonych (5%) w piecu doświadczalnym 400 kg z ruchomą ścianą w Centre de Pyrolyse de Marienau we Francji (łącznie 6 testów).

Na rysunku 2 przedstawiono schemat pieca 400 kg z ruchomą ścianą w CPM, a na rysunku 3 widok tego pieca podczas wypychania koksu od strony maszynowej.



Rys. 2. Piec 400 kg z ruchomą ścianą w CPM
1 – ściana nieruchoma, 2 – ściana ruchoma, 3 – tensometr, 4 – pomiar ciśnienia gazu wewnątrz warstwy plastycznej, 5 – przeciwwaga (kalibracja), 6 – pomiar skurczu poprzecznego, 7 – elementy grzejne, 8 – ruchomy wózek na szynach

Fig. 2. Movable Wall Oven 400 kg in CPM
1 – fix wall, 2 – movable wall, 3 – extensometer, 4 – gas pressure measurement within the plastic layer, 5 – counterbalance (calibration), 6 – cross shrinkage measurement, 7 – heating elements, 8 – movable car on the rails

Dla zapewnienia zbliżonych warunków koksowania w piecu testowym proces koksowania prowadzono w warunkach podanych w tabeli 2.

Dla potrzeb testów koksowania prowadzonych w piecu doświadczalnym w CPM podsuszanie wsadu do zawartości wilgoci całkowitej około 5% prowadzono poprzez suszenie w temperaturze otoczenia.

Rys. 3. Operacja wypychania koksu – widok ze strony maszynowej na piec z ruchomą ścianą 400 kg w CPM

Fig. 3. Coke cake pushing operation – the view from the pusher side on the 400 kg movable wall oven in CPM

TABELA 2. Parametry procesu koksowania mieszanek węglowych przyjęte do badań wpływu podsuszania na proces koksowania w CPM

TABLE 2. Coking process parameters used in CPM during the determination of the influence of the pre-drying operation on the coking process

Parametr	Koksownia Zdzieszowice, baterie PWR-63	CPM, Piec z ruchomą ścianą (400 kg)
Czas koksowania [h]	15,5	18
Szerokość komory [mm]	410	475
Gęstość nasypowa w przeliczeniu na stan suchy (dla mieszanek o zaw. wilgoci 9%) [kg/m^3]	740	740 (dla podsuszonych uzyskano 760–790 kg/m^3 – parametr badany)
Szybkość koksowania [mm/h]	13,2	13,2

3.1. Wyniki badań dla mieszanek skomponowanych wyłącznie z węgli krajowych

Wyniki prób komorowych w Koksowni Zdzieszowice

Przedmiotem badań były mieszanki węglowe skomponowane wyłącznie z węgli krajowych, oznaczone symbolami: Z1, Z3, Z5. Charakterystykę poszczególnych komponentów oraz otrzymanych z nich mieszanek wsadowych przedstawiono w tabeli 3. W tabeli 4 przedstawiono charakterystykę jakościową koksu otrzymanego z tych mieszanek.

TABELA 3. Właściwości poszczególnych komponentów węglowych i mieszanek Z1, Z3, Z5

TABLE 3. Coal components and the properties of the Z1, Z3 and Z5 coal blends

	Zofiówka typ 35	Borynia typ 35	Pniówek typ 35	Jasmos typ 35	Knurów typ 34	Mieszanka Z1	Mieszanka Z3	Mieszanka Z5
						Udział węgla typu 34		
						10%	20%	30%
W_t [%]	10,6	8,0	8,3	8,6	7,0	9,0	8,6	8,6
A^d [%]	5,1	5,6	6,3	5,2	7,6	6,5	6,6	6,2
V^{daf} [%]	23,48	22,8	27,42	20,98	32,53	25,20	27,18	26,31
SI	9	8	8,5	8,5	8,5	8,5	7,5	8,5
RI	78	82	79	72	52	82	83	83
a	–31	–31	–31	–27	–25	–31	–28	–30
b	80	56	147	26	17	59	49	53
S_t [%]	0,567	0,532	0,745	0,524	0,715	0,638	0,632	0,664
Cl [%]	0,152	0,136	0,166	0,114	0,159	0,144	0,139	0,151
P [%]	0,039	0,031	0,048	0,007	0,082	0,042	0,052	0,045
Alkalia [%]	0,204	0,224	0,27	0,133	0,309	0,263	0,295	0,214

Zgodnie z oczekiwaniami, ze wzrostem w mieszankach udziału węgla typu 34 zaobserwowano pogorszenie jakości koksu; i tak np. pogorszyła się wytrzymałość mechaniczna koksu M_{40} – z 78,2 do 76,1 (o 2,1 j.); znacznie spadła wytrzymałość poreakcyjna CSR – z 60,8 do 54,9 (tj. o 5,9 j.).

Wyniki testów koksowania w piecu doświadczalnym 400 kg z ruchomą ścianą

W tabeli 5 przedstawiono wybrane parametry mieszanek skomponowanych wyłącznie z węgli krajowych oraz parametry jakościowe koksów otrzymanych w wyniku koksowania tych mieszanek w piecu doświadczalnym CPM.

TABELA 4. Jakość koksu otrzymanego w trakcie prób komorowych z mieszanek skomponowanych wyłącznie z węgli krajowych

TABLE 4. Quality of the coke produced during the chamber tests with the use of the domestic coals

	Koks z mieszanki Z1	Koks z mieszanki Z3	Koks z mieszanki Z5
W_t [%]	3,2	6,4	5,8
A^d [%]	9,9	10,2	9,7
V^{daf} [%]	0,82	1,11	0,75
S_t [%]	0,553	0,571	0,531
Cl [%]	0,052	0,056	0,065
P [%]	0,053	0,059	0,064
Alkalia [%]	0,412	0,463	0,441
M_{40}	78,2	76,1	76,0
M_{10}	6,5	5,9	5,9
I_{40}	49,6	45,4	46,0
I_{10}	20,2	16,4	17,8
CRI	30,6	31,8	33,2
CSR	60,8	58,2	54,9

TABELA 5. Charakterystyka mieszanek skomponowanych wyłącznie z krajowych węgli oraz parametry jakościowe koksu otrzymanego w piecu doświadczalnym CPM

TABLE 5. Characteristics of coal blends based on domestic resources and the quality parameters of the coke produced during the tests in the movable wall oven in CPM

Parametr	10% typ 34		20% typ 34		30% typ 34	
Mieszanka						
W_t^r [%]	9,1	4,9	8,8	4,8	8,8	4,9
Gęstość nasypowa [kg/m^3]	740	781	744	772	741	767
Ciśnienie rozprężania [kPa]	4,8	7,6	4,2	6,5	4,3	5,6
Koks						
M_{40}	66,3	70,1	66,7	69,1	67,0	68,2
M_{10}	8,8	7,6	8,8	8,1	9,2	8,5
I_{40}	37,5	42,7	37,0	42,5	37,7	40,1
I_{10}	24,5	22,4	25,1	23,4	25,8	24,1
CRI	29,9	29,1	30,3	29,5	29,9	30,2
CSR	52,2	56,4	50,6	54,5	49,0	51,8

W przypadku mieszanek skomponowanych wyłącznie z węgli krajowych podsuszenie pozwala na zwiększenie w mieszance udziału węgla typu 34 o około 20% (z 10 do 30%) bez istotnego pogorszenia jakości koksu. Zwiększenie zawartości węgla typu 34 w mieszance w badanym przedziale oraz obniżenie zawartości wilgoci z około 9% do około 5% nie wpływa też znacząco na jednostkowy uzysk koksu. W przypadku koksowania podsuszonych mieszanek nie zaobserwowano też niebezpiecznego wzrostu ciśnienia rozprężania.

3.2. Wyniki badań dla mieszanek skomponowanych z udziałem węgli importowanych

Wyniki prób komorowych w Koksowni Zdzieszowice

Przedmiotem badań były mieszanki węglowe skomponowane z udziałem węgli importowanych, stanowiących potencjalną bazę surowcową dla Koksowni Zdzieszowice w najbliższych latach (oznaczonych symbolami: Z7, Z9 i Z11). Charakterystykę poszczególnych komponentów oraz otrzymanych z nich mieszanek wsadowych przedstawiono w tabeli 6. W tabeli 7 przedstawiono charakterystykę jakościową koksu wyprodukowanego z tych mieszanek.

TABELA 6. Właściwości poszczególnych komponentów węglowych i mieszanek Z7, Z9, Z11

TABLE 6. Properties of coal components and the Z7, Z9, Z11 coal blends

	Bor-Zofiówka typ 35	Pniówek typ 35	CSM typ 35	Shoal Creek typ 35	Blue Creek 4 typ 35	Knurów typ 34	Mieszanka Z7	Mieszanka Z9	Mieszanka Z11
							Udział węgla typu 34		
							10%	20%	30%
W_t [%]	11,6	9,3	8,3	8,0	7,6	5,6	9,6	8,3	7,3
A^d [%]	4,9	6,1	5,9	8,2	7,9	6,3	6,1	6,7	6,3
V^{daf} [%]	22,85	27,58	26,64	29,13	28,07	30,73	26,18	27,27	29,17
SI	8,5	8	8	8	7,5	8	8	9	7,5
RI	80	80	80	80	88	77	82	81	74
a	–25	–31	–29	–29	–32	–32	–30	–31	–30
b	86	124	108	192	231	46	131	108	53
S_t [%]	0,538	0,772	0,732	0,833	0,814	0,713	0,637	0,673	0,690
Cl [%]	0,146	0,165	0,153	0,109	0,116	0,151	0,145	0,135	0,139
P [%]	0,029	0,035	0,028	0,041	0,025	0,052	0,035	0,042	0,038
Alkalia [%]	0,201	0,302	0,255	0,326	0,340	0,301	0,243	0,239	0,255

TABELA 7. Jakość koksu otrzymanego w trakcie prób komorowych z mieszanek skomponowanych z udziałem węgli importowanych

TABLE 7. Quality of the coke produced during the chamber tests with the use of the domestic and overseas coals

	Koks z mieszanki Z7	Koks z mieszanki Z9	Koks z mieszanki Z11
W_t [%]	5,0	6,0	3,6
A^d [%]	10,3	10,6	10,5
V^{daf} [%]	0,88	0,85	0,79
S_t [%]	0,534	0,577	0,575
Cl [%]	0,058	0,060	0,059
P [%]	0,063	0,065	0,068
Alkalia [%]	0,403	0,416	0,412
M_{40}	81,8	78,4	77,6
M_{10}	5,8	5,6	6,2
I_{40}	57,0	49,0	50,4
I_{10}	18,6	18,8	19,6
CRI	27,3	29,1	28,9
CSR	62,0	60,1	59,2

Mieszanki z udziałem wysokiej jakości węgli importowanych pozwoliły uzyskać koks o jakości wyższej niż wyłącznie z węgli krajowych. Również w przypadku tych mieszanek, zgodnie z oczekiwaniami, nastąpiło pogorszenie jakości koksu wraz ze wzrostem udziału w mieszance węgli typu 34. I tak, ze wzrostem udziału węgla typu 34 w badanym przedziale wyraźnie pogorszyła się wytrzymałość koksu M_{40} z 81,8 do 77,6 (o 4,2 j.) oraz obniżyła się wytrzymałość poreakcyjna koksu CSR z 62,0 do 59,2 (tj. o 2,8 j.).

Wyniki testów koksowania w piecu doświadczalnym 400 kg z ruchomą ścianą

Podstawowe parametry mieszanek skomponowanych z udziałem węgli importowanych oraz parametry jakościowe koksów otrzymanych w wyniku koksowania tych mieszanek w piecu doświadczalnym CPM przedstawiono w tabeli 8. W przypadku mieszanek skomponowanych z udziałem węgli importowanych wyniki nie były już jednoznaczne i tak dobre jak dla mieszanek skomponowanych wyłącznie z węgli krajowych; możliwości zwiększenia udziału węgli typu 34 w mieszance wydają się nieco mniejsze niż dla mieszanki z węgli krajowych (ok. 20%). Zwiększenie zawartości węgla typu 34 w mieszance w badanym przedziale oraz obniżenie zawartości wilgoci z około 9% do około 5% nie wpłynęło

TABELA 8. Charakterystyka mieszanek skomponowanych z udziałem węgli z importu oraz parametry jakościowe koksu otrzymanego w piecu doświadczalnym CPM

TABLE 8. Characteristics of coal blends based on both domestic and overseas coals and the quality parameters of the coke produced during the tests in the movable wall oven in CPM

Parametr	10% typ 34		20% typ 34		30% typ 34	
Mieszanka:						
W_t^r [%]	9,2	5,1	9,1	4,8	9,1	4,8
Gęstość nasypowa [kg/m3]	751	763	741	774	747	791
Ciśnienie rozprężania [kPa]	3,2	6,4	4,5	6,1	4,0	6,0
Koks:						
M40	68,4	68,0	70,0	66,4	67,1	70,7
M10	6,7	6,7	7,0	6,8	7,4	10,1
I40	40,4	43,2	41,0	38,9	38,6	42,4
I10	22,0	21,2	22,9	21,9	23,9	18,5
CRI	28,3	28,9	27,9	29,8	29,6	30,7
CSR	53,5	52,7	53,3	52,8	55,9	50,9

znacząco na jednostkowy uzysk koksu. Nie zaobserwowano też niebezpiecznego wzrostu ciśnienia rozprężania w przypadku koksowania podsuszonych mieszanek.

Podsumowanie

W sytuacji doświadczanego obecnie i prognozowanego na następne lata deficytu krajowych węgli ortokoksowych Koksownia Zdzieszowice podjęła dwutorowe działania. W pierwszym etapie zastosowano do komponowania mieszanek węglowych węgle importowane. Opracowanie optymalnych receptur z udziałem wysokiej jakości węgli importowanych pozwoliło na obniżenie udziału w mieszankach wsadowych deficytowych krajowych węgli ortokoksowych o około 30–40%.

Kolejne podjęte działanie to analiza możliwości zastosowania operacji termicznej preparacji wsadu dla baterii pracujących w zasypowym systemie napełniania komór. Rozważania skoncentrowano na łagodniejszej wersji tego procesu, czyli podsuszaniu prowadzącym do częściowego usunięcia wilgoci całkowitej z wsadu – do zawartości około 5%. Wykonano próby koksowania mieszanek podsuszonych w instalacji doświadczalnej z piecem 400 kg z ruchomą ścianą w Centre de Pyrolyse de Marienau we Francji dla dwóch wariantów mieszanek. Wyniki otrzymane dla mieszanek złożonych wyłącznie z węgli

krajowych wskazują, że podsuszenie pozwala na zwiększenie w mieszance udziału węgla typu 34 o około 20% bez istotnego pogorszenia jakości koksu. Dla mieszanek złożonych z węgli krajowych i importowanych możliwość zwiększenia udziału węgli typu 34 jest nieco mniejsza. W obu seriach badań zaobserwowano przyrost gęstości nasypowej mieszanki w komorze pieca doświadczalnego. Nie stwierdzono istotnego zmniejszenia uzysku koksu. Dla mieszanek podsuszanych zaobserwowano wzrost ciśnienia rozprężania, które pozostawało jednak wciąż na bezpiecznym poziomie.

Koksownia Zdzieszowice planuje kontynuację badań nad operacją podsuszania, w tym dalsze próby w piecu 400 kg z ruchomą ścianą w CPM we Francji, mające na celu m.in. określenie wpływu podsuszania na właściwości koksotwórcze mieszanki wsadowej oraz jakość produkowanego koksu, a w przyszłości planuje się także wykonanie próby z mieszanką podsuszoną w skali przemysłowej (komorowej).

Praca wykonana w ramach projektu kluczowego nr POIG.01.01.02-24-017/08 „Inteligentna koksownia spełniająca wymagania najlepszej dostępnej techniki" dofinansowanego z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego

Literatura

[1] LATOCHA W., SIKORSKI C., STRUGAŁA A., 2010 – Technologiczna ocena możliwości dywersyfikacji dostaw węgli do krajowych koksowni. Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, nr 78, s. 127–145. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.

[2] POULTNEY R. M., WILLMERS R. R., 2000 – Assessment of coal pre-treatment systems. The Coke oven Managers' year-book 2000, s. 159–158.

[3] KARCZ A., STRUGAŁA A., 2008 – Zwiększenie szans wykorzystania krajowej bazy węgli koksowych poprzez działania technologiczne w zakresie przygotowania mieszanek wsadowych. Gospodarka Surowcami Mineralnymi t. 24, Kraków 2008, s. 5–18, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.

[4] SIKORSKI C., 2009 – Aktualny stan i perspektywy przemysłu koksowniczego w Polsce. (Materiały informacyjne ArcelorMittal – niepublikowane).

[5] ZAGÓROWSKI J., CZORNIK G., 2010 – Rozwój Jastrzębskiej Spółki Węglowej SA. Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN nr 78, s. 199–210. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.

[6] CZAPLICKI A., 2007 – Podsuszanie wsadu przed koksowaniem. Karbo 2007, wydanie specjalne, s. 47–57.

[7] OZGA-BLASCHKE U., 2010 – Gospodarka węglem koksowym. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.

[8] OZGA-BLASCHKE U., 2008 – Relacje cen węgla koksowego i koksu metalurgicznego na rynkach międzynarodowych. Polityka Energetyczna t. 11, z. 1, s. 335–349, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.

[9] OZGA-BLASCHKE U., 2009 – Relacje cen węgli koksowych i energetycznych na rynkach międzynarodowych. Polityka Energetyczna t. 11, z. 1, s. 453–463, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.

[10] Olkuski T., 2010, – Zmiana trendu w handlu polskim węglem. Polityka Energetyczna t. 13, z. 2, s. 365–374, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.

[11] OZGA-BLASCHKE U., 2010 – Uwarunkowania importu węgla koksowego do Polski. Przegląd Górniczy nr 3–4, s. 15–20.

Władysław LATOCHA, Wojciech KACZMAREK, Andrzej STRUGAŁA, Piotr ŻARCZYŃSKI

Extending the coal base of the Polish cokemaking industry through the implementation of the coal charge pre-drying and through the use of the overseas coals

Abstract

A strong and permanent upward trend which has been observed for years in the scope of coke quality expectations of its recipients can be referred to the use of its substitutes in the BF process. Meeting those expectations is especially difficult under the domestic conditions which are characterized by limited resources of high quality hard-type coking coals. This situation leads to a growing interest in solutions which enable the production of high quality coke based on coal blends which contain a lower share of hard-type coking coals (stamping technologies, briquetting, oiling or pre-heating of the coal blend, optimization of coal blends grain size distribution, and coke dry quenching). In the meantime, the domestic coke plants are using a permanently growing amount of foreign coking coals, including sea-born coals.

Equity changes which aimed at forming a vertically integrated Coal – Coke Group comprising *Jastrzębska Spółka Węglowa S.A., Koksownia „Przyjaźń" Sp. z o.o. and Kombinat Koksochemiczny „Zabrze" S.A.* are limiting the access of ArcelorMittal Poland S.A. coke plants to the best domestic type 35 coking coals. The steadily increasing coke quality expectations of the coke recipients as well as the necessity to maintain price competitiveness led the Coke Plant Zdzieszowice to extend its raw materials base which now includes also imported coals. Furthermore, an increase in the share of semi-soft type coking coals in the coal blends is considered by implementing a technology already known but not used in the domestic cokemaking industry, i.e. the coal blend pre-heating technology.

The ArcelorMittal Poland S.A. Zdzieszowice Plant, as the biggest consumer of foreign coking coals, especially sea-born coals, has a broad experience in using those coals in the production of high quality metallurgical coke. The Site has developed and implemented procedures which enable the composition of coal blends and their safe processing into high quality coke. Among many coal blend preparation technologies, the implementation of coal blend pre-heating technology is considered. By maintaining the quality of the produced coke this solution should enable a further reduction of the domestic hard-type coking coals share in the coal blends by their substitution with semi-soft type coking coals.

This article which continues the topic of the tests presented last year [1], concerns the comparison of the effects of coal blend pre-drying executed for two kinds of coal blends used in the Coke Plant Zdzieszowice. One of the coal blends was composed of domestic coals only while the other one included also imported coals. As the effect of the pre-drying the possibility of increasing the share of semi soft type coking coals in the coal blends has been assumed while simultaneously maintaining the previous quality of the produced coke.

KEY WORDS: cokemaking industry, coking coal base, coal charge pre-drying, coke quality