

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

## Rozszerzenie bazy węglowej polskiego koksownictwa poprzez wdrożenie wstępnego podsuszania wsadu oraz zastosowanie węgla 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 węgla ortokoksowych. W tej sytuacji wzrasta zainteresowanie rozwiązaniami umożliwiającymi wytwarzanie wysokiej jakości koksu metalurgicznego na bazie mieszanek, zawierających zmniejszony udział węgla 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 szczególnie ograniczają dostępność koksowni ArcelorMittal Poland S.A. do najlepszych krajowych węgla koksowych typu 35. Nieustannie wzrastające wymagania jakościowe odbiorców koksu jak i konieczność zachowania konkurencyjności cenowej skłoniły Koksownię Zdzeszowice do rozszerzenia swej bazy surowcowej o węgle importowane. W dalszej kolejności rozważa się możliwość zwiększenia w mieszankach wsadowych udziału węgla gazowo-koksowych poprzez wdrożenie znanej, aczkolwiek nie stosowanej w krajowym koksownictwie technologii wstępnej termicznej preparacji wsadu.

---

\* Mgr inż. — Zakłady Koksownicze Zdzeszowice Sp. z o.o., e-mail: piotr.zarczyński@zkc.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 węgla koksowych, szczególnie zamorskich, ArcelorMittal Poland S.A. oddział w Zdzeszowicach posiada duże już doświadczenie, gdyż od kilku lat jest największym konsumentem takich węgla. M.in. opracowano i wdrożono procedury komponowania mieszanek węglowych oraz bezpiecznego ich przetwarzania w wysokiej jakości koksu.

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 węgla 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 Zdzeszowice, tj. mieszanek skomponowanych wyłącznie z węgla krajowych oraz mieszanek skomponowanych z udziałem węgla importowanych. Jako efekt podsuszania przyjęto możliwość zwiększenia udziału w mieszankach węgla gazowo-koksowych przy zachowaniu dotychczasowej jakości produkowanego koksu.

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

## Wprowadzenie

Ograniczone zasoby krajowych węgla 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 Kokschemicznym Zabrze S.A. sprawiają, że to Koksownia Zdzeszowice w szczególności będzie miała ograniczoną dostępność do tych węgla. W warunkach nieustannie wzrastających wymagań jakościowych odbiorców koksu jak i konieczności zachowania konkurencyjności cenowej Koksownia Zdzeszowice 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 węgla gazowo-koksowych (przy wykorzystaniu importowanych węgla 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 węgla typu 34 przy jednoczesnym wykorzystaniu dobrej jakości węgla zamorskich, bez pogorszenia parametrów jakościowych produkowanego koksu.

Badania obejmowały próby komorowe w Koksowni Zdieszowice oraz testy w piecu doświadczalnym z ruchomą ścianą 400 kg w Centre de Pyrolyse de Marienau (Francja) dla trzech receptur mieszanek o wzrastającym udziale węgla 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 węgla koksowych

Krajowymi producentami węgla 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 węgla 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 węgla typu 35 na poziomie około 10,2 mln Mg, co jednak nie zaspokoi krajowego zapotrzebowania [4, 5, 10]. Dla Koksowni Zdieszowice 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 węgla 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 węgla 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.

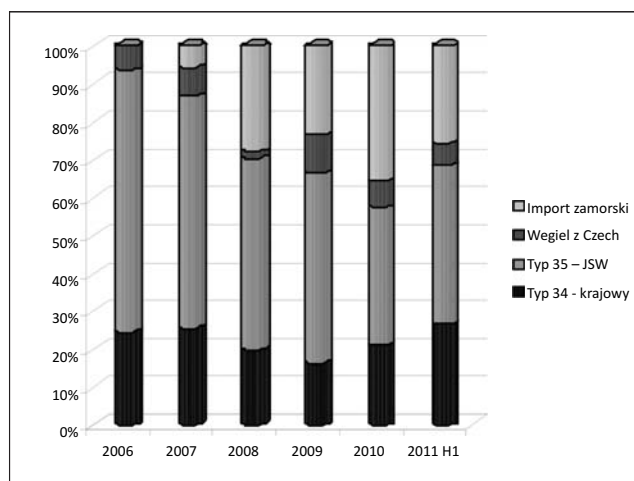
W warunkach przewidywanego deficytu krajowych węgla typu 35 oraz zwiększenia podaży krajowych węgla typu 34, naturalnym kierunkiem działań koksowni jest poszukiwanie możliwości zwiększenia udziału tych ostatnich w mieszankach, oczywiście przy zachowaniu wymaganej jakości koksu. Zasadność ekonomiczna takich działań wynika z różnic cenowych pomiędzy typami 34 i 35. W 2010 i w pierwszej połowie bieżącego roku przeciętna relacja cen węgla typu 34 i 35 wynosiła 1:1,66. Zapewnia to wysoką efektywność ekonomiczną substytucji węgla 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 węgla, 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 węgla typów 34 i 35 jest dekoniunktura na rynku stali.

Ograniczenie podaży dobrej jakości węgla koksowych na rynku krajowym oraz europejskim spowodowało wzrost udziału importowanych węgla, głównie zamorskich, w strukturze zużycia tego surowca w Koksowni Zdzieszowice. Dodatkowym czynnikiem ograniczającym dostępność Koksowni Zdzieszowice do najlepszych węgla 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 węgla 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 węgla zamorskich).

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

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

- ✧ 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 węgla do Koksowni Zdzieszowice w latach 2006 – I połowa 2011

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

Wymienione niedogodności oznaczają w konsekwencji wzrost kosztów tych węgla, 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 niezmięnionej 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 węgla

typu 34 przy równoczesnym wykorzystaniu dostępnych, wysokojakościowych węgla zamorskich. Jak pokazano na rysunku 1 działania te umożliwiły zwiększenie udziału węgla 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 węgla 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 koksovania 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 mieszkankach udziału węgla typu 34 oraz dobrej jakości węgla zamorskich (bez pogorszenia parametrów jakościowych produkowanego koksu).

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

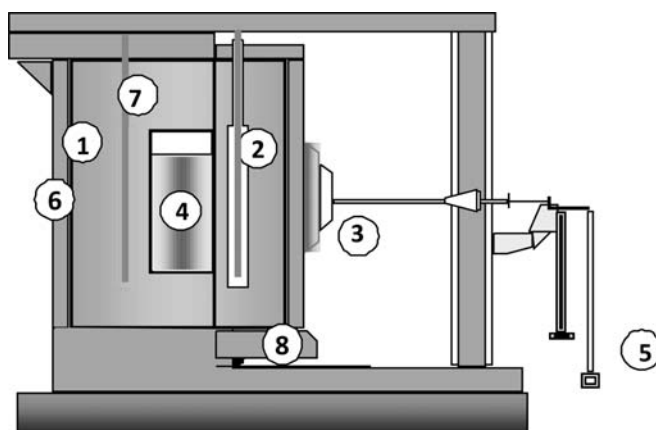
- ✧ standardowej mieszanki wsadowej stosowanej w Koksowni Zdzieszowice dla baterii systemu zasypowego o udziale węgla typu 34 wynoszącym 10%,

- ✧ 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 węgla krajowych oraz mieszanek skomponowanych z udziałem węgla importowanych, dostępnych dla Koksowni Zdzeszowice w najbliższych latach. Program badań obejmował:

- ✧ komorowe próby koksowania mieszanek wilgotnych (9%) na bateriach systemu zasypowego w Koksowni Zdzeszowice (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 podsuszenia 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 Zdzeszowice, 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 <sup>3</sup> ]	740	740 (dla poduszonych uzyskano 760–790 kg/m <sup>3</sup> – parametr badany)
Szybkość koksowania [mm/h]	13,2	13,2



### 3.1. Wyniki badań dla mieszanek skomponowanych wyłącznie z węgla krajowych

#### Wyniki prób komorowych w Koksowni Zdzeszowice

Przedmiotem badań były mieszanki węglowe skomponowane wyłącznie z węgla 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 koksów 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 <sub>i</sub> [%]	10,6	8,0	8,3	8,6	7,0	9,0	8,6	8,6
A <sup>d</sup> [%]	5,1	5,6	6,3	5,2	7,6	6,5	6,6	6,2
V <sup>daf</sup> [%]	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 <sub>t</sub> [%]	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 koksów; i tak np. pogorszyła się wytrzymałość mechaniczna koksów M<sub>40</sub> – 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 węgla 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 węgla 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 <sub>t</sub> [%]	3,2	6,4	5,8
A <sup>d</sup> [%]	9,9	10,2	9,7
V <sup>daf</sup> [%]	0,82	1,11	0,75
S <sub>t</sub> [%]	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 <sub>40</sub>	78,2	76,1	76,0
M <sub>10</sub>	6,5	5,9	5,9
I <sub>40</sub>	49,6	45,4	46,0
I <sub>10</sub>	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 węgla 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 <sub>t</sub> <sup>r</sup> [%]	9,1	4,9	8,8	4,8	8,8	4,9
Gęstość nasypowa [kg/m <sup>3</sup> ]	740	781	744	772	741	767
Ciśnienie rozprężania [kPa]	4,8	7,6	4,2	6,5	4,3	5,6
Koks						
M <sub>40</sub>	66,3	70,1	66,7	69,1	67,0	68,2
M <sub>10</sub>	8,8	7,6	8,8	8,1	9,2	8,5
I <sub>40</sub>	37,5	42,7	37,0	42,5	37,7	40,1
I <sub>10</sub>	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 węgla 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 poduszonych mieszanek nie zaobserwowano też niebezpiecznego wzrostu ciśnienia rozprężania.

### 3.2. Wyniki badań dla mieszanek skomponowanych z udziałem węgla importowanych

#### Wyniki prób komorowych w Koksowni Zdzeszowice

Przedmiotem badań były mieszanki węglowe skomponowane z udziałem węgla importowanych, stanowiących potencjalną bazę surowcową dla Koksowni Zdzeszowice 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 <sub>t</sub> [%]	11,6	9,3	8,3	8,0	7,6	5,6	9,6	8,3	7,3
A <sup>d</sup> [%]	4,9	6,1	5,9	8,2	7,9	6,3	6,1	6,7	6,3
V <sup>daf</sup> [%]	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 <sub>t</sub> [%]	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 węgla 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 <sub>t</sub> [%]	5,0	6,0	3,6
A <sup>d</sup> [%]	10,3	10,6	10,5
V <sup>daf</sup> [%]	0,88	0,85	0,79
S <sub>t</sub> [%]	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 <sub>40</sub>	81,8	78,4	77,6
M <sub>10</sub>	5,8	5,6	6,2
I <sub>40</sub>	57,0	49,0	50,4
I <sub>10</sub>	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 węgla importowanych pozwoliły uzyskać koks o jakości wyższej niż wyłącznie z węgla krajowych. Również w przypadku tych mieszanek, zgodnie z oczekiwaniami, nastąpiło pogorszenie jakości koksu wraz ze wzrostem udziału w mieszance węgla typu 34. I tak, ze wzrostem udziału węgla typu 34 w badanym przedziale wyraźnie pogorszyła się wytrzymałość koksu M<sub>40</sub> 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 węgla importowanych oraz parametry jakościowe kokсів otrzymanych w wyniku koksowania tych mieszanek w piecu doświadczalnym CPM przedstawiono w tabeli 8. W przypadku mieszanek skomponowanych z udziałem węgla importowanych wyniki nie były już jednoznaczne i tak dobre jak dla mieszanek skomponowanych wyłącznie z węgla krajowych; możliwości zwiększenia udziału węgla typu 34 w mieszance wydają się nieco mniejsze niż dla mieszanki z węgla 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 węgla 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/m <sup>3</sup> ]	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 koksovania podsuszonych mieszanek.

## Podsumowanie

W sytuacji doświadczanego obecnie i prognozowanego na następne lata deficytu krajowych węgla ortokoksowych Koksownia Zdzeszowice podjęła dwutorowe działania. W pierwszym etapie zastosowano do komponowania mieszanek węglowych węgle importowane. Opracowanie optymalnych receptur z udziałem wysokiej jakości węgla importowanych pozwoliło na obniżenie udziału w mieszanekach wsadowych deficytowych krajowych węgla 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 koksovania 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 węgla

krajowych wskazują, że podsuszanie pozwala na zwiększenie w mieszance udziału węgla typu 34 o około 20% bez istotnego pogorszenia jakości koksu. Dla mieszanek złożonych z węgla krajowych i importowanych możliwość zwiększenia udziału węgla 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 Regionalnego

## Literatura

- [1] LATOCHA W., SIKORSKI C., STRUGAŁA A., 2010 – Technologiczna ocena możliwości dywersyfikacji dostaw węgla 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 węgla 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 węgla koksowych i energetycznych na rynkach międzynarodowych. Polityka Energetyczna t. 11, z. 1, s. 453–463, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.
- [10] Olkusiński 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.

## 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 Zdzeszowice 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. Zdzeszowice 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 Zdzeszowice. 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