

ALEKSANDER KARCZ*, ANDRZEJ STRUGAŁA**

Zwiększenie szans wykorzystania krajowej bazy węgla koksowych poprzez działania technologiczne w zakresie przygotowania mieszanek wsadowych

Wprowadzenie

Aktualnie dziewięć krajowych koksowni przerabia rocznie ponad 13 milionów ton węgla koksowych pochodzących z kopalń Zagłębia Górnośląskiego. Ze względu na specyficzne wymagania technologiczne procesu koksowania są to węgle ortokoksowe typu 35 oraz węgle gazowo-koksowe typu 34. O ile dostępność tych ostatnich na rynku krajowym w perspektywie najbliższych kilkunastu lat nie powinna stanowić problemu, to istotnym zagrożeniem dla realizowanego obecnie szerokiego programu modernizacyjnego mocy produkcyjnych krajowych koksowni jest ograniczona podaż węgla ortokoksowych (Paszczka 2005). Dodatkowo zagrożenie to jest potęgowane wzrastającymi wymaganiami jakościowymi głównego odbiorcy koksu, jakim jest hutnictwo żelaza. W ostatnich latach na szeroką skalę wprowadzana jest bowiem technologia PCI (wdmuchiwanie pyłu węglowego do wielkiego pieca). Z jednej strony umożliwia to częściową substytucję koksu w procesie wielkopieczowym znacznie tańszym paliwem jakim jest pył węglowy, z drugiej jednak strony stawia znacznie wyższe wymagania co do jakości stosowanego koksu. W dolnych partiach wielkiego pieca koks zapewnia bowiem niezbędną gazoprzepuszczalność wsadu, gdyż pozostaje jedynym materiałem w stanie stałym. Z tego względu ograniczając ilość wprowadzanego do wielkiego pieca koksu należy równocześnie poprawić jego wskaźniki wytrzymałościowe (CSR, M_{10} , M_{40} itp) tak, aby ilość dochodzących do dolnych partii wielkiego pieca kałków koksu o odpowiednio grubym uziarnieniu nie uległa zmniejszeniu.

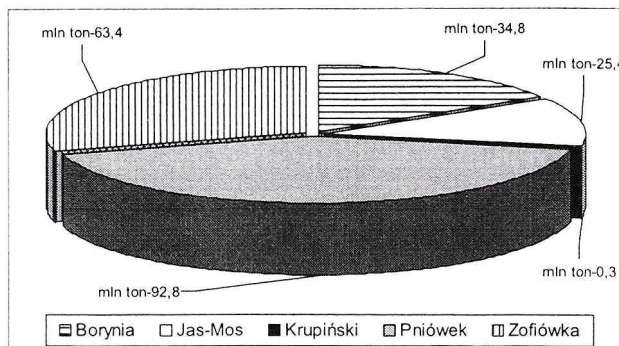
* Prof. dr hab. inż., ** Dr hab. inż., Wydział Paliw i Energii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków; e-mail: akarcz@agh.edu.pl; strugala@agh.edu.pl

Wspomniana konieczność poprawy jakościowej koksu sprawia, iż sukcesywnie wzrasta udział węgla ortokoksowych w koksowniczych mieszankach węglowych stosowanych do produkcji koksu metalurgicznego. W sytuacji rysującego się na krajowym rynku deficytu węgla ortokoksowych konieczne jest podjęcie w naszych koksowniach odpowiednich działań technologicznych w zakresie operacji przygotowania mieszanek wsadowych. Takim właśnie działaniom, umożliwiającym częściowe zastąpienie deficytowych węgla ortokoksowych łatwiej dostępnymi na krajowym rynku węglami gazowo-koksowymi poświęcony został ten artykuł.

Należy zaznaczyć, iż alternatywą dla wspomnianych działań może być import węgla typu hard z takich krajów jak Australia czy USA. Realność takiego rozwiązania potwierdzają realizowane w ostatnim czasie dostawy importowe tego typu węgla do niektórych krajowych koksowni. Perspektywa importu węgla koksowych jest też jedną z przyczyn proponowanych zmian w polskiej klasyfikacji węgla koksowych według typów. Celem tych zmian jest m.in. uwzględnienie realiów rynku węgla koksowych i wynikającej z tego faktu konieczności zapewnienia kompatybilności z klasyfikacjami zagranicznymi – międzynarodowa kodyfikacja węgla kamiennych, klasyfikacje głównych dostawców i odbiorców węgla koksowych itd. (Winnicka, Kosewska 2007; Karcz, Ozga-Blaschke 2007).

1. Krajowe zasoby węgla koksowych

Największe zasoby niezbędnego dla produkcji wysokojakościowego koksu metalurgicznego węgla posiada Jastrzębska Spółka Węglowa SA. Jego zasoby operatywne w złożach koncesyjnych kopalń tej Spółki (bez kopalni Budryk) wynoszą ponad 267 mln ton, w tym 262,6 mln ton poza filarami i 5,2 mln ton w filarach (Zagórowski i in. 2007). Korzystna jest struktura zasobów tych węgla w rozbiciu na typy, a mianowicie około 40% stanowi typ 35.2A i po 20% węgle typu 35.1 oraz typu 35.2B. Dystrybucję zasobów tych węgla w poszczególnych kopalniach pokazano na rysunku 1.



Rys. 1. Dystrybucja zasobów operatywnych węgla ortokoksowego [mln ton]
(Zagórowski i in. 2007)

Fig. 1. Distribution of operational resources of orthocoking coal (type 35 by Polish Standards)
(Zagórowski et al. 2007)

Należy zauważyć, że istnieją realne możliwości ilościowej poprawy bazy surowcowej w złożach koncesyjnych kopalń JSW SA poprzez budowę nowych poziomów oraz w wyniku podjęcia takich działań, jak techniczna i organizacyjna integracja sąsiadujących ze sobą kopalń, eksploatacja zasobów zalegających w pokładach o niskiej miąższości, a także w pokładach o niewielkich zasobach i nieregularnych kształtach (tab. 1). Ponadto Jastrzębska Spółka Węglowa SA dysponuje znacznymi zasobami w polach rezerwowych, których udostępnienie wiąże się jednak z bardzo dużymi nakładami finansowymi.

TABELA 1

Możliwości poszerzenia bazy surowcowej kopalń JSW SA poprzez uruchomienie nowych poziomów wydobywczych (Zagórowski i in. 2007)

TABLE 1

Possibilities of increasing the amount of material resources of JSW SA coal mines by opening new drawing levels (Zagórowski et al. 2007)

Kopalnia	Poziom [m]	Okres realizacji	Przyrost [mln ton] zasobów
Borynia	950	2007–2009	30,1
Jas-Mos	800	2007–2011	17,2
Pniówek	1 000	2007–2012	63,5
Pniówek	1 140	po 2020	około 30
Zofiówka	1 080	2007–2017	57,3

W przypadku złoża rezerwowego Bzie–Dębina 1–Zachód przewiduje się uruchomienie eksploatacji pola w roku 2017. Jego zasoby bilansowe szacowane są na około 540 mln ton, a docelowa zdolność wydobywcza z tego pola (od roku 2030) osiągnie 12 tys. ton/dobę. Eksploatowany węgiel z tego złoża stanowił będzie zróżnicowaną mieszaninę węgla od typu 34.2 aż po typ 37.1, przy czym dominujący udział będą jednak miały węgle ortokoksowe.

W przypadku złoża rezerwowego Pawłowice 1 rozpoczęcie eksploatacji pola przewiduje się w roku 2012, a jej zakończenie w 2055 roku. W złożu tym występuje zarówno węgiel gazowo-koksowy (typ 34.1), jak też węgiel ortokoksowy (typy: 35.1, 35.2A oraz 35.2B). Przewidywana ilość węgla do wybrania to około 60 mln ton, a maksymalna zdolność wydobywcza (lata 2025–2052) wynosić będzie 7,0–7,5 tys. ton/dobę.

Ponadto należy też wspomnieć, iż Jastrzębska Spółka Węglowa SA jest zainteresowana uzyskaniem koncesji na poszukiwanie oraz głębsze rozpoznanie nowego złoża węgla kamiennego w rejonie Gołkowic (gmina Godów), graniczącym z obszarem górniczym Jastrzębie I (kopalnia Jas-Mos) oraz obszarem zlikwidowanego Ruchu Moszczenica. Zasoby geologiczne tego złoża szacowane są na 232 mln ton, z czego aż 202 mln przypada na węgiel ortokoksowy (typu 35.1 oraz 35.2). Według dotychczasowego stanu rozpoznania zasoby bilansowe tego złoża wynoszą około 78 mln ton.

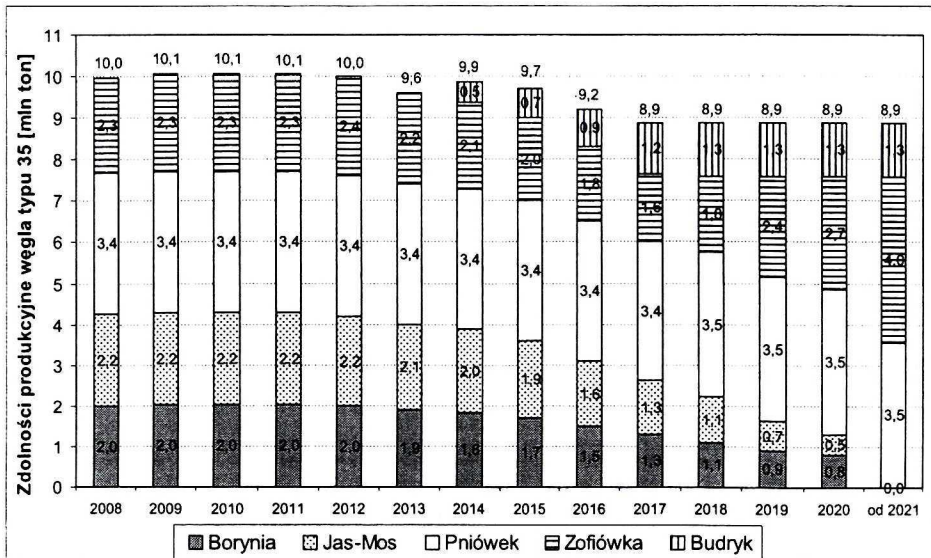
Analizując krajową bazę zasobową węgla do produkcji koksu należy też uwzględnić kopalnię Budryk, obecnie włączoną już do struktury JSW SA. Posiada ona zasoby ope-

ratywne wynoszące (do głębokości 1250 m) ponad 238 mln ton, z czego ponad 50% przypada na węgiel ortokoksowy (typ 35). Aktualnie analizowana jest możliwość szybkiej budowy poziomu 1290 m, gdzie znajdują się dodatkowe zasoby węgla typu 35 (ok. 26,5 mln ton). Eksploatacja węgla z tego poziomu możliwa byłaby jednak najwcześniej w 2014 roku. W przypadku podjęcia takiej decyzji łączne zasoby operatywne węgla ortokoksowego w tej kopalni osiągnęłyby wielkość około 148 mln ton.

Ponadto węgle koksowe, głównie typu 34, wydobywane są w kopalniach należących do Kompanii Węglowej SA. Zasoby operatywne tych kopalń szacowane są na około 960 mln ton, przy czym udział w nich najbardziej cennego dla koksownictwa węgla ortokoksowego stanowi tylko około 20% (Klank 2006).

2. Produkcja i jakość krajowych węgli koksowych

Jak już wspomniano, dla rozwoju krajowego koksownictwa kluczowe znaczenie posiadać będzie kształtowanie się wielkości produkcji i parametrów jakościowych węgla ortokoksowego. Obecnie najważniejszym, a zarazem największym dostawcą tego węgla dla koksowni krajowych oraz na eksport jest Jastrzębska Spółka Węglowa SA. Stan ten zapewne nie ulegnie zasadniczym zmianom w nadchodzących latach. Z tego względu szczególną uwagę należy zwrócić na plany produkcji węgla typu 35 w kopalniach należących do tej Spółki. Rysunek 2 przedstawia prognozę zdolności produkcyjnych węgla typu 35 dla kopalń



Rys. 2. Prognozy produkcji węgla typu 35 w kopalniach JSW SA [mln ton]
(Zagórowski i in. 2007)

Fig. 2. Predicted production of orthocoking coal (type35 by Polish Standards) in JSW SA coal mines
(Zagórowski et al. 2007)

JSW SA, opracowaną przy założeniu wykorzystania zarówno bazy zasobowej kopalń czynnych, jak też bazy zasobowej z pól rezerwowych. Uwzględniając plany rozwojowe krajowych koksowni, nieuchronne zmiany receptur koksowniczych mieszanek wsadowych (wynikające ze wzrastających wymagań jakościowych odbiorców koksu) oraz zobowiązania eksportowe w nadchodzących latach rysuje się deficyt węgla ortokoksowych.

W tabelach 2 i 3 przedstawiono kształtowanie się podstawowych parametrów jakościowych węgla koksowych w dostawach do krajowych koksowni. Dla porównania w tabeli 4 podano charakterystykę amerykańskich węgla typu hard o niskiej, średniej i wysokiej zawartości części lotnych. Do najważniejszych zalet polskich węgla koksowych zaliczyć należy niską zawartość siarki natomiast do minusów dość wysoką zawartość fosforu i alkaliów. Ponadto należy zauważyć, iż w praktyce nie dysponujemy węglami najwyższej jakości, tj. węglami typu hard o niskiej zawartości części lotnych (LV). Niższa zawartość części lotnych w przypadku węgla z niektórych polskich kopalń wynika bowiem nie tyle z ich wysokiego zmetamorfizowania, ile z podwyższonej zawartości macerałów grupy inertynitu,

TABELA 2

Podstawowe parametry jakościowe krajowych węgla ortokoksowych

TABLE 2

Basic quality parameters of domestic orthocoking coal (type 35 by Polish Standards)

Parametr	Kopalnia			
	Jas-Mos	Zofiówka	Borynia	Pniówek
Zawartość popiołu A^d [%]	6,8	7,2	7,3	6,7
Zawartość części lotnych V^{daf} [%]	21,5	23,8	25,0	28,0
Zawartość siarki S^a [%]	0,52	0,57	0,61	0,61
Zawartość fosforu P^a [%]	0,003	0,035	0,055	0,052
Zawartość alkaliów $Na_2O + K_2O$ [%]	0,16	0,30	0,30	0,31
Spiekalność RI	72	79	80	84
Wolne wydymanie SI	7,0	7,6	7,7	8,5
Dylatacja b [%]	45	90	90	145
Plastyczność F_{max} [ddpm]	150	600	500	1 000
Ciśnienie rozprężania p_{max} [kG/cm ²]	0,25	0,32	0,35	0,65
Refleksyjność wityrnytu R_o [%]	1,31	1,17	1,16	1,05
Zawartość wityrnytu [%]	53	68	64	71
Zawartość egzynitu [%]	7	6	7	7
Zawartość inertynitu [%]	36	21	25	18
Zawartość substancji mineralnej [%]	4	5	4	4

Podstawowe parametry jakościowe krajowych węgla gazowo-koksowych

Basic quality parameters of domestic gas-coking coal (type 34 by Polish Standards)

Parametr	Kopalnia				
	Szczygłowice	Bielszowice	Pokój	Knurów	Budryk
Zawartość popiołu A^d [%]	5,9	8,4	6,0	5,5	7,4
Zaw. części lotnych V^{daf} [%]	31,4	32,0	32,0	33,4	34,0
Zawartość siarki S^a [%]	0,45	0,61	0,59	0,84	0,72
Zawartość fosforu P^a [%]	0,041	0,038	0,014	0,068	0,064
Zaw. alkaliów $Na_2O + K_2O$ [%]	0,20	0,33	b.d.	b.d.	0,25
Spiekalność RI	70	67	64	69	74
Wolne wydymanie SI	6,0	5,0	4,5	7,0	8,0
Dylatacja b [%]	29	4	-7	-2	76
Plastyczność F_{max} [ddpm]	1690	709	232	236	6 518
Ciśnienie rozpręż. p_{max} [kG/cm ²]	0,53	0,13	0,16	0,07	0,51
Refleksyjność wityrytu R_o [%]	1,09	0,93	0,90	b.d.	0,90
Zawartość wityrytu [%]	60	61	53	b.d.	73
Zawartość egzynitu [%]	6	6	9	b.d.	5
Zawartość inertynitu [%]	32	32	36	b.d.	21
Zawartość substancji mineralnej [%]	3	2	22	b.d.	1

co niestety jest niekorzystne z punktu widzenia jakości produkowanego koksu. Dodatkowo należy podkreślić, iż w wyniku zamknięcia kopalń dolnośląskich aktualnie nie dysponujemy wysokouwęglonymi węglami semikoksowymi typu 37.

Analiza prognoz dotyczących jakości węgla z kopalń JSW SA, stanowiących główne źródło dostaw węgla dla krajowych koksowni wskazuje, że w związku ze wzrostem stopnia uwęglenia węgla w eksploatowanych pokładach można oczekiwać sukcesywnej poprawy właściwości koksotwórczych. Ponadto w związku z wprowadzaniem wirówek sedimentacyjno-filtracyjnych w miejsce suszenia flotokoncentratu oczekiwać należy poprawy takich parametrów jakościowych węgla, jak zawartość wilgoci, alkaliów czy chloru.

Dodatkowo, za kilka lat pojawi się też na rynku węgiel ortokoksowy typu 35.1 z kopalni Budryk, a także z niektórych kopalń Kompanii Węglowej SA (np. Bielszowice, Szczygłowice). Jakość tego węgla będzie jednak odbiegać od jakości notowanej obecnie dla tego typu węgla z kopalń należących do JSW SA.

TABELA 4

Charakterystyka amerykańskich węgla typu hard

TABLE 4

Characteristics of American coals of hard type

A. Węgle o niskiej zawartości części lotnych (LV)

A. Low volatile coals (LV)

Parametr	Kopalnia				
	Consol/ Pocahontas 3	AMCI/ Herndon	USS/ Pinnacle	USS/ Pinnacle HA	USS/ Oak Grove
Zawartość popiołu A^d [%]	4,5	5,0–8,0	5,3	7,5	9,3
Zaw. części lotnych V^{daf} [%]	17	17–18	17	18	21
Zawartość siarki S^d [%]	0,70	0,50–0,80	0,75	0,83	0,59
Wolne wydymanie SI	8–9	8–9	8–9	7	8–9
Plastyczność F_{max} [ddpm]	250	b.d.	10	10	260
Refleksyjność wityrynytu R_o [%]	1,68	b.d.	1,69	1,69	b.d.

B. Węgle o średniej zawartości części lotnych (MV)

B. Medium volatile coals (MV)

Parametr	Kopalnia						
	JWR/Blue Creek 7	Pittson/ Moss 3	Carter Roag	AMCI/ Iaeger	AMCI/ Red Ash	Mapco/ Pearl Fork	Drum- mond/MV
Zaw. popiołu A^d [%]	9,0	7,5	8,3	6,0–8,0	4,0–8,0	7,0	9,5
Zaw. części lot. V^{daf} [%]	27,0	31,5	29,5	26–28	23–25	28	25–27
Zawartość siarki S^d [%]	1,00	0,95	1,20	0,8–1,0	0,8–1,0	0,85	0,80
Wolne wydymanie SI	8–9	7–9	7	8–9	8–9	7–9	7–9
Plastyczność F_{max} [ddpm]	2 000	16 000	11 000	b.d.	b.d.	5 000	10 000
Refleks. wityrynytu R_o [%]	b.d.	1,10	1,08	b.d.	b.d.	1,20	b.d.

C. Węgle o wysokiej zawartości części lotnych (HV)

C. High volatile coals (HV)

Parametr	Kopalnia						
	Peabody/ Lightfoot	Peabody/ Robin H.	Mapco/ Race Fork	Mingo Logan	Old Ben 20	Masey/ P.Eagle	Consol/ Cosipa
Zaw. popiołu A^d [%]	6,3	6,8	7,5	6,5	6,5	6,8	8,5
Zaw. części lot. V^{daf} [%]	36	35	33	34–35	34–35	34,5	37
Zawartość siarki S^d [%]	1,10	0,87	0,85	0,80	0,8–0,9	0,85	1,50
Wolne wydymanie SI	7–9	7–9	7–9	7	7–9	7–9	7–9
Plastyczność F_{max} [ddpm]	30 000	25 000	15 000	18 000	20 000	28 000	5 000
Refleks. wityrynytu R_o [%]	b.d.	0,86	1,00	b.d.	b.d.	0,97	b.d.

3. Czynniki determinujące jakość koksu

Dominującym użytkownikiem koksu jest obecnie hutnictwo żelaza i dlatego zwiększenie stopnia wykorzystania krajowej bazy węgla koksowych jest ściśle związane z możliwością produkcji koksu wielkopiecowego najwyższej jakości, wymaganego w nowoczesnym procesie wytwarzania surowki żelaza w wielkim piecu. Jakość koksu wielkopiecowego kształtowana jest przez szereg czynników, które w sposób syntetyczny można zgrupować jak pokazano na rysunku 3. Najistotniejszy wpływ na właściwości koksu wywiera jakość surowca węglowego, z którego został wyprodukowany. Niestety, potencjał tego czynnika w aspekcie optymalizacji receptur koksowniczych mieszanek wsadowych został już u nas w znacznej mierze wyczerpany, gdyż w istotny sposób ograniczony jest niedostatkiem w zasobach krajowych najlepszych węgla koksowych, tj. odpowiednio zmetamorfizowanych węgla (R_o w przedziale 1,15–1,40) o niskiej zawartości części lotnych oraz niepożądanych składników w rodzaju fosforu, chloru czy związków alkalicznych. Z chwilą zamknięcia kopalń Zagłębia Dolnośląskiego z polskiego rynku węgla koksowych zniknęły klasyczne węglowe komponenty schudzające mieszanek wsadowych, tj. węgle semikoksowe typu 37. W ich miejsce, z gorszym jednak skutkiem, stosowane są: węgiel typu 35.2B z kopalni Jas-Mos (charakteryzujący się niestety wysoką zawartością składników inertytowych) oraz pył koksowy z instalacji suchego chłodzenia koksu (Rozwadowski 2007).

W tej sytuacji utrzymanie czy nawet poprawa jakości koksu wytwarzanego na bazie krajowych węgla koksowych powinna się odbywać poprzez działania w obrębie pozostałych trzech grup czynników przedstawionych na rysunku 3. Działania te są niezbędne, jeśli chcemy utrzymać pozycję drugiego w świecie eksportera koksu (na eksport kieruje się około połowy krajowej produkcji koksu), a równocześnie spełnić rosnące wymagania jakościowe krajowych hut w związku z wprowadzaniem w nich technologii PCI (wdmuchiwanie pyłu węglowego do wielkiego pieca).



Rys. 3. Grupy czynników oddziałujących na koks

Fig. 3. Groups of factors influencing coke quality

4. Możliwości poprawy jakości koksu na etapie przygotowania mieszanki

Jednym z ważnych, aczkolwiek w ostatnich latach nieco zaniedbanym sposobem poprawy jakości koksu jest grupa działań technologicznych w zakresie przygotowania mieszanki węglowej do procesu koksowania. Zestaw potencjalnie możliwych działań w obszarze przygotowania koksowniczej mieszanki wsadowej w aspekcie poprawy jakości koksu obejmuje:

- 1) optymalny dobór receptury mieszanki węglowej,
- 2) właściwą homogenizację komponentów jak też całej mieszanki wsadowej,
- 3) właściwy przemiał węgla wsadowych,
- 4) zwiększenie zagęszczenia wsadu w komorze koksowniczej poprzez jej olejowanie, częściowe brykietowanie czy ubijanie,
- 5) wstępną obróbkę termiczną mieszanki węglowej przed jej załadunkiem do komory koksowniczej.

4.1. Optymalny dobór receptury mieszanki

Zagadnienie to posiada fundamentalne znaczenie zarówno technologiczne, jak i ekonomiczne. Optymalny dobór ilościowy oraz jakościowy składników koksowniczej mieszanki węglowej zapewnia wymaganą przez odbiorców jakość koksu, a równocześnie determinuje efekty ekonomiczne pracy koksowni, gdyż koszty surowca węglowego stanowią około 75% całkowitych kosztów produkcji koksu. Znane z literatury modele optymalizacyjne posiadają lokalny charakter wynikający ze specyfiki wykorzystywanej bazy węglowej, jak też warunków prowadzenia procesu technologicznego koksowania. W przypadku specyficznych warunków surowcowych oraz produkcyjnych, jakie występują w naszym kraju istnieje uzasadniona potrzeba stworzenia takiego właśnie modelu na potrzeby polskiego koksownictwa.

4.2. Homogenizacja mieszanki węglowej i jej komponentów

Stabilność parametrów jakościowych komponentów oraz utworzonej z nich mieszanki w istotny sposób oddziałuje na wysoką i równomierną jakość produktów koksowania, a w szczególności koksu. Przy naturalnej niejednorodności dostaw węgla wymusza to:

- prowadzenie odpowiednich operacji uśredniających na składowisku węgla (gospodarka dwuzwałowa, odpowiednia budowa i rozbiórka zwałów itp.),
- budowę odpowiednich zbiorników dozujących ograniczających tworzenie się zawisów, wyposażonych w precyzyjne urządzenia dozujące,
- homogenizację skomponowanej mieszanki węglowej w sposób mechaniczny (za pomocą mieszalników) lub naturalny (przy wykorzystaniu przesypów na ciągach transportowych).

Należy stwierdzić, iż w tym obszarze działań obserwuje się znaczny postęp, przejawiający się m.in. w powszechnym wdrażaniu wysoce skutecznych dozatorów taśmowych

sterowanych automatycznie w oparciu o zadany program dozowania poszczególnych komponentów mieszanki.

4.3. Kształtowanie składu ziarnowego mieszanki węglowej

W zakresie przygotowania wsadu węglowego, działaniem w którym wciąż kryją się znaczące możliwości poprawy jakości koksu jest kształtowanie właściwego składu ziarnowego mieszanki węglowej oraz poszczególnych jej składników. Kształtowanie to odbywa się najczęściej wyłącznie na drodze mielenia, aczkolwiek należy wspomnieć też o możliwości separacji wstępnej grubszych klas ziarnowych. Instalacje pneumatyczne umożliwiające taką separację są stosowane w koksowniach rosyjskich oraz chińskich. Operacja ta umożliwia ograniczenie mielenia do wydzielonych uprzednio ziaren grubych, co pozwala nie tylko obniżyć zużycie energii elektrycznej w procesie przygotowania wsadu, ale także poprawia jakość produkowanego koksu. Właściwie ukształtowany skład ziarnowy mieszanki wpływa bowiem korzystnie na zagęszczenie wsadu węglowego w komorze koksowniczej. Sprzyja lepszemu upakowaniu ziaren, a tym samym wysokiemu zagęszczeniu wsadu w komorze, co zapewnia nie tylko wysoką wydajność procesu koksowania, ale także dobrą jakość produkowanego koksu. W szczególności należy w tym miejscu wspomnieć o korzystnym wpływie wysokiego zagęszczenia wsadu w komorze na dobry kontakt ziaren wszystkich składników tworzących mieszankę, co warunkuje ich prawidłowe współdziałania w procesie aglomeracji w okresie ich uplastycznienia oraz resolidacji (warunek uzyskania dobrze spieczonego koksu), a także na porowatość produkowanego koksu.

Prawidłowo ukształtowany skład ziarnowy mieszanki wpływa także korzystnie na wykorzystanie właściwości koksotwórczych poszczególnych komponentów koksowniczej mieszanki wsadowej. Dotyczy to w szczególności klasy ziarnowej o wymiarach poniżej 0,5 mm, której nadmierna zawartość w mieszance pogarsza właściwości mechaniczne produkowanego koksu oraz zwiększa jego reaktywność.

Należy wspomnieć, że podobnie korzystne efekty jak w przypadku separacji wstępnej prowadzonej w koksowni, uzyskać można też na drodze prostych zmian w zakresie ekspedycji z kopalń do koksowni produktów wzbogacania węgla (oddzielne wysyłanie nie wymagającego już rozdrabniania flotokoncentratu).

4.4. Zwiększenie zagęszczenia wsadu w komorze koksowniczej

Przyrost zagęszczenia wsadu w komorze koksowniczej, jak już wspomniano, sprzyja poprawie właściwości mechanicznych i fizykochemicznych koksu oraz zwiększa zdolności produkcyjne baterii koksowniczej. Najprostszym sposobem, dającym jednak najłagodniejszy efekt poprawy upakowania ziaren węglowych jest tzw. olejowanie wsadu. Polega ono na dodatku (z reguły nie więcej niż 1% wag.) różnego rodzaju olei i emulsji, które na powierzchni ziaren węglowych tworzą cienki film ułatwiający ich wzajemne przesuwanie się, co sprzyja ciasnemu upakowaniu ziaren mieszanki węglowej w komorze koksowniczej.

Znacznie większe zagęszczenia uzyskuje się stosując wstępną obróbkę mechaniczną wsadu przed jego załadunkiem do komory polegającą na brykietowaniu części mieszanki lub formowaniu naboju węglowego na drodze ubijania w specjalnej skrzyni nabojowej. O ile częściowe brykietowanie wsadu (stosowane w warunkach przemysłowych w Japonii) nie znalazło szerszego zastosowania i jest dyskusyjne zarówno pod względem technologicznym jak i ekonomicznym, to technologia oparta na ubijaniu wsadu węglowego jest stosowana w koksowniach wielu krajów – m.in. w Polsce, Niemczech, Czechach, Rumunii, Indiach, Chinach, a także na Ukrainie. Szacuje się, że zastosowanie systemu ubijanego zwiększa produktywność baterii w stosunku do systemu zasypowego o około 10%. Wykorzystanie do ubijania naboju wielomłotowych ubijarek ciernych pozwoliło uzyskać wystarczającą trwałość nawet wysokich, bo sięgających 6 m naboju węglowych. Dało to impuls do wdrożenia tej technologii na szerszą skalę w Chinach i Indiach. Należy w tym miejscu wspomnieć, iż nowa bateria o wysokości komór 5 metrów, napełniana systemem ubijanym jest obecnie budowana w koksowni w Radlinie. Planuje się też zastąpienie dotychczas stosowanego systemu zasypowego obsadzania komór systemem ubijanym w przypadku baterii 3 i 4 w Koksowni Przyjaźń (Szlęk 2007).

4.5. Wstępna obróbka termiczna wsadu

Do korzystnych efektów technologicznych i ekonomicznych wstępnej obróbki termicznej wsadu przed jego załadunkiem do komory koksowniczej zaliczyć należy:

- a) przyrost zdolności produkcyjnej baterii koksowniczej w efekcie zwiększenia zagęszczenia wsadu w komorze oraz skrócenia czasu koksowania (przeniesienie zjawiska odparowania wilgoci wsadu poza komorę koksowniczą),
- b) poprawę jakości koksu (przy tej samej recepturze mieszanki) lub zwiększenie udziału w mieszance tańszych węgla o słabszych właściwościach koksotwórczych (przy utrzymaniu tej samej jakości koksu),
- c) ograniczenie ilości ścieków koksowniczych zawierających duży ładunek zanieczyszczeń.

Wstępna obróbka termiczna mieszanek koksowniczych wdrożona była w skali przemysłowej w dwóch wariantach technologicznych:

- radykalnym, tj. prowadzonym do całkowitego usunięcia wilgoci ze wsadu i ogrzaniu go przed załadunkiem do komory koksowniczej do temperatury około 200°C,
- łagodnym, tj. ograniczającym się do podsuszenia węgla do 5% wilgoci całkowitej.

Pierwszy z wymienionych wariantów, wdrożony w przeszłości w kilkunastu koksowniach, zaniechany został głównie z powodu nadmiernego i szybkiego niszczenia masywu ceramicznego baterii (problem wysokiego ciśnienia rozprężania). Drugi z wariantów, noszący nazwę CMC (*Coal Moisture Control*) stosowany jest obecnie w kilku koksowniach japońskich.

4.6. Porównanie skuteczności rozpatrywanych operacji przygotowania wsadu węglowego do koksowania

Dla ilustracji, jak poszczególne działania w obrębie przygotowania wsadu węglowego do koksowania mogą korzystnie oddziaływać na zmianę receptury mieszanki w kierunku obniżenia w niej udziału najlepszych węgla koksowych na rzecz gorszych jakościowo węgla gazowych, w tabeli 5 przedstawiono wyniki doświadczeń koksowników ukraińskich (Rudyka 2007).

TABELA 5

Baza surowcowa koksownictwa a wytrzymałość mechaniczna koksu przy wykorzystaniu różnych operacji technologicznych w obszarze przygotowania wsadu

TABLE 5

Coking industry material resources and coke mechanical strength with different coal blend preparation technologies

Wyszczególnienie	Technologia tradycyjna	Podsuszanie	Brykietowanie	Ubijanie
Receptura mieszanki wsadowej wg gatunków węgla [%]				
gazowy (G)	30	70	50	60
ortokoksowy (Ż)	40	20	25	20
koksowy (K)	20	10	10	0
semikoksowy (OS)	10	0	8	10
chudy (T)	0	0	7	10
Wytrzymałość mechaniczna koksu [%]				
wskaźnik M_{25}	87,0	88,0	88,2	89,3
wskaźnik M_{10}	7,4	6,8	6,9	6,0

Podsumowanie

Specyficzną cechą krajowej bazy węglowej jest wysoki udział węgla gazowo-koksowych przy niedostatku najwyższej jakości węgla ortokoksowych. Taki stan może już w najbliższych latach stanowić nie tylko poważne zagrożenie dla rozwoju krajowych koksowni, ale także być przyczyną ograniczonego wykorzystania zdolności produkcyjnych krajowych kopalń węgla koksowego w wyniku importu deficytowych węgla ortokoksowych. Alternatywą dla tego importu jest podjęcie odpowiednich działań technologicznych w zakresie operacji przygotowania mieszanek wsadowych w naszych koksowniach. Takie działania umożliwią częściowe zastąpienie w mieszankach węglowych deficytowych węgla orto-

koksowych łatwiej dostępnymi na krajowym rynku węglami gazowo-koksowymi, przy dotrzymaniu parametrów jakościowych wymaganych przez krajowych i eksportowych odbiorców koksu. Według autorów preferowanymi kierunkami działań badawczych i wdrożeniowych w zakresie przygotowania mieszanek wsadowych winny być:

- opracowanie modeli służących optymalizacji tych operacji,
- doskonalenie technologii ubijania wsadu,
- rozwój technologii podsuszania koksowniczych mieszanek wsadowych.

Publikacja przygotowana została w ramach prac statutowych AGH 11.11.210.119.

LITERATURA

- Karcz A., Ozga-Blaschke U., 2007 – Klasyfikacja węgla koksowych. Konferencja Naukowo-Techniczna „Koksownictwo 2007”, Książ 10–12.10.2007.
- Winnicka G., Kosewska M., 2007 – Propozycja klasyfikacji węgla koksowych wg Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla. Konferencja Naukowo-Techniczna „Koksownictwo 2007”, Książ 10–12.10.2007.
- Klank M., 2006 – Aktualne i perspektywiczne zasoby oraz wydobycie węgla gazowo-koksowych o dobrych właściwościach koksotwórczych w Kompanii Węglowej. Karbo 51 (Wydanie Specjalne), s. 14–28.
- Paszczka H., 2005 – Analiza zasobów węgla kamiennego w Polsce z uwzględnieniem ich ekonomicznego wykorzystania w świetle przepisów prawa unijnego. Gospodarka Surowcami Mineralnymi t. 21, z. 1, s. 83–106.
- Rozwadowski A., 2007 – Ciśnienie koksowania mieszanek węglowych przygotowanych z komponentów wyraźnie różniących się właściwościami reologicznymi masy plastycznej podczas pirolizy. Gospodarka Surowcami Mineralnymi t. 23, z. 2, s. 49–63.
- Rudyka W., 2007 – Optymalna baza technologiczna jako podstawa pomyślnego doskonalenia rozwoju przemysłu koksowniczego Ukrainy. Karbo 52 (Wydanie Specjalne), s. 22–29.
- Szlęć E., 2007 – Rozwój i strategia Koksowni Przyjaźń na tle światowych trendów w koksownictwie. Gospodarka Surowcami Mineralnymi t. 23, z. 3, s. 207–220.
- Zagórowski J., Czornik G., Kowalczyk J., 2007 – Perspektywy węgla koksowego w JSW. Konferencja Naukowo-Techniczna „Koksownictwo 2007”, Książ 10–12.10.2007.

ZWIĘKSZENIE SZANS WYKORZYSTANIA KRAJOWEJ BAZY WĘGLI KOKSOWYCH POPRZEC DZIAŁANIA TECHNOLOGICZNE W ZAKRESIE PRZYGOTOWANIA MIESZANEK WSADOWYCH

Słowa kluczowe

Węgiel kamienny, technologia koksowania, przygotowanie mieszanek wsadowych

Streszczenie

Obscrwowany w ostatnich latach w świecie wysoki popyt na koks wielkopieczowy sprawił, że krajowe koksownice rozpoczęły realizację szerokiego programu modernizacyjnego swych mocy produkcyjnych. W tej sytuacji ograniczone możliwości zaspokojenia zapotrzebowania na odpowiedniej jakości węgle koksowe przez krajowe kopalnice stanowi poważne zagrożenie. W szczególności dotyczy to węgla ortokoksowych. Krajowe zasoby tych węgla, jak i możliwości ich produkcji są bowiem ograniczone, natomiast ich udział w recepturach micszanek węglowych systematycznie rośnie w związku ze wzrostem wymagań jakościowych odbiorców koksu.

W tej sytuacji alternatywą dla importu tych węgla – głównie z Australii i USA – może być podjęcie odpowiednich działań technologicznych w zakresie operacji przygotowania mieszanek wsadowych w naszych koksowniach. Takie działania umożliwią częściowe zastąpienie w mieszanek węglowych deficytowych węgla ortokoksowych łatwiej dostępnymi na krajowym rynku węglami gazowo-koksowymi. Do wspomnianych działań zaliczyć należy: optymalny dobór receptur mieszanek wsadowych, skuteczną homogenizację mieszanki i jej komponentów, racjonalny przemiał węgla, zwiększenie zagęszczenia wsadu w komorze koksowniczej czy wstępną obróbkę termiczną wsadu. W podsumowaniu dokonano porównania skuteczności wymienionych działań w aspekcie możliwości zwiększenia zawartości węgla gazowo-koksowych w mieszanek wsadowych bez pogorszenia jakości produkowanego koksu.

INCREASING CHANCES OF UTILIZING THE DOMESTIC COKING COAL RESOURCES THROUGH TECHNOLOGICAL OPERATIONS IN COAL BLEND PREPARATION

Key words

Hard coal, coking process, preparation of coal blends for coke production

Abstract

The great demand for blast furnace coke recently observed throughout the world resulted in domestic coking plants introducing a thorough production capacity enhancement programme. In this situation, the limited potential of Polish coal mines for fulfilling the demand for coking coals of appropriate quality, constitutes a real danger. It is especially valid for orthocoking coal (type 35 by Polish Standards) the resources of which, as well as the production capacity, are limited in Poland. However, its share in coal blends has been growing continuously in connection with the increasing quality requirements of coke users. Given these circumstances, introducing proper technological processes in the sphere of coal blends preparation at our coking plants can be a good alternative for importing this coal, mainly from the United States and Australia. These processes will make it possible to partially substitute the gas-coking coals (type 34 by Polish Standards), which are easily available on the domestic market, for the scarce orthocoking coals (type 35 by Polish Standards). The above-mentioned processes should include: optimal selection of components of coal blends, effective homogenization of a coal blend and its components, rational crushing of coal, coal charge compacting and coal charge preheating and drying. In the conclusions, a comparison of the effectiveness of the above-mentioned processes was made in respect of the possibility of increasing the gas-coking coals content in coal blends without deterioration of the quality of the produced coke.