

Piotr ŻARCZYŃSKI\*, Czesław SIKORSKI\*, Andrzej STRUGAŁA\*\*

## Określenie strategicznych kierunków rozwoju technologicznego koksowni w Polsce na podstawie prognozy bazy surowcowej oraz oczekiwań odbiorców koksu

STRESZCZENIE. Spowolnienie gospodarcze obserwowane w Europie w szczególności sposób oddziałuje na tradycyjne sektory przemysłu, do których należy przemysł stalowy i koksownictwo. W szczególnej sytuacji znalazł się przemysł koksowniczy w Polsce. Polskie koksownie są największym producentem koksu w Unii Europejskiej i największym eksporterem koksu na świecie. Celem strategicznym dla polskiego koksownictwa jest taki rozwój technologiczny aktywów produkcyjnych, który pozwoli na utrzymanie lub umocnienie pozycji rynkowej przez produkcję koksu, spełniającego wymagania jego odbiorców oraz spełnienie coraz surowszych wymogów prawnych, przy maksymalizacji wartości dodanej w procesie konwersji węgla do koksu, a w szerszym ujęciu do stali. Naturalnym i efektywnym ekonomicznie kierunkiem rozwoju dla koksownictwa polskiego jest zatem maksymalizacja wykorzystania krajowej bazy węglowej, w której strukturze niewystarczający jest udział najlepszych węgla ortokoksowych. W artykule przeanalizowano obecną i prognozowaną w średnim terminie strukturę bazy zasobowej węgla dla koksownictwa. Przedstawiono najbardziej perspektywiczne dla polskiego koksownictwa kierunki rozwoju technologicznego koksowni, takie jak zmiana technologii napełniania komór z zasypowej na ubijaną oraz przeanalizowano możliwości i warunki wdrożenia koksowni dwuproduktowej. Scharakteryzowano także perspektywiczne przedkomorowe operacje technologiczne w zakresie przygotowania mieszanki węglowej, pozwalające zwiększyć jej gęstość nasypową w komorze, takie jak optymalizacja

---

\* Mgr inż. – ArcelorMittal Poland S.A. Oddział w Zdziechowicach;  
e-mail: piotr.zarczynski@arcelormittal.com

\*\* Dr hab. inż. – prof. AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Energetyki i Paliw, Kraków.

składu ziarnowego, olejowanie, częściowe brykietowanie czy obróbka termiczna wsadu. Rozważono także możliwości modyfikacji lub zmiany technologii systemu chłodzenia koksu, jako źródła kreowania dodatkowej wartości dodanej oraz poprawy efektywności energetycznej. Ze względu na obecne i przyszłe wymagania w zakresie ochrony środowiska naturalnego i politykę energetyczną w Unii Europejskiej, szczególną uwagę poświęcono zagadnieniu poprawy efektywności energetycznej, zarówno w ujęciu jednostkowym, dla poszczególnych aparatów i obiektów, jak i w ujęciu całościowym, dla procesu koksowania. Zwrócono uwagę na ogromny potencjał tkwiący w dalszej automatyzacji i mechanizacji, który przynieść może efekty w postaci poprawy wydajności pracy, obniżenia ryzyka zawodowego oraz podniesienia trwałości i niezawodności urządzeń. Przeanalizowano także możliwości tkwiące w obszarze organizacji i zarządzania w koksownictwie. W warunkach niepewności na rynku szczególnego znaczenia nabiera zaangażowanie pracowników i wyzwolenie ich przedsiębiorczości, czemu służyć może angażowanie całych załóg w programy ciągłego doskonalenia.

SŁOWA KLUCZOWE: koksownictwo, baza węglowa, rozwój technologii, hutnictwo

## Wprowadzenie

Globalny kryzys ekonomiczny z 2008 roku spowodował szczególnie duże trudności w hutnictwie w Europie. Pomimo obserwowanych obecnie oznak poprawy w skali świata, problemy w sektorze przemysłu ciężkiego na kontynencie europejskim pozostały. Ich przyczyną jest z jednej strony trwający i wciąż nierozwiązany kryzys w strefie Euro i Unii Europejskiej, a z drugiej tocząca się dyskusja nad propozycjami Komisji Europejskiej w ramach pakietu klimatycznego dla Europy. Jego realizacja może doprowadzić do niekonkurencyjności przedsiębiorstw branży, a w konsekwencji do exodusu środków produkcji do obszarów, gdzie nie będą obowiązywać takie restrykcje prawne. Niepewność ta powoduje odwleknięcie strategicznych decyzji inwestycyjnych, co oznacza postępującą w czasie dekapitalizację środków produkcyjnych. W szczególnie trudnej sytuacji znalazł się przemysł koksowniczy, który pozostając ściśle zależny od wahań koniunktury w hutnictwie, charakteryzuje się znacznie mniejszą elastycznością w zakresie zmiany wykorzystania zdolności produkcyjnych. Przemysł koksowniczy w Polsce jest największym producentem koksu w Unii Europejskiej i największym eksporterem koksu na świecie (Hereźniak i in. 2011).

Trwająca dekonunktura w przemyśle stalowym, niepewność co do rozwoju sytuacji na rynku oraz spadająca rentowność branży w Europie i w Polsce powodują poszukiwanie dodatkowych źródeł korzyści lub oszczędności. Od producentów koksu, paliwa stanowiącego znaczną część kosztów produkcji surówki w wielkich piecach, oczekuje się nieustannie poprawy właściwości koksu oraz ograniczenia kosztów jego produkcji. Bariery dla przemysłu koksowniczego z drugiej strony jest dostępna baza węglowa oraz posiadane technologie wytwarzania.

W artykule przeprowadzono analizę potencjalnych kierunków rozwoju technologicznego przemysłu koksowniczego w Polsce w zakresie technik i technologii wytwarzania,

organizacji i zarządzania przy uwzględnieniu dostępnej bazy surowcowej oraz oczekiwań odbiorców koksu.

## 1. Polskie koksownictwo na tle międzynarodowego rynku koksu

W Polsce eksploatowanych jest obecnie 25 baterii koksowniczych w 7 przedsiębiorstwach koksowniczych. Całkowita zdolność produkcyjna polskiego przemysłu koksowniczego to *ca* 11,0 mln Mg koksu rocznie. W związku z planowanymi inwestycjami oczekuje się, że w najbliższych latach wartość ta wzrośnie do około 11,8 mln Mg koksu rocznie (budowa dwóch nowych baterii koksowniczych przez Koksownię Częstochowa Nowa Sp. z o.o., zastąpienie trzech istniejących baterii koksowniczych jednostkami nowymi o większej zdolności produkcyjnej w Koksowni Przyjaźń Sp. z o.o., budowa i remont modernizacyjny baterii koksowniczych w Koksowni Victoria w Wałbrzychu, modernizacja baterii koksowniczej w Koksowni Dębieńsko, a w Koksowni Zdieszowice remonty odtworzeniowe

TABELA 1. Zdolność produkcyjna koksowni w Polsce w 2012 roku i prognozowana po 2015 (Hereźniak i in. 2011)

TABLE 1. Production capacity of Polish coking plants in 2012 and forecasted (Hereźniak et al. 2011)

| Lp. | Koksownia                                       | Liczba istniejących baterii koksowniczych | Obecna zdolność produkcyjna [mln Mg] | Prognozowana liczba baterii koksowniczych | Prognozowana zdolność produkcyjna [mln Mg] |
|-----|---|---|--------------------------------------|---|--|
|     | <b>Koksownie ArcelorMittal Poland S.A.</b>      | <b>9</b>                                  | 8,86                                 | 9   | 4,86                                       |
| 1.  | AMP S.A. Oddział w Zdieszowicach                | 8   | 4,20                                 | 8   | 4,20                                       |
| 2.  | AMP S.A. Oddział w Krakowie                     | 1   | 0,66                                 | 1   | 0,66                                       |
|     | <b>Grupa koksowa JSW S.A.</b>                   | <b>13</b>                                 | 5,22                                 | 13  | 5,42                                       |
| 3.  | Koksownia Przyjaźń Sp. z o.o.                   | 5   | 3,30                                 | 5   | 3,50                                       |
| 4.  | Kombinat Koksochemiczny „Zabrze” S.A.           | 3   | 1,30                                 | 3   | 1,30                                       |
| 5.  | Wałbrzyskie Zakłady Koksownicze „Victoria” S.A. | 5   | 0,62                                 | 5   | 0,62                                       |
|     | <b>Pozostałe</b>                                | <b>3</b>                                  | 0,89                                 | 4   | 1,54                                       |
| 6.  | Koksownia Częstochowa Nowa Sp. z o.o.           | 2   | 0,65                                 | 3   | 1,3  |
| 7.  | Carbo-Koks Sp. z o.o.                           | 1   | 0,24                                 | 1   | 0,24                                       |
|     | <b>Razem</b>                                    | <b>25</b>                                 | 10,97                                | 26  | 11,82                                      |

czterech istniejących baterii koksowniczych systemu ubijanego, a w przyszłości przewiduje się ich zastąpienie przez dwie nowoczesne baterie systemu ubijanego. Obecne i docelowe zdolności produkcyjne polskich koksowni przedstawia tabela 1 (Hereźniak i in. 2011).

Polskie koksownictwo w ostatnich latach podjęło znaczny wysiłek inwestycyjny, dzięki któremu zrealizowano szereg inwestycji zarówno w zakresie podstawowych agregatów produkcyjnych (osiem nowych baterii koksowniczych) jak i instalacjach towarzyszących (modernizacja i inwestycje w instalacje węgl pochodne i urządzenia ochrony środowiska itd. – Karcz, Sikorski 2009). Średni wiek baterii koksowniczych w Polsce wynosi obecnie 16 lat, co oznacza drugi najmłodszy potencjał produkcyjny w tej branży na świecie (po Indiach – 15 lat). Średni wiek baterii koksowniczych na świecie to ponad 27 lat (Warzecha, Jarno 2012). Jednocześnie modernizacji technicznej towarzyszyły duże zmiany organizacyjne. Koksownia Kraków i Koksownia Zdzeszowice od 2004 roku weszły w skład globalnego koncernu ArcelorMittal. Jastrzębska Spółka Węglowa wraz z Koksownią „Przyjaźń” Sp. z o.o., Kombinatem Koksochemicznym „Zabrze” S.A. oraz Wałbrzyskimi Zakładami Koksowniczymi „Victoria” S.A. utworzyły zintegrowaną pionowo grupę węglowo-koksową.

Światowa produkcja koksu wyniosła w 2011 roku *ca* 641 mln Mg koksu i była większa o około 8% niż w roku 2010. Produkcja polskich koksowni w ostatnich kilku latach utrzymuje się poniżej zdolności produkcyjnych, ze względu na spadek koniunktury w Europie. W roku 2011 polskie koksownie wyprodukowały 9,1 mln Mg koksu (wykorzystanie 83% zdolności produkcyjnych), z czego 5,8 mln Mg wyeksportowano. Oczekuje się, że w najbliższych latach ponownie nastąpi osiągnięcie poziomu nominalnego (Hereźniak i in. 2011).

Szacuje się, że światowa produkcja surowki hutniczej będzie wzrastać od 1 022 mln Mg w 2011 roku do 1 341 mln Mg w 2015 roku, przy czym Europa nie będzie beneficjentem tego wzrostu. Jednocześnie współczynnik zużycia koksu wielkim piecu z wdmuchiwanym pyłem węglowym (PCI) wynoszący obecnie około 436 kg/Mg surowki obniży się do około 430 w 2015, a następnie do 425 kg/Mg surowki w 2020 roku (Warzecha, Jarno 2012). Wskaźnik ten dla przedsiębiorstw wiodących w stalownictwie jest szacowany docelowo na wartość *ca* 400 kg/Mg surowki. Dalsze jego obniżanie powoduje znaczny wzrost wymagań co do parametrów jakościowych koksu, a to prowadzi do znacznego wzrostu kosztów jego wytwarzania i w konsekwencji podrożenie jednostkowego kosztu produkcji stali. Powyższe dane oznaczają, że w skali światowej produkcja koksu będzie rosła w następnych latach. Szacuje się, że produkcja koksu wzrośnie z około 604 mln Mg koksu w 2011 do około 822 mln Mg w 2021 roku, co oznacza wzrost o *ca* 34%. Jednocześnie nieznacznie spadnie udział zużycia koksu w produkcji wielkopiecowej z 80% (468 mln Mg) w 2011 do 77% (631 mln Mg) w 2021 roku. Główne obszary wzrostu zużycia koksu to Azja (Chiny i Indie) i kraje CIS.

Przedstawiona sytuacja rynkowa oznacza szansę dla polskich koksowni na partycypowanie w międzynarodowym handlu koksem, którego rentowność silnie uzależniona będzie od sprostania wymaganiom odbiorców koksu oraz od możliwości wykorzystania krajowej bazy węglowej.

Przeciętna jakość produkowanego w Polsce koksu spełnia oczekiwania odbiorców koksu dla wielkich pieców średniej objętości, natomiast jest niższa dla wymagań jakościowych dla koksu do wielkich pieców o dużej objętości. Tylko najlepsze gatunki produkowanego koksu

spełniają wysokie wymagania odbiorców. Pozostanie największym w świecie eksporterem koksu wymagać będzie w najbliższych latach szeregu dalszych działań technicznych i technologicznych, które pozwolą na sprostanie wymogom jakościowym na międzynarodowym rynku koksu. Tabela 2 przedstawia porównanie średnich parametrów jakościowych produkowanego w Polsce koksu i oczekiwania jego odbiorców.

TABELA 2. Porównanie średniej jakości koksu produkowanego w Polsce i oczekiwań odbiorców koksu (Warzecha, Jarno 2012)

TABLE 2. Average quality parameters of the coke produced in Poland in comparison with customer requirements (Warzecha, Jarno 2012)

| Parametr [%] | Oczekiwania odbiorców koksu dla:      |                                    | Średnie parametry produkowanego w Polsce koksu |
|--------------|---------------------------------------|------------------------------------|--|
|              | wielkich pieców o średniej pojemności | wielkich pieców o dużej pojemności |  |
| CRI          | <28                                   | <25                                | 28–35  |
| CSR          | >62                                   | >65                                | 57–62  |
| M10          | 6–7                                   | 5–6                                | 6,0–7,0  |
| M40          | 78–82                                 | 82–90                              | 75–82  |
| Popiół       | 12,5±0,5                              | 11,5±0,5                           | 8,5–10,0                                       |
| Siarka       | 0,7±0,1                               | 0,6±0,1                            | 0,5–0,7  |

## 2. Baza surowcowa polskiego koksownictwa

Polska jest największym producentem węgla koksowego w Europie. Dla krajowych koksowni oznacza to możliwość korzystania z renty geograficznej. Koszty zakupu węgla krajowych są zdecydowanie niższe niż węgla zamorskich. Nie występuje także szereg niedogodności związanych z transportem i zakupem węgla zamorskich. Również w skali makroekonomicznej, maksymalne wykorzystanie krajowej bazy węglowej przez polskie koksownie nastawione w przeważającej części na eksport, ma korzystny wpływ na bilans Polski w handlu międzynarodowym (Ozga-Blaschke 2008).

Dwa krajowe przedsiębiorstwa górnicze produkujące węgiel koksowy to Jastrzębska Spółka Węglowa S.A. (zintegrowana pionowo z trzema przedsiębiorstwami koksowniczymi) oraz Kompania Węglowa SA. Charakterystykę zasobów tych przedsiębiorstw przedstawia tabela 3.

TABELA 3. Krajowa baza surowcowa węgla koksowych  
(Czornik i in. 2011; Gaderska-Wojtaczka 2011; Ozga-Blaschke 2010)

TABLE 3. Domestic resources of coking coal  
(Czornik i in. 2011; Gaderska-Wojtaczka 2011; Ozga-Blaschke 2010)

| Przedsiębiorstwo      | Zasoby bilansowe<br>[mln Mg] | Zasoby operatywne<br>[mln Mg] | % udziału typu węgla   |
|-----------------------|------------------------------|-------------------------------|--|
| JSW S.A.              | 1 932                        | 552                           | 66% – typ 35<br>27% – typ 34<br>7% – pozostałe typy                                    |
| Kompania Węglowa S.A. | ca 3 800                     | 669                           | 40,4% – typ 34<br>12,9% – typ 35.1<br>0,4% – typ 35,2 i 37.1<br>46,3% – pozostałe typy |

Jastrzębska Spółka Węglowa S.A. przyjęła do realizacji strategię rozwoju zakładającą inwestycje na poziomie około 7 mld PLN. Ten znaczący wysiłek inwestycyjny pozwoli tylko na utrzymanie wydobycia węgla typu 34 i 35 na poziomie około 10,40 mln Mg (w tym typ 35 *ca* 80–86%) oraz podniesienie zasobów operatywnych o *ca* 292 mln Mg (Gaderska-Wojtaczka, 2011).

Kompania Węglowa S.A. w 2010 roku wydobyla łącznie 39,5 mln Mg węgla, z czego *ca* 12,4 mln Mg węgla typu 34 oraz *ca* 0,4 mln Mg węgla typu 35.1. Spółka ta podejmuje również wysiłek inwestycyjny mający na celu zmianę struktury wydobycia w kierunku zwiększenia udziału węgla koksowego.

Biorąc pod uwagę zdolności produkcyjne krajowych koksowni wynoszące obecnie około 11,0 mln Mg, a prognozowane wkrótce na 11,8 mln Mg koksu rocznie można prognozować, że zapotrzebowanie na węgle koksowe będzie wynosić w najbliższych latach około 16,1 mln Mg, w tym:

- ❖ węgla typu 35 – 12,1 mln Mg/rok,
- ❖ węgla typu 34 – 4,0 mln Mg/rok.

Oznacza to, że w najbliższych latach węgiel ortokoksowy typu 35 pozostanie deficytowym na rynku krajowym, przy jednoczesnej nadpodaży węgla typu 34 pochodzącego od krajowych producentów. W szczególności Koksownia Zdzieszowice, pozostająca poza grupą węglowo-koksową JSW SA, będzie musiała kupować węgiel zagraniczny wysokiej jakości w celu uzupełniania bazy węglowej.

W takim otoczeniu rynkowym naturalnym kierunkiem działań koksowni jest poszukiwanie możliwości zwiększenia udziału węgla typu 34 w mieszankach, przy zachowaniu wymaganej jakości koksu. Długookresowa efektywność ekonomiczna takich działań wynika z utrzymującej się różnicy cen węgla typu 34 (węgiel tańszy) i 35 (węgiel droższy). Prognozuje się, że w 2012 roku relacja przeciętnych cen węgla typu 34 i 35 będzie wynosiła 1:1,5, co gwarantuje wysoką efektywność ekonomiczną zastąpienia węgla typu 35 węglem typu 34.

Przedstawione powyżej dwa główne czynniki – wysokie wymagania jakościowe, ze strony przemysłu hutniczego (w szczególnie silny sposób odczuwający skutki spowolnienia gospodarczego), jako głównego odbiorcy koksu oraz ograniczona baza surowcowa – stymulują rozwój koksowni. Działania producentów koksu w najbliższych latach będą dotyczyły głównie obszaru technologicznego, ale także organizacji i zarządzania.

### 3. Kierunki rozwoju technologicznego koksownictwa

Rozważając możliwy rozwój technologiczny koksowni niezbędne jest uwzględnienie typowego kanonu działań, takich jak:

- a) zmiana stosowanej technologii na efektywniejszą,
- b) optymalizacja i zmiany w stosowanej technologii,
- c) rozbudowanie stosowanej technologii o uzupełniające operacje technologiczne,
- d) zmiana surowców stosowanych w procesie lub portfela produktów.

Ponadto rozwój technologiczny koksowni koncentrować się musi na następujących celach:

- a) obniżenie kosztów jednostkowych produkcji koksu, ale rozważane jednocześnie jako składowa wpływająca na obniżenia kosztu finalnego przemysłu hutniczego,
- b) poprawa wydajności procesu produkcji,
- c) minimalizacja oddziaływania na środowisko,
- d) poprawa warunków pracy załogi,
- e) poprawa sprawności energetycznej procesu koksowania,
- f) poprawa niezawodności procesu, a przez to okresu eksploatacji urządzeń – w konsekwencji obniżenie jednostkowych nakładów inwestycyjnych.

Realizacja tych wszystkich celów wymaga szerokiej analizy możliwych kierunków rozwoju technologicznego koksowni w korespondencji z odbiorcami koksu i innych produktów koksowania.

Efektywność ekonomiczna procesu koksowania może być rozważana w aspekcie poprawy jakości koksu produkowanego na bazie tej samej mieszanki lub w aspekcie produkcji koksu o niezmienionej jakości z uboższej, a więc i tańszej mieszanki węglowej. Poprawę w tym obszarze można osiągnąć poprzez optymalizację receptury lub zwiększenie gęstości nasypowej mieszanki węglowej (Poultney, Willmers 2000; Karcz, Strugała 2008; Czaplicki 2007). Przykładem skutecznych działań w zakresie optymalizacji receptury, zarówno dla baterii zasypowych jak i ubijanych, są prace wykonane w Koksowni Zdieszowice, które pozwoliły na zwiększenie w mieszankach udziału węgla typu 34 o około 4–7% przy równoczesnym wykorzystaniu dostępnych, wysoko jakościowych węgla zamorskich (Latocha i in. 2011; Ozga-Blaschke 2008).

Jedną ze słabości polskiego koksownictwa, pomimo niskiego średniego wieku infrastruktury produkcyjnej, jest niska gęstość nasypowa uzyskiwana w komorach baterii pracujących w systemie zasypowego napełniania komór (przeważająca część). Główną tego

przyczyną jest relatywnie mała wysokość komór koksowniczych (maksymalnie 5,5 m wobec 7–8 m stosowanych w innych krajach).

Radykalną zmianę gęstości nasypowej można osiągnąć przez zamianę technologii wsadu zasypowego na technologię wsadu ubijanego, co jest możliwe w przypadku budowy nowych lub modernizacji istniejących baterii koksowniczych. Takie rozwiązanie jest rozważane przez szereg krajowych koksowni.

Inną drogą poprawy jakości produkowanego koksu jest budowa baterii dwuproduktowych z odzyskiem ciepła spalin wykorzystywanego do produkcji energii elektrycznej. Bateria koksownicza dwuproduktowa składa się z kilkudziesięciu komór typu Jewell'a-Thomson'a. Charakteryzują się tunelowym kształtem z prostokątnym tłokiem o wymiarach około  $14 \times 4$  m i łukowym sklepieniem (wysokość komory rzędu 3 do 4 m w tym wsadu węglowego od 1 do 1,5 m). Proces koksowania w baterii dwuproduktowej rozpoczyna się po załadunku komory. Powstające gazowe produkty koksowania są częściowo spalane w przestrzeni podciśnieniowej komory, do której doprowadzane jest powietrze. Powstałe w ten sposób produkty niepełnego i niecałkowitego spalania odprowadzane są do kanałów grzewczych usytuowanych pod dnem komory, w których podawane jest powietrze wtórne i uzyskiwane jest całkowite i zupełne spalanie gazu surowego w temperaturze 1200–1400°C. Gorące spaliny przechodzą następnie do układu odbioru ciepła, w którym wytwarzana jest energetyczna para wodna, a następnie do instalacji odsiarczania. Po oczyszczeniu spaliny poprzez komin kierowane są do atmosfery. Czas koksowania wznosi około 48 godzin. Możliwe są różne systemy załadunku komór i chłodzenia koksu (Sikorski 2009).

Technologia ta posiada szereg zalet, takich jak:

- a) możliwość produkcji koksu najwyższej jakości, ale wyłącznie z węgla o najwyższej jakości – efektem jest obniżenie jednostkowego zużycia koksu w wielkim piecu,
- b) ekologiczna praca baterii – w komorach panuje podciśnienie,
- c) brak odzysku węglopochodnych – spaliny po przejściu przez kotły parowe są odsiarczane metodą wapniową, a następnie kierowane na filtry i do atmosfery.

Towarzyszą jej jednak istotne niedogodności, a mianowicie:

- a) krótki okres eksploatacji baterii koksowniczej dwuproduktowej – około 20 lat, wobec około 40 lat dla baterii konwencjonalnej,
- b) wyższe nakłady inwestycyjne,
- c) wyższe koszty mieszanki wsadowej i ograniczona baza surowcowa – niska tolerancja baterii na obniżoną jakość węgla,
- d) 2–3-krotnie większa powierzchnia zabudowy, w porównaniu do koksowni klasycznych.

Ta nowoczesna technologia w warunkach polskich może być atrakcyjna głównie dla koksowni grupy kapitałowej JSW S.A., które mogą mieć zapewniony dostęp do węgla o najlepszych właściwościach koksotwórczych. Dla pozostałych polskich koksowni (głównie Grupy ArcelorMittal) ze względu na przedstawione powyżej cechy tej technologii, racjonalowanie nakładów inwestycyjnych i dążenie do unikania nadmiernego ryzyka związanego z wdrażaniem nowych technologii w warunkach znacznej niepewności na rynku, orientację na maksymalne wykorzystanie krajowej bazy węglowej (niskie koszty mieszanki wsadowej), zasadna wydaje się teza, że budowa takiej koksowni w najbliższych latach nie miałaby uzasadnienia ekonomicznego (Karcz, Sikorski 2009; Sikorski 2009).



Dla istniejących baterii koksowniczych dla poprawy gęstości nasypowej można zastosować zmiany w stosowanej technologii na drodze optymalizacji składu ziarnowego. Działanie to jest szeroko stosowane w krajowym i światowym koksownictwie, choć wciąż posiada pewien potencjał. Kolejne działania to rozbudowanie technologii wsadu zasypowego o uzupełniające operacje technologiczne w zakresie przygotowania wsadu, takie jak (Poultney, Willmers 2000; Karcz, Strugała 2008; Czaplicki 2007):

- ❖ olejowanie wsadu,
- ❖ brykietowanie lub granulowanie części wsadu,
- ❖ wstępna obróbka termiczna wsadu (podsuszanie lub podgrzewanie).

Badania nad przedkomorowymi operacjami preparacji wsadu w ostatnim czasie przeżywają renesans i są prowadzone przez szereg koksowni w kraju i na świecie. Wszystkie te operacje prowadzą do podniesienia gęstości nasypowej. Olejowanie jest operacją stosowaną przez niektóre koksownie, np. w Europie lub w USA. Częściowe brykietowanie (do 30–40%) stało się w ostatnich latach przedmiotem badań w koksowni w Dunkierce oraz Koksowni „Przyjaźń”. Na szczególną uwagę zasługuje jednak operacja wstępnego podsuszania wsadu, która jako jedyna z wymienionych – poza korzystną zmianą struktury mieszanki – pozwala na zwiększenie zdolności produkcyjnej baterii koksowniczej oraz podniesienie ogólnej sprawności energetycznej procesu koksowania (Poultney, Willmers 2000; Karcz, Strugała 2008; Czaplicki 2007; Żarczyński 2011).

Przykładem działań w zakresie zmiany portfela produktów są doświadczenia Koksowni Zdieszowice w produkcji koksu wysokoreakcyjnego na bazie węgla typu 34 na bateriach pracujących w technologii wsadu ubijanego. Koks ten stosowany w odpowiednich proporcjach i strefach wielkiego pieca pozwala na znaczne ograniczenie kosztów produkcji surowki, bez negatywnego wpływu na proces jej wytwarzania.

Kreowanie wartości dodanej w procesie konwersji mieszanki węglowej do koksu, a następnie stali może też być dokonane poprzez zmianę technologii lub optymalizację operacji chłodzenia koksu. Zawartość wilgoci w koksie jest parametrem jakościowym koksu najsilniej oddziałującym na spadek produktywności wielkiego pieca. Obniżenie zawartości wody w koksie o 1% powoduje wzrost produktywności wielkiego pieca o 5% (Hereźniak i in. 2011). W wymiarze finansowym oznacza to, że redukcja wilgotności koksu o jeden punkt procentowy generuje oszczędności w wielkim piecu rzędu około 5–7 EUR/Mg koksu (zależnie m.in. od jednostkowego zużycia koksu w wielkim piecu). Naturalnym dążeniem koksowni będzie zatem obniżanie zawartości wilgoci w koksie. Dla technologii mokrego gaszenia koksu oznacza to dalsze prace nad optymalizacją tej operacji (sekwencji gaszenia koksu), optymalizację urządzeń gaśniczych (kształt wieży gaszenia, wozu gaszenia, układu zraszania). Radykalnym kierunkiem jest kompleksowa wymiana systemu mokrego gaszenia, którego rozwiązania pozwalają będą na ograniczenie zawartości wody w koksie (np. zalewanie, zatapianie, czy wtlaczanie wody gaśniczej pod koks). Innym możliwym kierunkiem jest zastąpienie technologii mokrego gaszenia koksu suchym gaszeniem. Rozwiązanie to, choć znacznie droższe inwestycyjnie, pozwala na jednoczesne osiągnięcie następujących efektów (Karcz, Sikorski 2009):

- a) obniżenie zawartości wody w koksie do około 1%,
- b) poprawa jakości produkowanego koksu na bazie tej samej mieszanki lub zwiększenie udziału węgla typu 34 w mieszance, przy zachowaniu tej samej jakości koksu,

c) odzysk entalpii fizycznej gorącego koksu i jej konwersja na energię elektryczną (około 1,6 GJ/Mg koksu).

Oba przedstawione kierunki zmian w zakresie technologii gaszenia koksu są atrakcyjne dla koksownictwa w Polsce, ale drugi – choć droższy inwestycyjnie – przynieść może znacznie więcej korzyści ekonomicznych i pozwala na optymalizację wykorzystania krajowej bazy węglowej.

Polityka EU w zakresie zapobiegania zmianom klimatycznym w porównaniu z innymi państwami jest szczególnie rygorystyczna i w sposób istotny dotyka koksownictwa. Pakiet klimatyczny dla Europy zakłada bowiem do 2020 roku:

- a) ograniczenie emisji gazów cieplarnianych o 20%,
- b) zwiększenie do 20% udziału energii odnawialnej w bilansie energetycznym UE,
- c) uzyskanie 20% oszczędności energii.

Jakkolwiek cele te są obecnie oceniane jako trudne do spełnienia w założonym terminie, to w Komisji Europejskiej trwa już dyskusja nad dalszym ograniczeniem emisji CO<sub>2</sub> o 80% w 2050 roku. Abstrahując od oceny możliwości finansowych i technicznych realizacji tych planów, nie sposób zaprzeczyć, że działania Komisji Europejskiej z jednej strony oznaczają znaczne ograniczenia dla przemysłu, a z drugiej są szansą i stymulatorem jego dynamicznego rozwoju. W tym aspekcie każde działanie przedsiębiorstwa koksowniczego mające na celu poprawę efektywności energetycznej jest pożądane i powinno być realizowane, niezależnie, czy oszczędność energii pojawia się na poziomie całej koksowni, czy też pojedynczego urządzenia, a efekty danego działania dla całego przedsiębiorstwa będą mogły być zrealizowane dopiero po wykonaniu innych działań (Sowiński 2010).

Szczególnie wrażliwym zagadnieniem w działaniu koksowni jest gospodarka nadmiarowym gazem koksowniczym. Zagadnienie to jest szczególnie ważne w koksownictwie krajowym, ponieważ większość mocy produkcyjnych nie jest zlokalizowana w sąsiedztwie hut, będących naturalnymi odbiorcami tego cennego paliwa. Dwie największe koksownie w kraju – Koksownia Zdzeszowice i Koksownia Przyjaźń – posiadają własne elektrociepłownie, zapewniające im samowystarczalność w zakresie energii elektrycznej i ciepła, co znacznie ogranicza koszty produkcji. Pozostały nadmiarowy gaz koksowniczy jest natomiast zazwyczaj sprzedawany odbiorcom zewnętrznym, głównie dla potrzeb wytwarzania energii elektrycznej. Biorąc pod uwagę regulacje wynikające z pakietu klimatycznego, a w ich konsekwencji prognozowany znaczny wzrost cen energii elektrycznej, można przypuszczać, że wartość użytkowa gazu koksowniczego jako surowca do produkcji energii elektrycznej będzie z czasem wzrastała. Jest to bowiem paliwo generujące spaliny o relatywnie niskiej koncentracji CO<sub>2</sub>. Potwierdzeniem atrakcyjności tego kierunku zagospodarowania gazu koksowniczego jest podjęta w 2011 roku przez Koksownię „Przyjaźń” Sp. z o.o. decyzja o budowie bloku energetycznego zasilanego oczyszczonym gazem koksowniczym o mocy około 70 MW (koksownia ta posiada już elektrociepłownię o mocy 42 MW zabezpieczającą potrzeby własne). Również w koksowniach Kombinatu Koksochemicznego „Zabrze” S.A., także należących do grupy kapitałowej JSW S.A. analizowane są możliwości energetycznego zagospodarowania nadmiarowego gazu koksowniczego. Koksownia w Radlinie rozważa możliwość budowy własnego bloku energetycznego. Natomiast Wałbrzyskie Zakłady Koksownicze „Victoria” S.A. rozważają możliwość zabudowy silnika gazowego na gaz koksowniczy.

Wśród koncepcji wysokosprawnego energetycznie zagospodarowania nadmiarowego gazu koksowniczego w ostatnim czasie pojawia się rozwiązanie techniczne wykorzystujące turbinę gazową. Obecny stan techniki pozwala bowiem na stosowanie w tym układzie gazu koksowniczego pomimo wyższej zawartości zanieczyszczeń i wilgotności w porównaniu z gazem ziemnym.

## 4. Kierunki rozwoju organizacji i zarządzania w koksownictwie

Kluczowymi parametrami charakteryzującymi poziom techniczny koksowni jest wydajność i bezpieczeństwo pracy. Działaniami jednocześnie poprawiającymi oba te wskaźniki jest automatyzacja i mechanizacja procesów. Cele automatyzacji dla przemysłu koksowniczego to:

- a) obniżenia obciążenia pracą i redukcja zatrudnienia – poprawa wydajności *per capita*,
- b) poprawa bezpieczeństwa pracy i obniżenia ryzyka zawodowego – odsunięcie człowieka ze strefy narażenia lub skrócenia czasu ekspozycji na czynniki niebezpieczne, szkodliwe i uciążliwe,
- c) poprawa niezawodności procesów – dłuższy okres eksploatacji urządzeń, ich niezawodność i trwałość, optymalizacja gospodarki remontowej.

Aczkolwiek najnowsze jednostki produkcyjne posiadają zaawansowaną automatykę, to wciąż niezbędny jest postęp i usprawnienia w tej dziedzinie. Systemy automatyki wymagają znacznych nakładów kapitałowych, a okres zwrotu może być pozornie długi, zwłaszcza że trudno jest skwantyfikować w prosty sposób efekty automatyzacji, takie jak ochrona masywu ceramicznego baterii, a przez to wydłużenie okresu ich eksploatacji. Także efekty w zakresie redukcji zatrudnienia mogą prowadzić do błędnych wniosków o okresie zwrotu inwestycji, ponieważ koszty pracy w Polsce są wciąż 3–4 razy niższe niż w Europie Zachodniej. Systematycznie jednak rosną i w średnim przedziale czasu przestaną decydować o przewadze konkurencyjnej. Ich obecny poziom wciąż jednak pozwala na znacznie tańsze wdrażanie rozwiązań wymagających zaangażowania wysoko wykwalifikowanych specjalistów.

Automatyzacja i mechanizacja niesie ogromne możliwości w zakresie ograniczenia ryzyka i narażenia zawodowego. W miejscach, gdzie nie jest w pełni możliwe wyeliminowanie czynników niebezpiecznych, uciążliwych i szkodliwych, automatyzacja i mechanizacja pozwalają na usunięcie człowieka z niebezpiecznej strefy bądź na skrócenie czasu ekspozycji na te czynniki.

Odpowiednio przygotowany system automatyki i sterowania pozwala także na prowadzenie diagnostyki maszyn i urządzeń w czasie rzeczywistym. Ma to ogromne znaczenie dla prewencyjnego utrzymania ruchu. Przejście od interwencyjnego do prewencyjnego utrzymania ruchu pozwala na eliminację awarii i anomalii, działanie wyprzedzające, a przez to uniknięcie strat w produkcji, nadmiernych zniszczeń i kosztów, poprawę niezawodności i pewności procesów, zmniejszenie ryzyka zawodowego. Podejście prewencyjne do utrzymania ruchu jest w ostatnim czasie szeroko propagowane w koksownictwie, ze względu na

empirycznie udowodnione niższe koszty całkowite prewencyjnego utrzymania ruchu i wydłużenie okresu eksploatacji obiektów przemysłowych.

Wydłużenie okresu eksploatacji urządzeń – a zwłaszcza baterii koksowniczych – to niższe jednostkowe nakłady inwestycyjne w odniesieniu do 1 Mg wyprodukowanego koksu. Utrzymanie dobrej kondycji aktywów produkcyjnych wymaga ciągłego monitorowania stanu technicznego. Monitorowanie stanu technicznego baterii koksowniczych oraz ścisłe przestrzeganie reżimu technologicznego jest kluczem do sukcesu w tym obszarze.

Istotne znaczenie ma także rozwój kompetencji zawodowych kadry inżyniersko-technicznej. W przemyśle koksowniczym powstaje szereg programów, mających na celu podniesienie wiedzy personelu i naukę umiejętności, np. podział zadań na operacyjne i wsparcia, rotacja na stanowiskach pracy, opracowywanie i realizowanie planów rozwoju zawodowego, celowe organizowanie pracy w zespołach: osoba doświadczona i ucząca się, kursy i studia podyplomowe, konferencje i sympozja, praktyki, staże itd. Duże możliwości w zakresie przygotowania kadry inżynierskiej tkwią w procesie kształcenia, a zwłaszcza w rozwoju współpracy jednostek naukowo-dydaktycznych z partnerami przemysłowymi.

Na szczególną uwagę zasługuje realizowany w Polsce przez Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrze duży projekt „Inteligentna Koksownia Spełniająca Wymagania Najlepszej Dostępnej Techniki” w ramach Programu operacyjnego Innowacyjna Gospodarka. Projekt ten rozpoczął się w październiku 2008 roku i potrwa do końca 2013 roku. Jego celem jest opracowanie narzędzi, procedur i produktów dla podniesienia konkurencyjności produkcji koksu oraz ograniczenia negatywnego oddziaływania koksowni na środowisko. Oczekuje się, że produktami finalnymi tego ogromnego i kompleksowego przedsięwzięcia angażującego zarówno kadre naukową i praktyków z koksowni będzie opracowanie nowych procedur, pakietów *know-how*, programów i usług dla tej gałęzi przemysłu.

W ostatnim czasie popularnością cieszą się programy aktywujące wszystkich pracowników w analizę, definiowanie i realizację działań usprawniających, począwszy od wykonywania czynności podstawowych do zmian w procesach. Celem takich programów jest aktywizacja i wyzwolenie przedsiębiorczości pracowników, ich zaangażowanie, zmotywowanie i podniesienie świadomości. Przykładem takich działań jest program ciągłego doskonalenia WCM (*Word Class Manufacturing*) realizowany przez koksownie należące do ArcelorMittal Poland S.A.

## Podsumowanie

Trwający od 2008 roku dość trudny czas dla przemysłu stalowego i koksownictwa w Europie i Polsce w szczególności sposób dopinguje przedsiębiorstwa koksownicze do sprosowania wysokim wymaganiom rynku. Jest także dobrą okazją do integracji przedsiębiorstw, optymalizacji kosztów i zwiększenia elastyczności działania, a przez to do poprawy konkurencyjności i przygotowania na lata lepszej koniunktury. Polskie koksownie wciąż rozważają, przygotowują, realizują lub planują realizację gruntownych programów moderniza-

cyjnych, zakładających budowę nowych jednostek wytwórczych, modernizację węgl-pochodnych, poprawę gospodarki energetycznej procesu koksowania rozważanego całościowo, automatyzację itd. Nadrzedną funkcją celu i zadaniem strategicznym polskiego koksownictwa winno być sprostanie wymaganiom odbiorców koksu, a przez to utrzymanie lub umocnienie posiadanej pozycji rynkowej oraz optymalne wykorzystanie krajowej bazy węglowej. Widocznym efektem podejmowanych obecnie działań jest obserwowana w koksowniach poprawa osobowej wydajności pracy, wzrost zaangażowania załóg koksowni oraz rozwój *know-how* w wyniku prowadzonych badań i prac studialnych. Przeanalizowane w artykule potencjalne kierunki rozwoju technologicznego koksowni, zwłaszcza w zakresie podstawowych agregatów produkcyjnych – baterii koksowniczych wraz z towarzyszącą infrastrukturą techniczną, wskazują na wciąż duży potencjał zmian w koksownictwie. Ogromnym wyzwaniem, ale i szansą jest także poprawa efektywności energetycznej oraz automatyzacja procesów. Realizacja działań w obu tych obszarach winna mieć zdecydowanie priorytetowy charakter. Duży potencjał poprawy konkurencyjności branży tkwi zarówno w obszarze techniczno-technologicznym, jak też organizacji i zarządzania.

Publikacja w części związanej z udziałem A. Strugały jest efektem działalności statutowej AGH nr 11.11.210.213

## Literatura

- CZAPLICKI A., 2007 – Podsuszanie wsadu przed koksowaniem. Karbo, wydanie specjalne, s. 47–57.
- CZORNIK i in. 2011 – CZORNIK G., ZIOMBER S., STRZELEC H., 2011 – Rozwój bazy zasobowej JSW SA. Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Zakopane, Materiały konferencyjne, s. 43–54.
- GANDERSKA-WOJTACZKA K., 2011 – Baza zasobowa węgla koksowych kopalń wchodzących w skład Kompanii Węglowej SA. Wyd. IGSMiE PAN, Zakopane, Materiały konferencyjne, s. 55–67.
- HEREŹNIAK i in. 2011 – HEREŹNIAK W., WARZECHA A., JARNO M., 2011 – Perspektywy rozwoju rynku dla koksu produkowanego w Polsce. Karbo, Nr 1, s. 6–18.
- KARCZ A., SIKORSKI C., 2009 – Wybrane uwarunkowania techniczno-technologiczne produkcji koksu w Polsce. Karbo, wyd. spec., s. 37–46.
- 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, s. 5–18.
- LATOCHA i in. 2011 – LATOCHA W., KACZMAREK W., STRUGAŁA A., ŻARCZYŃSKI P., 2011 – Rozszerzenie bazy węglowej polskiego koksownictwa poprzez wdrożenia wstępnego podsuszania wsadu oraz zastosowanie węgla importowanych. Kraków, Polityka Energetyczna t.14, z. 2, Wyd. IGSMiE PAN s. 215–229.
- LATOCHA i in. 2010 – LATOCHA W., SIKORSKI C., STRUGAŁA A., 2010 – Technologiczna ocena możliwości dywersyfikacji dostaw węgla do krajowych koksowni. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN nr 78, s. 127–145.
- OZGA-BLASCHKE U., 2008 – Relacje cen węgla i koksu metalurgicznego na rynkach międzynarodowych. Polityka Energetyczna t. 11, z. 1. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, s. 335–349.

- OZGA-BLASCHKE U., 2010 – Gospodarka węglem koksowym. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.
- POULTNEY R.M., WILLMERS R.R., 2000 – Assessment of coal pre-treatment systems. The Coke oven Managers' year-book 2000, s. 159–158.
- SIKORSKI C., 2009 – Koksownia dwuproduktowa – porównanie z koksownią klasyczną. Karbo Nr 4, s. 231–239.
- SOWIŃSKI J., 2010 – Analiza wpływu na polski system energetyczny propozycji Dyrektywy IED w sprawie zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom i ich kontroli. Polityka Energetyczna t. 13, z. 2. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, s. 401–410. PL ISSN 1429-6675.
- WARZECHA A., JARNO M. (Polski Koks), 2011 – Międzynarodowy rynek koksu, prezentacja: Warszawa 29.11.2011 r.
- WARZECHA A., JARNO M. (Polski Koks), 2012 – Światowy handel węglem koksowym i koksem, prezentacja: Konferencja SITPH, Karpacz 11–13.05.2012 r.
- ŻARCZYŃSKI P., 2011 – Ocena efektywności operacji podsuszania wsadu do procesu koksowania. Materiały Krakowskiej Konferencji Młodych Uczonych 2011, Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie Grupa Naukowa Pro Futuro, Kraków, ISBN 978-83-88519-12-3.

Piotr ŻARCZYŃSKI, Czesław SIKORSKI, Andrzej STRUGAŁA

## Determination of strategic directions for the technological development of coke plants in Poland based on the coal base forecast and coke customer requirements

### Abstract

The economic downturn observed in Europe affects mainly the traditional industry associated with coke and steel. Polish coke plants are the largest coke producers in the European Union and the largest exporters of coke in the world. The strategic goal of the Polish coke-making industry is the technological development of production assets which will allow the business to maintain or strengthen its market position by producing coke which fulfills customer expectations and meets increasingly strict legal requirements. All this has to be done by maximizing the added value of coal conversion into coke, and more generally into steel production. Therefore, a natural end cost-effective direction of development is the maximum use of the domestic coal base which is characterized by an insufficient content of the best, hard type coals. This article analyzes the current and medium term projected coal base structure. It examines, for the Polish cokemaking industry, the most promising directions of the coke plants' technological development (like changing the ovens' charging technology from top to stamp charging), and the conditions and possibilities for the deployment of heat-recovery coke plants. Furthermore, the article characterizes the perspective, pre-chamber technological operations in the scope of coal blend preparation leading to an increase in bulk density, e.g. further optimization of grain composition, oiling, partial briquetting, or coal blend thermal processing. It also considers the possibility of changing or modifying the coke quenching system as

a source of extra added value and better energy efficiency. Because of current and future requirements in terms of environmental protection and the energy policy of the European Union, particular attention has been given to the improvement of energy efficiency, both in the scope of single units (for particular installations and objects) and for the whole cokemaking process. The article highlights the enormous potential of further automation and mechanization which could result in improved work efficiency, a lower occupational risk, and the improved durability and reliability of equipment. Further analysis suggests potential improvements in the way the organization and management works in the cokemaking industry. Because of the uncertainty in the markets, the involvement and creativity of the employees becomes more important. A way to achieve the above is the participation of the staff in continuous improvement programs.

KEY WORDS: cokemaking industry, coking coal base, technological development, steelmaking industry