

Iwona GAJDZIK-SZOT
JSW KOKS S.A., Zabrze
igajdzik@jswkoks.pl

Jarosław BRODNY
Politechnika Śląska
Wydział Organizacji i Zarządzania
jaroslaw.brodny@polsl.pl

FUNKCJONOWANIE KONSORCJUM WĘGLOWO-KOKSOWNICZEGO NA PODSTAWIE PROEKOLOGICZNYCH I INNOWACYJNYCH METOD PRODUKCJI

Streszczenie. W ostatnich latach doszło do istotnych zmian w strukturze organizacyjnej polskich kopalń węgla kamiennego. Proces ten w głównej mierze objął konsolidację branży przez łączenie mniejszych lub mniej rentownych kopalń w większe organizacje. Celem tych działań była optymalizacja kosztów funkcjonowania jednostek, a co za tym idzie poprawa ich efektywności. W kilku przypadkach działania te miały także na celu uchronienie mniej rentownych przedsiębiorstw przed ich likwidacją. W przypadku Jastrzębskiej Spółki Węglowej proces konsolidacji objął także segment koksowniczy. Z ekonomicznego i organizacyjnego punktu widzenia działania takie były konieczne i z perspektywy czasu okazały się w pełni uzasadnione. Połączenie kilku przedsiębiorstw koksowniczych zaowocowało powstaniem przedsiębiorstwa JSW Koks S.A., które stało się istotną częścią konsorcjum węglowo-koksowniczego. W artykule przedstawiono strukturę, zadania oraz cele spółki JSW Koks. Uwzględniając bardzo konkurencyjny rynek produkcji koksu, przedstawiono propozycje wykorzystania potencjału przedsiębiorstwa do produkcji wodoru z oczyszczonego gazu koksowniczego. Rosnące zainteresowanie wodorem, jako źródłem czystej energii stwarza duże możliwości dywersyfikacji produkcji przedsiębiorstwa. Autorzy przedstawili także konkretne propozycje praktycznego wykorzystania tego nośnika energii. Artykuł ma charakter dyskusyjny i przedstawia propozycję wykorzystania węgla do produkcji ekologicznych paliw, co ma obecnie istotne znaczenie ze względu na ograniczenia w zakresie emisji.

Słowa kluczowe: węgiel kamienny, koks, wodór, konsorcjum węglowo-koksowe

FUNCTIONING OF A COAL-COKEMAKING GROUP ON THE BASIS OF PRO-ECOLOGICAL AND INNOVATIVE PRODUCTION METHODS

Abstract. In the last years, the crucial changes in organizational structure of Polish coal mines took place. This process affected mainly minor or less profitable mines and led to merge them in bigger organizations. The aim of the mentioned processes was to optimize cost and to improve the effectiveness of the mines. In some cases decisions/actions undertaken aimed to protect the less profitable companies from the risk of liquidation. As far as Jastrzębska Spółka Węglowa is concerned the consolidation processes included also coke making segment. In terms of economical and organizational aspects, changes were necessary and fully economically grounded. JSW KOKS was formed by merging two coke making companies and is now a significant part of mining-coke making capital group. This paper presents structure, objectives and aims of the company. Taking into consideration competing market of the coke, suggestions about how to use more effectively the company's capability of the hydrogen production has been proposed. Hydrogen as a clean energy source is worth considering as an option/possibility to diversify company's production. Authors have also shown some practical methods of the usage of the hydrogen as an energy source. Article has a discusional character and proposes how to use coal in the aim to produce ecological fuel which could play its significant role in minimizing adverse environmental impact.

Keywords: coal, coke, hydrogen, mining-coke making group

1. Wprowadzenie

Jastrzębska Spółka Węglowa (JSW S.A.) została utworzona 1 kwietnia 1993 roku z części Rybnicko-Jastrzębskiego Gwarectwa Węglowego, jako jedna z siedmiu działających wówczas spółek węglowych. W jej skład weszło siedem, samodzielnie funkcjonujących przedsiębiorstw górniczych, które przekształcono w jednoosobową spółkę Skarbu Państwa z siedzibą w Jastrzębiu-Zdroju.

Obecnie po przekształceniach w górniczej części kapitałowej Spółki wydobycie węgla (głównie koksowego) odbywa się w 4 kopalniach: KWK Borynia-Zofiówka-Jastrzębie, KWK Budryk, KWK Knurów-Szczygłowice i KWK Pniówek.

JSW S.A. prowadząc restrukturyzację, której częścią było m.in. wydzielenie majątku niezwiązanego z działalnością podstawową, tworzyła podmioty prawne wspierające działalność podstawową Spółki. W trakcie tego procesu JSW S.A. nabyła także inne przedsiębiorstwa – w 2003 roku spółkę Koksownia Przyjaźń Sp. z o.o., a w 2011 roku Kombinat Koksochemiczny „Zabrze” S.A. W ten sposób powstał segment koksowniczy Grupy Kapitałowej, zajmujący się przetwórstwem węgla koksowego – dzisiejszy JSW Koks S.A. Obecne przedsiębiorstwo JSW KOKS S.A. powstało 2 stycznia 2014 roku, kiedy

połączono Kombinat Koksochemiczny „Zabrze” S.A. i Koksownię Przyjaźń S.A. Nastąpiło to przez przejęcie przez Koksownię Przyjaźń S.A. Kombinatu Koksochemiczny „Zabrze” S.A. Kombinat Koksochemiczny „Zabrze” S.A., jako spółka przejmowana został rozwiązany bez przeprowadzania postępowania likwidacyjnego i wykreślony z Krajowego Rejestru Sądowego. Równocześnie nastąpiła zmiana nazwy firmy z Koksownia Przyjaźń Spółka Akcyjna na JSW KOKS S.A. Obecnie w jej skład wchodzi cztery koksownie: Przyjaźń, Jadwiga, Dębieńsko i Radlin. Wszystkie te zakłady (koksownie) położone są w województwie śląskim. Ich usytuowanie przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Położenie zakładów koksowniczych na terenie województwa śląskiego
 Źródło: Opracowanie własne.

Zgodnie z założeniami nadal obowiązującej „Strategii rozwoju Grupy JSW S.A. na lata 2010-2020” nadrzędnymi celami Grupy Kapitałowej JSW S.A. są dalsze umacnianie wiodącej pozycji na rynku węgla koksowego i koksu w Unii Europejskiej oraz

maksymalizacja rentowności i płynności finansowej, w celu stworzenia wartości dla akcjonariuszy i wspierania długookresowego rozwoju Grupy Kapitałowej¹. W celu realizacji tych zamierzeń Grupa planuje m.in. wykorzystywać efekty synergii pomiędzy działalnościami wydobywczą i koksowniczą. Jednocześnie rosnąca, światowa konkurencja na rynku węgla energetycznego oraz koksu powoduje, że konieczne jest poszukiwanie nowych rozwiązań produkcyjnych i innowacyjnych technologii w celu dywersyfikacji działalności Grupy Kapitałowej². Jedną z propozycji, która zdaniem Autorów może skutecznie wpisać się w te działania, jest produkcja wodoru. Jest to najpowszechniej występujący pierwiastek chemiczny we wszechświecie i na ziemi. W normalnych warunkach występuje w postaci gazowej. Ma jednak spory potencjał energetyczny, co spowodowało, że od połowy XIX wieku wykorzystywany jest jako paliwo do rakiet. Obecnie coraz częściej podejmuje się próby wykorzystania wodoru, jako czystego źródła energii do napędu środków transportu. Można więc przyjąć, że w najbliższych latach zapotrzebowanie na ten gaz będzie rosło. To z kolei wymusi opracowanie nowych, uzasadnionych ekonomicznie technologii jego wytwarzania. I właśnie w tym obszarze Autorzy widzą możliwość wykorzystania potencjału Grupy Kapitałowej JSW S.A. Jednym z bardziej uzasadnionych ekonomicznie sposobów produkcji wodoru jest wytwarzanie go z oczyszczonego gazu koksowniczego. W tym zakresie możliwości przedsiębiorstwa JSW KOKS S.A. są na tyle duże, że rozwój tego segmentu w przyszłości może stanowić istotne źródło dochodu. W artykule omówiono metodę produkcji koksu oraz jego znaczenie w gospodarkach krajowej i światowej, przedstawiono także propozycje wykorzystania wodoru, jako źródła czystej energii pozyskiwanej z węgla. Należy także podkreślić wieloaspektowość proponowanego rozwiązania. Z jednej strony stwarza możliwości rozwoju przedsiębiorstwa branży górniczej, a z drugiej może bardzo pozytywnie wpłynąć na środowisko naturalne przez produkcję czystej energii.

2. Struktura produkcji oraz zagrożenia rynkowe

Jastrzębska Spółka Węglowa S.A. to największy w Polsce i Europie producent węgla koksowego i największa komercyjna grupa koksowni w Unii Europejskiej³. Obszar wydobywczy Grupy ulokowany jest w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. Podstawową działalność Grupy stanowi: produkcja i sprzedaż węgla kamiennego, głównie węgla koksowego, węgla do celów energetycznych oraz produkcja i sprzedaż koksu oraz węglopochodnych. Celem działań JSW S.A. jest wzmocnienie pozycji lidera w produkcji najlepszej jakości węgla koksowego w Europie⁴. Utrzymanie pozycji znaczącego producenta

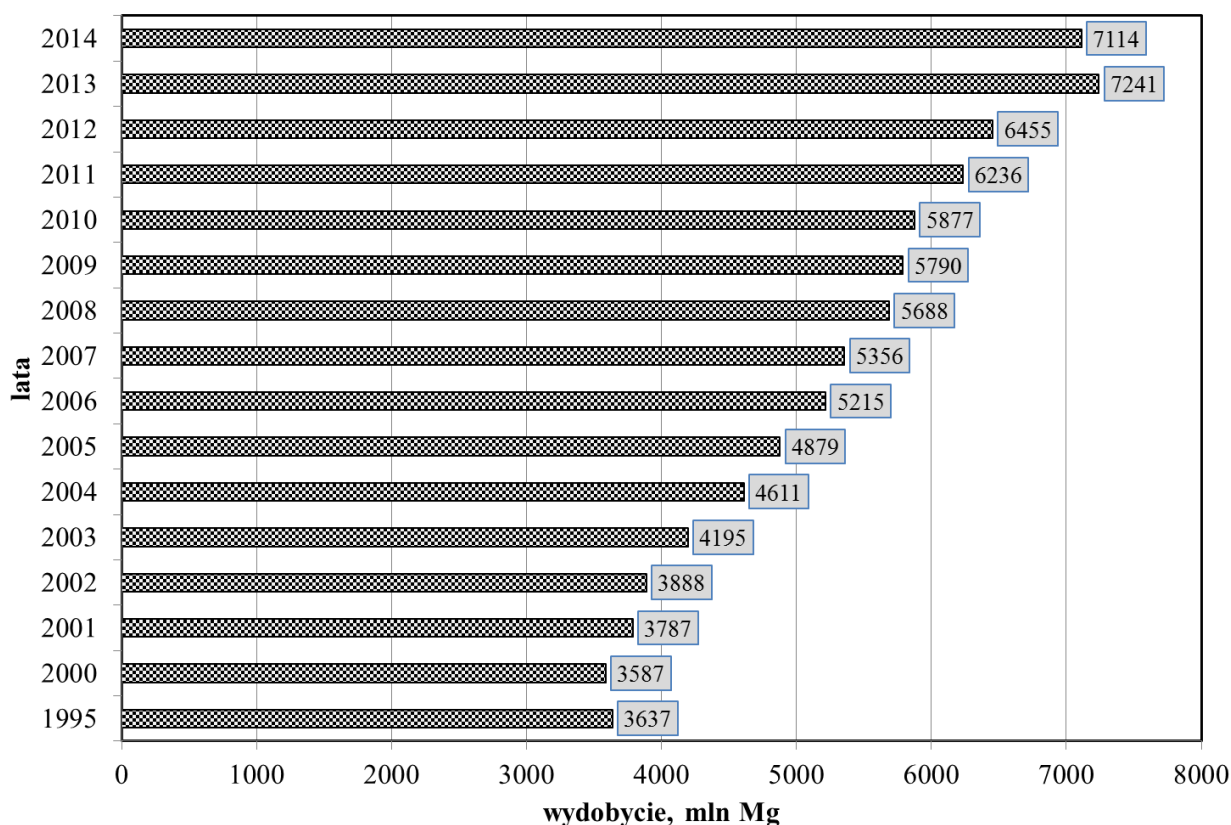
¹ Strategia rozwoju JSW S.A., <https://www.jsw.pl/relacje-inwestorskie/strategia/>.

² Ibidem.

³ Ibidem.

⁴ Ibidem.

koksu w Unii Europejskiej wiąże się z procesem dywersyfikacji, pokrewnych wykorzystujących efekt synergii segmentów węglowego i koksowniczego. Zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego Grupy Kapitałowej JSW S.A. jest realizowane przez poprawę efektywności podstawowej działalności operacyjnej z uwzględnieniem standardów odpowiedzialnego biznesu. Realizowane będzie to przez zwiększenie w najbliższych kilku latach produkcji węgla koksowego w kopalniach JSW S.A. do poziomu około 85% ogólnej produkcji. Wiązać się to będzie z udostępnianiem nowych pokładów i zwiększaniem głębokości eksploatacji. Proces ten wymagać będzie uruchomienia procesów inwestycyjnych zarówno w obszarze wydobywania węgla, jak i jego przetwórstwa w ramach Grupy Kapitałowej. W trakcie jego realizacji należy się jednak liczyć z różnego typu zagrożeniami, głównie ze względu na zmienność rynkowych cen surowców. Wynika to z faktu, że Grupa Kapitałowa JSW S.A. działa na globalnym rynku energetycznym, który narażony jest na różnego typu fluktuacje. Jednocześnie, na rynku produkcji węgla od 2010 roku notowany jest ciągły wzrost jego produkcji. Niewielkie zmniejszenie produkcji zanotowano w ostatnich 3 latach, ale generalnie wydobywanie węgla jest bardzo duże (rys. 2)^{5,6}.



Rys. 2. Wydobywanie węgla kamiennego na świecie

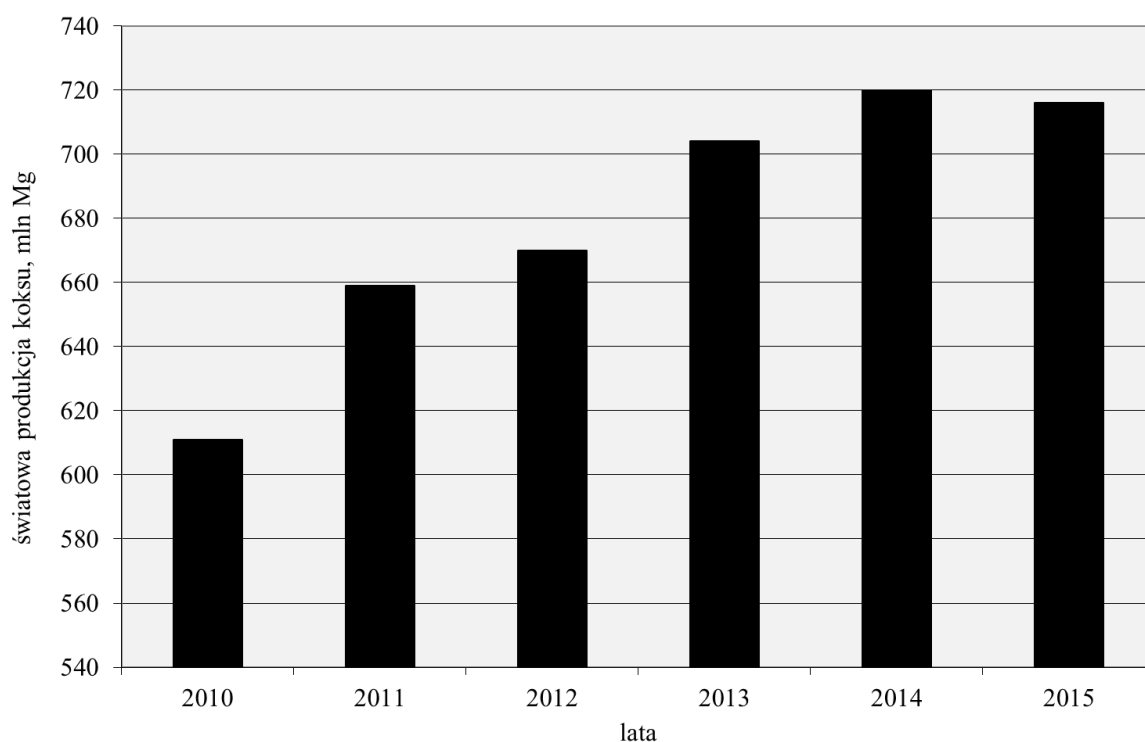
Źródło: Opracowanie własne na podstawie Coal Information OECD 2016 oraz International Energy Outlook 2016 With Projections to 2040. 2016

⁵ International Energy Outlook 2016 With Projections to 2040. 2016.

⁶ JSW KOKS S.A. Badania własne. Jastrzębie Zdrój 2017.

Wydobycie węgla kamiennego (koksowego) nierozzerwanie się wiąże z produkcją koksu. Na rysunku 3 przedstawiono światową produkcję koksu, która zachowuje podobny trend do wydobycia węgla kamiennego na świecie^{7,8}.

Pokazane wyniki w sposób istotny odbiegają od prognoz, które były prezentowane w wielu pracach^{9,10}. Przewidywania w tym zakresie okazały się nietrafione. Analiza przyczyn tego stanu jest bardzo złożona. Nie podlega jednak dyskusji, że wpływ na mniej dynamiczny wzrost produkcji koksu na świecie miało wiele czynników. Polska mając stabilną infrastrukturę do produkcji koksu, jest obecnie drugim jego eksporterem na świecie. Pierwsze miejsce zajmują Chiny. Bardzo istotne znaczenie dla eksportu koksu ma także jego cena na rynkach światowych. Ceny te podlegają sporym wahaniom i nie zawsze pokrywają się z trendem cen węgla koksującego. Zmiany cen węgla koksującego na świecie przedstawiono na rysunku 4¹¹.



Rys. 3. Światowa produkcja koksu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie JSW KOKS S.A. Badania własne. Jastrzębie Zdrój 2017 oraz Metallurgical Coke Market Outlook 2017

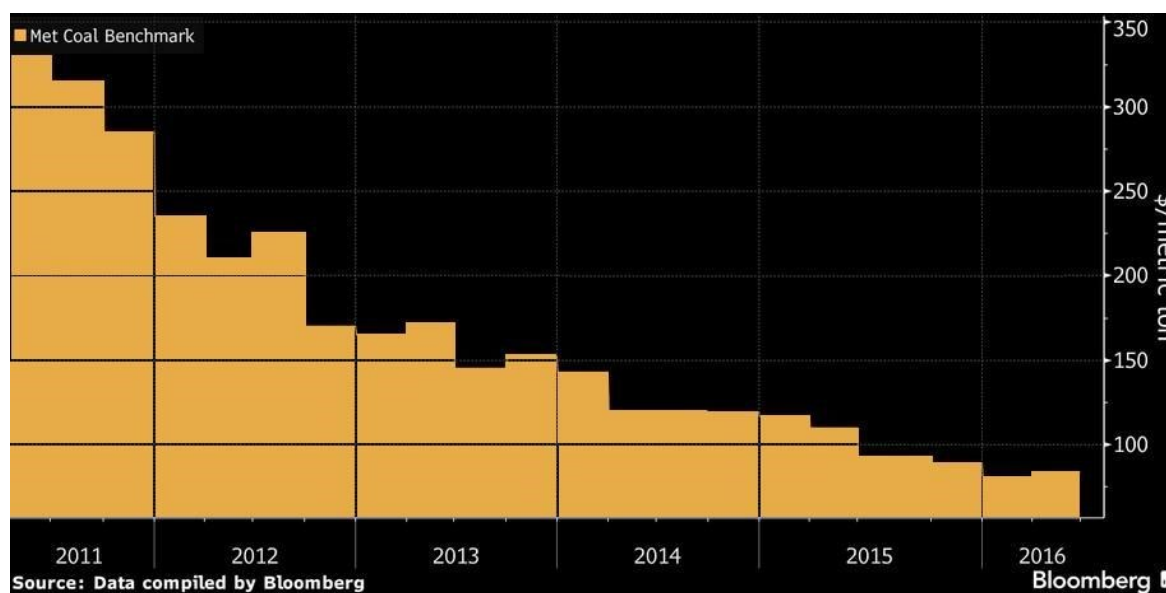
⁷ JSW KOKS S.A. Badania własne. Jastrzębie Zdrój 2017.

⁸ Metallurgical Coke Market Outlook 2017.

⁹ Ozga-Błaszke U., Olkusi T., Błaszke S.: Rozwój światowych rynków węgla koksowego i koksu metalurgicznego. Materiały Konferencyjne. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków 2007.

¹⁰ Walentyłowicz J.: Wyznaczanie bilansu silnika cieplnego o zapłonie samoczynnym. Biuletyn WAT, nr 2, 2006.

¹¹ Bloomberg, www.pb.pl/ceny-węgla-wspieraja-jsw-wykres-dnia-827792.



Rys. 4. Zmiana cen węgla koksującego na świecie

Źródło: Bloomberg www.pb.pl/ceny-wegla-wspieraja-jsw-wykres-dnia-827792.

Zgodnie z danymi prezentowanymi w opracowaniu¹², cena węgla koksującego spadała od 2011 roku, natomiast w roku 2016 nastąpił jej wzrost. Podobnie kształtowały się ceny koksu na rynkach światowych. Jednak cena koksu wzrasta wolniej aniżeli cena węgla. Dlatego efekt ekonomiczny podmiotu gospodarczego, który opiera swoje przychody na wydobyciu i przetwarzaniu węgla, jest silnie uzależniony od trendów gospodarki światowej. Z tego też względu konieczne jest podejmowanie działań w celu dywersyfikacji ryzyka związanego z produkcją i przetwórstwem węgla. Rozproszenie ryzyka prowadzonej działalności stwarza możliwość bardziej stabilnego przejścia przez okresy dekonjunktury. W tym zakresie oprócz normalnych działań związanych z optymalizacją kosztów w przedsiębiorstwie, np. przez zwiększenie wydajności maszyn, optymalne wykorzystanie zasobów ludzkich, doskonalenie organizacji itp., konieczne jest wprowadzanie innowacyjnych rozwiązań w zakresie przetwarzania węgla, a przez to poprawa wyników ekonomicznych przedsiębiorstwa. Taką szansę stwarza możliwość wykorzystania posiadanych mocy do produkcji czystego paliwa, jakim jest wodór.

3. Charakterystyka procesu produkcji koksu w JSW Koks S.A.

Podstawowym produktem przedsiębiorstwa JSW KOKS S.A., powstającym w procesie produkcyjnym, jest koks o dużej wytrzymałości mechanicznej i dużej reaktywności chemicznej.

¹² Ibidem.

Technologia produkcji koksu składa się z trzech etapów. Pierwszy, obejmujący kruszenie i sortowanie węgla, ma na celu przygotowanie mieszanki węglowej, jako wsadu do baterii koksowniczej.

W drugim etapie następuje zasadniczy proces koksowania. Odbywa się on w bateriach koksowniczych, w których znajduje się od kilkunastu do kilkudziesięciu komór koksowniczych. Do komór koksowniczych podaje się mieszkę ubitą w maszynie wsadowej lub zasypuje się urządzeniem zasypowym. Zasadniczy proces koksowania nazywany jest także procesem odgazowania węgla przy wysokiej temperaturze (450-1000°C), bez dostępu powietrza.

W trzecim etapie produkcji koksu następują gaszenie i segregowanie gotowego koksu. Po wypchnięciu wsadu z komory koksowniczej następuje proces gaszenia, a następnie proces segregacji koksu.

Oprócz koksu w procesie produkcyjnym powstają także inne produkty. Są to produkty ciekłe (np. smoła węglowa) oraz gaz koksowniczy. Z punktu widzenia produkcji wodoru najistotniejszym produktem procesu produkcji koksu jest właśnie gaz koksowniczy. Jego część wykorzystywana jest w procesie koksowania. Pozostaje jednak spora jego nadwyżka, która obecnie jest spalana w odpustnicach w celu produkcji energii. Od wielu lat gaz ten jest także wykorzystywany, jako gaz opałowy do zasilania gospodarstw domowych oraz w hutnictwie i energetyce. Wybrane parametry chemiczne i fizyczne gazu koksowniczego z jednego z zakładów koksowniczych przedstawiono w tabeli 1¹³.

Tabela 1

Wybrane wartości parametrów chemicznych i fizycznych gazu koksowniczego

Parametr	Wartość
Skład gazu koksowniczego	
CO ₂ , %	2,9
CnHn, %	2,9
O ₂ , %	1,0
CO, %	10,3
H ₂ , %	51,9
CH ₄ , %	23,7
N ₂ , %	7,3
Naftalen, g/100 Nm ³	26,35
Amoniak, g/100 Nm ³	0,30
Benzol, g/ Nm ³	5,26
H ₂ S, g/100 Nm ³	235,4
Parametry gazu koksowniczego	
Gęstość, kg/m	0,552
Wartość opałowa, kJ/m	17 514
Temperatura, °C	25÷30
Ciśnienie, kPa	3,3÷3,7

Źródło: Opracowanie własne na podstawie JSW KOKS S.A. Badania własne. Jastrzębie Zdrój 2017.

¹³ JSW KOKS S.A. Badania własne. Jastrzębie Zdrój 2017.

Cechą charakterystyczną tego gazu jest wysoka zawartość wodoru (ok. 52%) oraz metanu (ok. 24%). Przez wiele dziesięcioleci, począwszy od lat dwudziestych minionego wieku, korzystano z oczyszczonego gazu koksowniczego, jako źródła wodoru do różnego rodzaju syntez. Obecnie wodór ten jest wykorzystywany w wielu dziedzinach gospodarki oraz w różnego typu procesach. Podstawowe z nich to:

- synteza amoniaku (amoniak jest wykorzystywany do produkcji kwasu azotowego oraz nawozów sztucznych),
- przemysł petrochemiczny (hydrorafinacja, czyli odsiarczanie węglowodorów, procesy hydrokrakingu i hydroreformingu),
- produkcja metanolu,
- produkcja cykloheksanonu – rozpuszczalnika farb oraz surowca do produkcji m.in. kaprolaktamu,
- utwardzanie nienasyconych tłuszczów roślinnych (produkcja margaryny),
- wytwarzanie atmosfery ochronnej w metalurgii proszków,
- przemysł szklarski – formowanie szkła płaskiego i naczyniowego (w tym polerowanie krawędzi),
- spawalnictwo,
- laboratoria chromatografii gazowej,
- energetyka (np. do chłodzenia generatorów),
- motoryzacja.

Jak widać zastosowanie wodoru jest bardzo szerokie i w przyszłości może stanowić bardzo istotne źródło dochodu dla grupy kapitałowej.

4. Wodór, jako ekologiczny produkt koksowni

Już od lat dwudziestych XX wieku korzystano z oczyszczonego gazu koksowniczego, jako źródła wodoru do syntezy amoniaku. Do odzysku wodoru z tego gazu stosowano na ogół metody niskotemperaturowego rozfrakcjonowania metodą Lindego lub Clauda¹⁴. Gaz przed rozdzieleniem musiał być dodatkowo osuszany i oczyszczany z benzolu oraz gazów kwaśnych. Z tak przygotowanego gazu wydzielano frakcje: wodorową, metanową i etanową. Instalacja do niskotemperaturowego rozfrakcjonowania gazu koksowniczego pracowała w Polsce w Zakładach Azotowych w Kędzierzynie (dwa ciągi przerabiające do 30 tys. m³/h gazu z Zakładów Koksowniczych w Zdieszowicach). Z instalacji rozfrakcjonowania uzyskiwano: wodór do produkcji amoniaku, gaz metanowy wykorzystywany w procesie niskociśnieniowego półspalania oraz frakcję etanową, zużywaną w Zakładach Chemicznych

¹⁴ Karcz A., Tramer A.: Wykorzystanie gazu koksowniczego w syntezie chemicznej, [w:] Termochemiczne przetwórstwo węgla i biomasy. IChPW, IGSiE PAN, Zabrze-Kraków 2003.

w Blachowni. Wysoka energochłonność technologii rozfrakcjonowania temperaturowego była jedną z najistotniejszych przyczyn odchodzenia od tej technologii i poszukiwania bardziej efektywnych metod pozyskiwania wodoru i węglowodorów z gazu koksowniczego. Rozwiązaniami takimi były metody oparte na wykorzystaniu procesów adsorpcji oraz dyfuzji. W okresie wojennym ubiegłego wieku, wobec braku innych surowców, metody te były stosowane mimo małej efektywności ekonomicznej. W celu efektywniejszego wykorzystania potencjału zakładów koksowniczych, koksownie położone na terenie Śląska były w tym okresie połączone rurociągami z zakładami chemicznymi. W okresie powojennym w latach 1945-1947 część tych rurociągów zostało zdemontowanych. Jest to jednak przykład, że już w tamtym okresie podejmowano próby szerszego wykorzystania wodoru oraz innych produktów procesu produkcji koksu.

Jedną z głównych zalet pozyskiwania wodoru z gazu koksowniczego jest to, że roczna dyspozycyjność instalacji do produkcji wodoru wynosi 100%, czyli 8760 godzin pracy instalacji. Istnieje także możliwość kierowania palnych gazów resztkowych z instalacji produkcji wodoru do gazu opałowego baterii koksowniczej. Zawartość wodoru w gazie koksowniczym, która dochodzi nawet do około 56%, umożliwia uzyskanie dużych ilości wodoru z tego gazu.

W procesie pozyskiwania wodoru z gazu koksowniczego mogą zostać wykorzystane także inne znane już metody, takie jak^{15,16,17}:

- dwustopniowa separacja wodoru z wstępnym oczyszczeniem i odsiarczeniem gazu koksowniczego oraz konwersją gazu metanowego,
- separacja wodoru po wstępnym oczyszczeniu, odsiarczeniu i konwersji gazu koksowniczego,
- separacja wodoru po bezpośredniej konwersji gazu koksowniczego.

Dobór skutecznej i efektywnej metody pozyskiwania wodoru z gazu koksowniczego jest problemem otwartym. Podkreślić jednak należy, że zastosowana metoda musi odpowiadać coraz bardziej rygorystycznym normom ochrony środowiska.

Do chwili obecnej wykorzystanie wodoru, jako nośnika energii, powszechnie wykorzystywanej w gospodarce nie wyszło poza fazę eksperymentalną. Nie podlega jednak dyskusji, że wodór podczas procesu spalania uwalnia bardzo duże ilości energii. Wysoka wartość energetyczna wodoru oraz praktycznie zerowa ilość emitowanych szkodliwych substancji do środowiska podczas procesu spalania powodują, że potencjał zastosowania tego paliwa jest bardzo duży. Podejmowane od wielu lat, głównie w Japonii USA oraz Unii Europejskiej, programy badawcze udowadniają już dzisiaj realność techniczną stworzenia czystych systemów transportu np. w dużych aglomeracjach miejskich, opierając się na autobusach napędzanych ogniwami paliwowymi zasilanymi wodorem. Znaczenie wodoru,

¹⁵ Kohl A.L., Riesenfeld F.C.: Gas Purification. Gulf Publishing Company, Houston, Texas 1985.

¹⁶ Onozaki M., Watanabe K., Hashimoto T., Saegusa H., Katayama Y.: Hydrogen production by the partial oxidation and steam reforming of tar from hot coke oven gas Fuel. 2006.

¹⁷ Tramer A., Ściążko M., Karcz A.: Techniczne aspekty wykorzystania gazu koksowniczego do pozyskiwania wodoru. „Przemysł Chemiczny”, nr 84/11, 2005.

jako nośnika energii, stale rośnie. Może być on używany bezpośrednio w silnikach spalinowych lub turbinach. Najwyższą sprawność energetyczną (łącznie, elektryczną i cieplną), o wartości nawet 70-80%, uzyskuje się, stosując ogniwa paliwowe. Zaletą rozwiązań szczególnie ważnych w zastosowaniach przemysłowych – poza sprawnością – jest ponadto cicha praca (*low noise signature*) maszyn zasilanych tym paliwem. Istotne cechy to również wysoka niezawodność (brak części ruchomych, eliminacja smarowania), bezobsługowość (minimalne koszty utrzymania) i, jak już wspomniano wcześniej, prawie zerowa emisja substancji szkodliwych.

Uruchomienie instalacji do pozyskiwania wodoru z gazu koksowniczego wiąże się także z koniecznością opracowania systemu jego dystrybucji, magazynowania oraz ścisłą współpracą z producentami urządzeń, w którym ma on być spalany. Wodór, jako najłżejszy i najpowszechniej występujący pierwiastek w przyrodzie jest bardziej palny niż benzyna. W przypadku tego gazu również w trakcie transportu i przechowywania muszą zostać zachowane odpowiednie zasady bezpieczeństwa. Powszechne jest przekonanie, że wodór jest bardzo niebezpiecznym gazem. Po części ma to związek z katastrofą sterowca Hindenburga w 1937 roku.

Przy obecnym stanie techniki można jednak zapewnić odpowiednie systemy kontrolne, pomiarowe i właściwe procesy logistyczne, tak aby wykorzystywać wodór całkowicie bezpiecznie. Przykładem może być przemysł raketowy, gdzie bezpiecznie wykorzystuje się to paliwo od wielu już lat. Obecnie bowiem doświadczenia w dziedzinie normalizacji technologii wodorowych są kształtowane głównie dla potrzeb przemysłu raketowego i chemicznego. Brak jest natomiast rozwiązań normalizacyjnych dla autonomicznych ogniw paliwowych lub pojazdów wykorzystujących wodór jako paliwo. Dla szerszego stosowania wodoru w gospodarce konieczne jest więc także podjęcie działań w celu zapewnienia bezpiecznej infrastruktury, wytwarzania, magazynowania i transportu wodoru, obsługi i naprawy wodorowych urządzeń oraz systemów kontroli i sterowania. Zasadne jest także stwierdzenie, że bezkrytyczne przeniesienie doświadczeń stosowanych dla dużych obiektów na warunki masowego wykorzystania technologii wodorowych w mniejszych instalacjach może niekorzystnie wpłynąć na ich rozwój. Tym samym może pozbawić gospodarkę wodorową jakiegokolwiek perspektywy rozwoju w tym segmencie. Ważne jest także zastosowanie odpowiednich narzędzi informatycznych do monitorowania, sterowania i diagnostyki takiej instalacji. Doświadczenia w tym zakresie ma także przemysł górniczy, np. w monitorowaniu pracy maszyn^{18,19,20}.

¹⁸ Brodny J., Tutak M., Michalak M.: The use of the TGŚP module as a database to identify breaks in the work of mining machinery. BDAS, 2017, p. 441-452. DOI: 10.1007/978-3-319-58274-0_35.

¹⁹ Brodny J., Tutak M., Michalak M.: A Data Warehouse as an Indispensable Tool to Determine the Effectiveness of the Use of the Longwall Shearer. BDAS, 2017, p. 453-465. DOI: 10.1007/978-3-319-58274-0_36.

²⁰ Stecula K., Brodny J., Tutak M.: Use of intelligent informatics module for registration and assessment of causes of breaks in selected mining machines. ISPEM, 2017, p. 74-84. DOI 10.1007/978-3-319-64465-3_8.

4.1. Sposoby wykorzystania wodoru pozyskiwanego z gazu koksowniczego

W niniejszym rozdziale przedstawiono i omówiono kilka propozycji praktycznego zastosowania wodoru uzyskanego z gazu koksowniczego. W tym procesie bardzo istotne znaczenie ma dystrybucja wodoru. Wymaga ona odpowiedniej infrastruktury, środków logistycznych przystosowanych do jego przewozu, instalacji do magazynowania, stacji sprężających wodór itp. Aby uprościć ten system w opracowanych propozycjach, założono, że wyprodukowany wodór będzie zużywany w dużych ilościach w miejscu jego produkcji, czyli w rejonie województwa śląskiego. Pozytywne doświadczenia zdobyte w tym rejonie spowodują, że zostaną zapewne opracowane technologie, które w krótkim czasie umożliwią powszechne jego stosowanie.

Propozycje dotyczące wykorzystania wodoru wyprodukowanego z gazu koksowniczego obejmują:

1. Budowę elektrowni wodorowej. Jej lokalizacja powinna znajdować się w pobliżu największej koksowni wchodzącej w skład JSW KOKS S.A. Budowa takiej elektrowni powinna być prowadzona w porozumieniu z dużym producentem energii elektrycznej. Pierwsza taka elektrownia funkcjonuje w miejscowości Fusina koło Wenecji. Elektrownię tę wyposażono w turbinę „wodorową” i odzysk ciepła z jej produktów spalania w kotle parowym²¹. Wykorzystuje ona nowo opracowane turbiny typu GE10-1 o mocy 12 MW, spalające wodór, który wytwarzany jest jako produkt uboczny w pobliskich zakładach chemicznych Marghera. Wodór jest dostarczany rurociągiem o długości 2,5 km pod ciśnieniem 27 barów. Dodatkowo ciepło jest odzyskiwane ze spalin dzięki kondensacji zawartej w nich wilgoci. Kondensat po oczyszczeniu zostaje wprowadzony do obiegu wodnego przyległego bloku parowego o mocy 320 MW elektrowni zawodowej. Ta współpraca z sąsiadującym blokiem energetycznym pozwala na zwiększenie jego mocy o 4 MW. Dodatkowo elektrownia przemysłowa uzyskuje stałe źródło wodoru, który jest używany do chłodzenia generatorów. Ten model produkcji energii elektrycznej i ciepła wpisuje się w zakres energetyki skojarzonej zgodnej z Dyrektywą 2004/8/WE w sprawie promowania kogeneracji na podstawie zapotrzebowania na ciepło użytkowe na wewnętrznym rynku energii, którą Polska przyjęła w 2004 roku. Ten sposób pozyskiwania prądu i ciepła był już od dawna promowany w Polsce²². W energetyce zawodowej i przemysłowej poprawia on opłacalność ekonomiczną przetwarzania energii, czyli równoczesnego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła.
2. Budowę stacji ładowania wodorem autobusów komunikacji miejskiej. Lokalizacja takich stacji powinna być w pobliżu poszczególnych koksowni wchodzących w skład JSW KOKS S.A. Ich budowa powinna być prowadzona w porozumieniu z operatorami

²¹ Ostrowiec P.: W Wenecji pracuje pierwsza przemysłowa elektrownia na wodór. „Energia Gigawat” nr 2-3, 2011.

²² Szargut J., Ziębik A.: Skojarzone wytwarzanie ciepła i elektryczności – elektrociepłownie. PAN, Oddział w Katowicach, Katowice-Gliwice 2007.

komunikacyjnymi, np. KZK GOP. W przypadku dużej aglomeracji miejskiej, a taką jest metropolia śląska, w której na ulice wyjeżdża dziennie około 2000 autobusów, zastosowanie napędu wodorowego w istotny sposób powinno wpłynąć na jakość środowiska naturalnego. W przypadku pojazdów wyposażonych w silniki Diesla, tylko część energii wydzielanej podczas spalania jest przetwarzana na energię użyteczną. Większa część energii jest bezpowrotnie tracona z uwagi na właściwości obiegu termodynamicznego. Straty te występują w układzie chłodzącym, układzie wydechowym i przez wymianę z otoczeniem. Badania przeprowadzone na stanowisku dynamometrycznym przy pełnym obciążeniu silnika wykazały, że strumienie ciepła w układzie chłodzącym, układzie spalinowym oraz ciepło zamieniane w pracę użyteczną są sobie równe dla badanego silnika i wynoszą około 1/3 dla każdego strumienia, 2/3 energii jest tracona²³. Dodatkowo do atmosfery wprowadzane są duże ilości spalin będące wieloskładnikowymi mieszaninami kilkuset związków chemicznych, powstające w wyniku niedoskonałego spalania oleju napędowego, a także zawartych w nich modyfikatorów i zanieczyszczeń. Te niepożądane produkty spalania wydzielają się do atmosfery w postaci gazów i par, jak również w postaci cząstek stałych. Spaliny silnika Diesla są przyczyną zarówno ostrych, jak i przewlekłych szkodliwych zmian w układzie oddechowym, głównie w postaci astmy oraz w układzie sercowo-naczyniowym²⁴. Są też czynnikiem mutagennym i rakotwórczym (grupa 2A wg Międzynarodowej Organizacji Badań nad Rakiem). W wyniku badań przeprowadzonych w CIOP-PIB²⁵ stwierdzono, że podczas całodzienniej ekspozycji na spaliny silników Diesla pracownik może być narażony na zmienne ilości cząstek ultradrobnych i drobnych z reguły o wymiarach poniżej 1000 nm. Narażenie zawodowe na substancje chemiczne i cząstki stałe wchodzące w skład spalin emitowanych przez silniki wysokoprężne Diesla dotyczy osób obsługujących lub konserwujących sprzęt wyposażony w tego typu silniki, a także mieszkańców dużych aglomeracji. Wodór jest najbardziej ekologicznym nośnikiem energii. Podczas prowadzenia procesu utleniania w ogniach paliwowych, jedynym produktem ubocznym jest para wodna. Dlatego zamiana źródeł energii napędzającej autobusy miejskie może w istotny sposób przyczynić się do poprawy stanu powietrza. Wodór wykorzystywany w ogniach paliwowych daje szansę na ograniczenie emisji takich związków jak tlenki azotu, tlenki węgla, najróżniejszych węglowodorów, które są przyczyną kwaśnych deszczy i efektu cieplarnianego. Metropolia śląska wydaje się idealnym miejscem do wprowadzenia, przynajmniej pilotażowej wersji tego systemu. Łączy bowiem zarówno producentów, jak i odbiorców w akceptowalnym obszarze urbanistycznym, co stwarza szansę efektywnego, również ekonomicznie, zastosowania wodoru jako źródła energii.

²³ Walentynowicz J.: Wyznaczanie bilansu silnika cieplnego o zapłonie samoczynnym. Biuletyn WAT, nr 2, 2006.

²⁴ Kozłowska-Szczęsna T., Krawczyk B., Kuchcik M.: Wpływ środowiska atmosferycznego na zdrowie i samopoczucie człowieka. Monografia PAN, nr 4, 2004.

²⁵ Zagrożenia spalinami silników diesla. Wytyczne CIOP PIB. Warszawa 2010.

3. Stworzenie mniejszych stacji dystrybucji wodoru zlokalizowanych w niewielkiej odległości od zakładów koksowniczych. Stacje te pozwolą na dokonanie doładowania mniejszych jednostek komunikacyjnych. W ostatnich latach, zwłaszcza w Japonii, rozpoczęto produkcję samochodów wyposażonych w wodorowe ogniwa paliwowe. Dobrym przykładem jest Honda FCX Concept, Toyota Mirai, Hyundai ix35. Schemat działania samochodu z wodorowym ogniwem paliwowym jest stosunkowo prosty i co najważniejsze – gwarantuje pełne bezpieczeństwo oraz wysoki poziom czystości produktów ubocznych. Obecne rozwiązania w zakresie budowy samochodów zasilanych wodorem spełniają także wymagania w zakresie założeń, co do ich zasięgu, który wynosi już około 500 km, (Toyota Mirai). Powoduje to, że zagęszczenie takich stacji nie musi być aż tak duże. Jednocześnie ich budowa umożliwi popularyzację na Śląsku samochodów zasilanych wodorem.
4. Stworzenie ministref ekonomicznych w rejonach koksowni, gdzie zostaną zbudowane instalacje do produkcji wodoru. W strefach tych byłaby możliwość lokowania mniejszych zakładów wykorzystujących wodór w swojej działalności gospodarczej. Obecnie jest wiele podmiotów gospodarczych mających pomysł na produkcję z wykorzystaniem wodoru, jednak koszty instalacji oraz jej wielkość nie pozwalają na realizację tych zamierzeń. Stworzona strefa przez dostęp do taniego wodoru byłaby bardzo atrakcyjna na rynku terenów przemysłowych. Oprócz dynamicznego rozwoju tych terenów umożliwiłaby także promocję wodoru, jako najbardziej ekologicznego paliwa.

5. Podsumowanie

Przedstawiona w artykule problematyka dotyczy ważnego zagadnienia dla branży górniczej. W ostatnich latach prowadzi się bowiem szeroką dyskusję na temat przemysłowego zastosowania czystych technologii węglowych, efektywności krajowego górnictwa węgla kamiennego, a także ochrony środowiska w gospodarce opartej na konwencjonalnych źródłach energii, w tym poruszany jest problemem niskiej emisji. Wydaje się, że zaproponowane w artykule rozwiązanie idealnie wpisuje się w te dyskusje. Zastosowanie wodoru jako czystego, ekologicznego paliwa pozyskiwanego z węgla kamiennego jest propozycją, która umożliwiłaby skuteczne rozwiązanie części z tych problemów. Dodatkowo jest to rozwiązanie bardzo nowoczesne (innovacyjne) i proekologiczne. Przemysłowe zastosowanie wodoru w naszej gospodarce można by uznać za krok milowy dla jej rozwoju.

Wdrożenie do praktyki przemysłowej instalacji pozyskiwania wodoru z gazu koksowniczego pozwoli zrealizować wiele zamierzeń społecznych, technologicznych, ekonomicznych i naukowych. Najistotniejsze spośród nich to:

- uzyskanie możliwości komercjalizacji nowego produktu i pozyskiwanie dodatkowych przychodów przez przedsiębiorstwo JSW KOKS S.A.,
- skomercjalizowanie możliwości wykorzystania gazu koksowniczego do produkcji wodoru (w kraju, Europie i na świecie),
- rozwój nauki przez współpracę z jednostkami naukowymi, celem opracowania wydajnej ekonomicznie i uzasadnionej technicznie metody pozyskania wodoru z gazu koksowniczego,
- poprawa warunków środowiskowych przez zastosowanie wodoru w skali makroregionalnej, co powinno pozytywnie wpłynąć na ograniczenie emisji spalin i pyłów,
- utworzenie nowych miejsc pracy oraz zachęcanie innych branż do inwestycji (np. energetykę i motoryzację),
- promocja rozwiązań proekologicznych w regionie i kraju, a przez to poprawa wizerunku przemysłu węglowego, w tym JSW S.A.

Produkcja wodoru doskonale wpisuje się także w Program Rozwoju Elektromobilności w Polsce oraz w Strategię na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju. Zasadne zatem wydaje się prowadzenie dyskusji, badań i wszelkiego typu działań w celu praktycznej realizacji tej koncepcji.

Bibliografia

1. Bloomberg, www.pb.pl/ceny-wegla-wspieraja-jsw-wykres-dnia-827792.
2. Brodny J., Tutak M., Michalak M.: A Data Warehouse as an Indispensable Tool to Determine the Effectiveness of the Use of the Longwall Shearer. 13-th International Conference Beyond Databases, Architectures and Structures BDAS 2017, Beyond Databases, Architectures and Structures. Towards Efficient Solutions for Data Analysis and Knowledge Representation. DOI: 10.1007/978-3-319-58274-0_36.
3. Brodny J., Tutak M., Michalak M.: The use of the TGŚP module as a database to identify breaks in the work of mining machinery. 13-th International Conference Beyond Databases, Architectures and Structures BDAS 2017, Beyond Databases, Architectures and Structures. Towards Efficient Solutions for Data Analysis and Knowledge Representation. DOI: 10.1007/978-3-319-58274-0_35.
4. Coal Information. OECD, 2016.
5. International Energy Outlook 2016 With Projections to 2040. 2016.
6. JSW KOKS S.A. Badania własne. Jastrzębie Zdrój 2017.
7. Karcz A., Tramer A.: Wykorzystanie gazu koksowniczego w syntezie chemicznej, [w:] Termochemiczne przetwórstwo węgla i biomasy. IChPW, IGSiE PAN, Zabrze-Kraków 2003.

8. Kohl A.L., Riesenfeld F.C.: Gas Purification. Gulf Publishing Company, Houston, Texas 1985.
9. Kozłowska-Szczęśna T., Krawczyk B., Kuchcik M.: Wpływ środowiska atmosferycznego na zdrowie i samopoczucie człowieka. Monografia PAN, nr 4, 2004.
10. Metallurgical Coke Market Outlook, 2017.
11. Onozaki M., Watanabe K., Hashimoto T., Saegusa H., Katayama Y.: Hydrogen production by the partial oxidation and steam reforming of tar from hot coke oven gas Fuel, 2006.
12. Ostrowiec P.: W Wenecji pracuje pierwsza przemysłowa elektrownia na wodór. „Energia Gigawat” nr 2-3, 2011.
13. Ozga-Blaschke U., Olkuski T., Blaschke S.: Rozwój światowych rynków węgla koksowego i koksu metalurgicznego. Materiały Konferencyjne. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków 2007.
14. Stecuła K., Brodny J., Tutak M.: Use of intelligent informatics module for registration and assessment of causes of breaks in selected mining machines. The First International Conference on Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance ISPEM 2017. Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance ISPEM 2017, Advances in Intelligent Systems and Computing, 637. DOI: 10.1007/978-3-319-64465-3_8.
15. Strategia rozwoju JSW S.A., <https://www.jsw.pl/relacje-inwestorskie/strategia/>.
16. Szargut J., Ziębik A.: Skojarzone wytwarzanie ciepła i elektryczności-elektrociepłownie. PAN, Oddział w Katowicach, Katowice-Gliwice 2007.
17. Tramer A., Ściążko M., Karcz A.: Techniczne aspekty wykorzystania gazu koksowniczego do pozyskiwania wodoru. „Przemysł Chemiczny”, nr 84/11, 2005.
18. Walentynowicz J.: Wyznaczanie bilansu silnika cieplnego o zapłonie samoczynnym. Biuletyn WAT, nr 2, 2006.
19. Warzecha A., Nocuń-Bąk M., Gerard Gałeczka G.: Koksownictwo polskie na tle światowego przemysłu koksowniczego. Sympozja konferencji, nr 732008. Zakopane 2010.
20. Zagrożenia spalinami silników diesla. Wytyczne CIOP PIB. Warszawa 2010.