

Marian NIESLER

Instytut Metalurgii Żelaza

NOWE PODEJŚCIE DO PROCESU WIELKOPIECOWEGO W PROJEKCIE ULCOS

W artykule przedstawiono realizowany w ramach programu ULCOS projekt nowego podejścia do procesu wielkopieczowego - technologia Top Gas Recycling (TGR) and Carbon Capture and Storage (CCS). Idea projektu polega na zastąpieniu tlenem gorącego dmuchu potrzebnego do spalania koksu i wytworzenia gazu redukcyjnego. Następnie z gazu wielkopieczowego usuwane jest CO₂. Tak spreparowany gaz redukcyjny zostaje ponownie dmuchany do wielkiego pieca. Testy wykonane w Eksperymentalnym Wielkim Piecu w MEFOS - Metallurgical Reserch Institute AB w Luleå (Szwecja) wykazały, że możliwe jest 24% obniżenie zużycia koksu przy 90% udziale zwracanego do procesu gazu wielkopieczowego. Inwestycje w TGR wiążą się z kosztami szacowanymi na 300 - 400 mln euro, dla pojedynczej przemysłowej instalacji demonstracyjnej.

Słowa kluczowe: ULCOS, eksperymentalny wielki piec, recykling gazu wielkopieczowego, składowanie CO₂

NEW ATTITUDE TO BLAST-FURNACE PROCESS IN ULCOS PROJECT

This article presents the new attitude to the blast-furnace process project realised under ULCOS programme - Top Gas Recycling (TGR) and Carbon Capture and Storage (CCS) technology. The idea of the project is to replace hot blast necessary for combustion of coke and production of reduction gas with oxygen. Then CO₂ is removed from the blast-furnace gas. The reduction gas prepared like this is blown again into the blast furnace. Tests carried out in the Experimental Blast Furnace at MEFOS - Metallurgical Research Institute AB in Luleå (Sweden) showed that 24% reduction in coke consumption with 90% share of blast-furnace gas recycled into the process is possible. The investments into TGR involve the costs assessed at EUR 300-400 Mio for a single industrial demo installation.

Key words: ULCOS, experimental blast furnace, blast-furnace gas recycling, CO₂ storage

1. WSTĘP

W trosce o środowisko, światowi liderzy w produkcji stali biorą udział w programach badawczych mających na celu zmniejszenie emisji CO₂ o 50% do 2050 roku.

Jednym z najważniejszych programów w tej dziedzinie jest europejski projekt ULCOS (z ang. *Ultra Low CO₂ Steel-making* - Ultra Niska Emisja CO₂ w Produkcji Stali), w który zaangażowani są liderzy w produkcji stali w Europie m.in. Corus, ThyssenKrupp Stahl, Voestalpine, Ruukki oraz ArcelorMittal, który jest jego koordynatorem. Projekt ten w krajach Unii Europejskiej rozpoczęto realizować w 2004 r. w ramach 6 Programu Ramowego, przy współfinansowaniu przez Fundusz Badawczy dla Węgla i Stali (RFCS - Research Fund for Coal and Steel).

Celem tej inicjatywy są wspólne badania nad opracowaniem nowych procesów produkcji stali, które znacząco zmniejszyłyby emisję CO₂ do atmosfery.

Obecnie realizowana jest pierwsza faza projektu ULCOS (2004-2010 r.). Zakres tej fazy obejmuje wybór głównych dróg wytwarzania stali, z jednoczesnym określeniem wykonalności technicznej i efektywności ekonomicznej. Rozpatrywanych jest około 80 różnych potencjalnych technologii. Badane są technologie wytwarzania stali oparte na m.in. węglu, gazie ziemnym, energii elektrycznej i biomasie. Zaangażowanych jest w tę fazę 48 partnerów, a budżet wynosi 59 milionów euro.

Drugi etap projektu ULCOS zaprojektowany na lata 2010-2015, ma na celu uruchomienie jednej lub dwóch przemysłowych instalacji pilotowych opartych na wyni-

kach etapu pierwszego. Pierwszą już zidentyfikowaną i rozwijaną technologią będzie technologia **recyklingu gazu wielkopieczowego z wychwytywaniem i składowaniem CO₂** (Top Gas Recycling (TGR) and Carbon Capture and Storage (CCS)).

Inwestycje w TGR wiążą się ze znacznym stopniem ryzyka i kosztami szacowanymi na 300-400 mln euro, dla pojedynczej przemysłowej instalacji demonstracyjnej. Spełnienie pokładanych w tej technologii oczekiwań otworzy nowe drogi rozwoju wielkopieczownictwa po 2020 r. [1, 2].

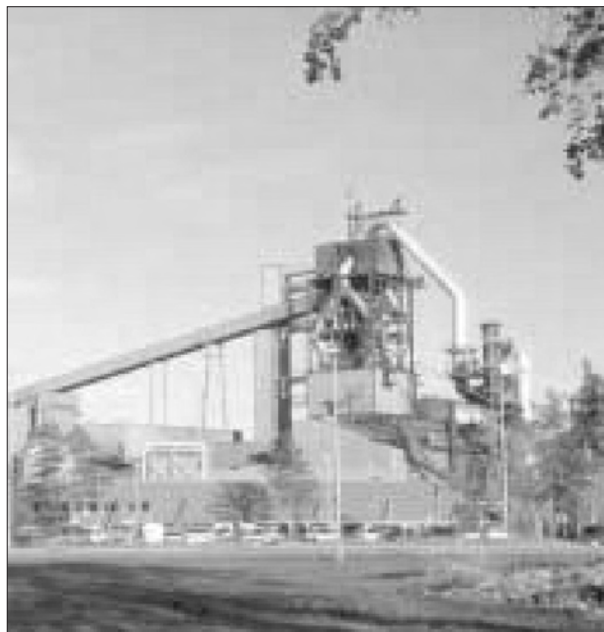
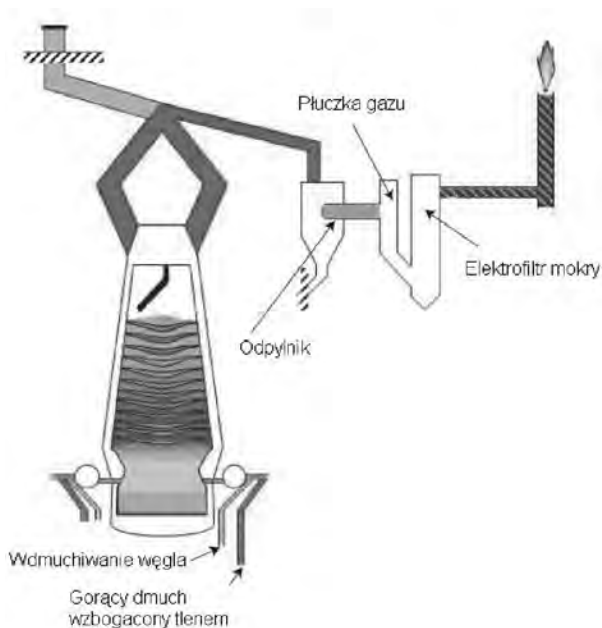
2. EKSPERYMENTALNY WIELKI PIEC

W 1996 r. w MEFOS - Metallurgical Reserch Institute AB w Luleå (Szwecja), przy współpracy firmy LKAB (m.in. producent grudek żelaza dla procesu wielkopieczowego i redukcji bezpośredniej DR) wybudowano eksperymentalny wielki piec EBF (rys. 1).

Podstawowe dane techniczne pieca:

- liczba dysz - 3,
- średnica pieca na poziomie dysz - 1,2 m,
- objętość użyteczna pieca - 8,2 m³,
- produkcja surówki - 35-40 t/dzień,
- zużycie paliwa - 500-540 kg/t surówki,
- skład surówki - C 4,3 - 4,5%, Si 0,8 - 1,5%,
- ciśnienie gazu w gardzieli - > 1,5 bara,
- temperatura dmuchu - 1200°C.

Głównym celem wykorzystania tego pieca jest rozwój, testowanie i wdrażanie w praktyce nowych technologii produkcji surówki żelaza [3-8].



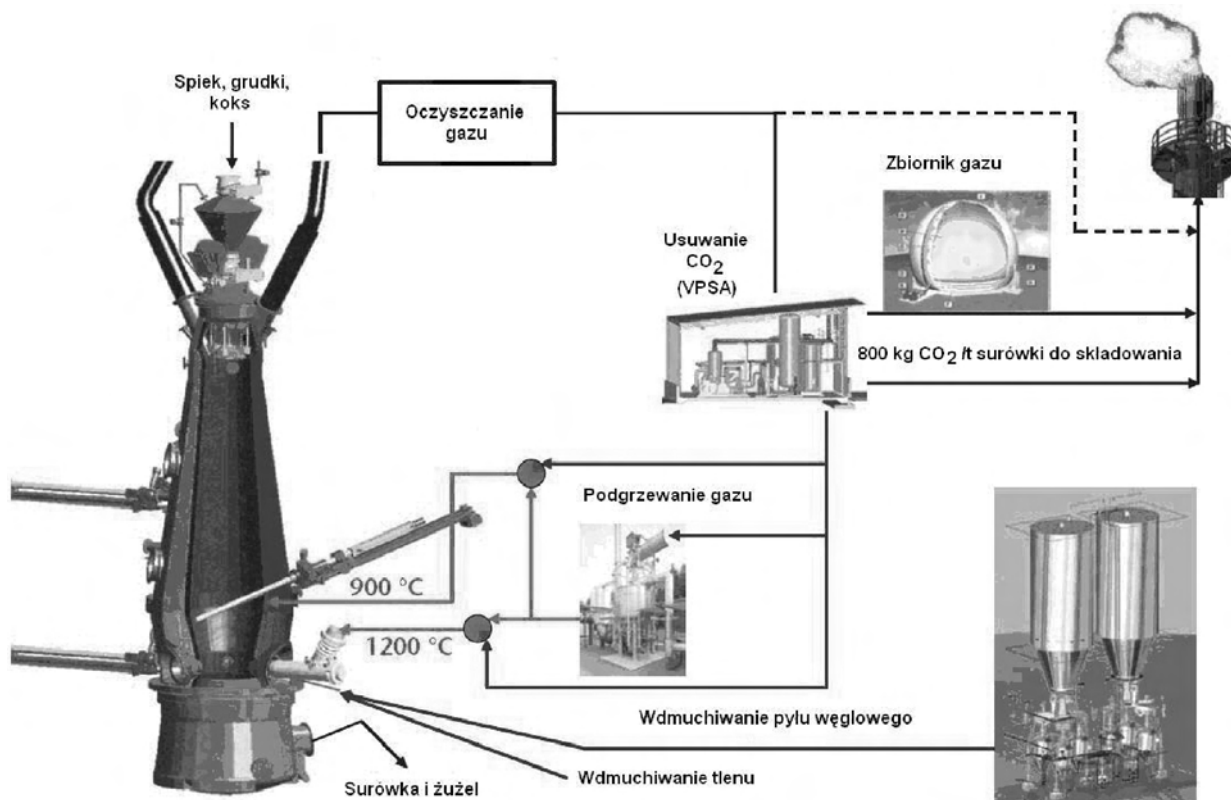
Rys. 1. Schemat i widok eksperymentalnego wielkiego pieca [3-7]

Fig. 1. Diagram and view of experimental blast furnace

Wielki piec od czasu wybudowania przeszedł trzynaście kampanii doświadczalnych i pracował łącznie ponad 600 dni. W tym czasie realizowanych było m.in. szereg eksperymentów dotyczących wykorzystania różnych gatunków grudek żelaza oraz sposobów załadunku wielkiego pieca. Ponadto wykonano szereg eksperymentów z wdmuchiwaniami odpadów, m.in. lotnych pyłów w połączeniu z pyłem węglowym oraz podawaniem spajanych na zimno brykietów pyłowych.

3. KONCEPCJA RECYKLINGU GAZU WIELKOPIECOWEGO

Idea projektu polega na zastąpieniu gorącego dmuchu (który zawiera 78% azotu) tlenem, potrzebnym do spalania koksu i wytworzenia gazu redukcyjnego w komorze spalania, rys. 2. W rezultacie gaz wielkopiecowy nie zawiera azotu lecz zwiększoną zawartość CO. Następnie z gazu

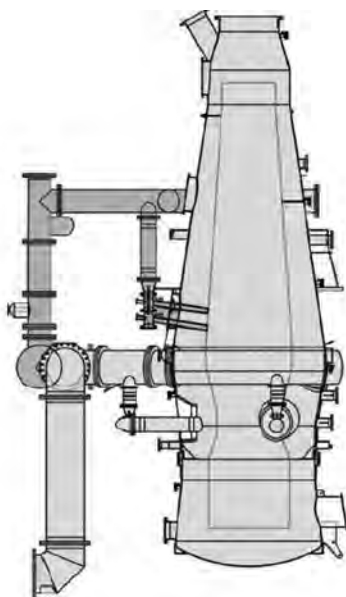


Rys. 2. Konceptcja recyklingu gazu wielkopiecowego [3-7]

Fig. 2. Concept of blast-furnace gas recycling

wielkopieczowego usuwany jest CO₂ metodą VPSA lub PSA (Vacuum Pressure Swing Absorption – próżniowa/zmieniociśnieniowa) firmy Air Liquide, gdzie adsorbent jest regenerowany przez zmniejszanie ciśnienia.

Tak spreparowany gaz redukcyjny jest ponownie dmuchiwany do wielkiego pieca przez „normalne” dysze lub w kombinacji z wdmuchiwaniami do dolnej części szybu. W przypadku wdmuchiwania gazu do dolnej części szybu, jest on podgrzewany do 900°C, natomiast jeżeli gaz jest wdmuchiwany przez dysze to jest podgrzewany do temperatury 1250°C, rys. 3 [3–8].



Rys. 3. Rozmieszczenie dysz wdmuchujących gaz redukcyjny [7]

Fig. 3. Arrangement of reduction gas blowing nozzles [7]

Zastosowana technologia umożliwia uzyskanie wymaganej czystości CO₂, by móc go składować pod ziemią. Przeprowadzone testy dowiodły wykonalności procesu i potwierdziły poprawę wydajności energetycznej wielkiego pieca.

Taka koncepcja prowadzenia wielkiego pieca może spowodować 25% redukcję zużycia koksu. Wychwytywanie i magazynowanie CO₂ z gazu wielkopieczowego może spowodować kolejną 25% redukcję emisji tego gazu cieplarnianego do atmosfery. Przewiduje się, że łączna redukcja emisji do atmosfery może wynieść 50%.

Eksperymentalna sześciotygodniowa kampania wielkiego pieca z wykorzystaniem technologii TGR przeprowadzona w 2007 r., zakończyła się wielkim sukcesem i przyniosła następujące podstawowe efekty:

- stabilny i bezpieczny przebieg procesu wielkopieczowego,
- obniżenie zużycia koksu o 24%,
- stabilność termiczną wielkiego pieca,
- bezproblemowy rozruch wielkiego pieca,
- stabilną pracę systemu VPSA do usuwania CO₂ z gazu wielkopieczowego,
- stały poziom produkcji surówki.

Kolejnym etapem projektu będzie wybudowanie w latach 2010–2014 pilotowej instalacji, która przy współudziale przede wszystkim ArcelorMittal, Corus i ThyssenKrupp, ma powstać w ArcelorMittal Eisenhüttenstadt (Niemcy). Celem tego etapu będzie potwierdzanie uzyska-

nych wyników w średniej wielkości wielkim piecu. Ponadto w ArcelorMittal Florange (Francja) w latach 2011–2014 zostanie wybudowana pełnowymiarowa instalacja przemysłowa, która będzie wyposażona w system wychwytywania i składowania CO₂ pod ziemią. Wychwycone CO₂ będzie składowane pod ziemią w regionie Lorraine.

4. SKŁADOWANIE CO₂

Składowanie CO₂ można podzielić na kilka zasadniczych grup [9]:

- **Składowanie CO₂ w formacjach geologicznych** (sekwestracja geologiczna). Jedynym z miejsc składowania CO₂ są formacje solanki. CO₂ zatłaczany jest na głębokość 1000 m do utworów piaszczystych zawierających solankę o miąższości do 200 m. Podziemny magazyn CO₂ jest oddzielony od powierzchni warstwami nieprzepuszczalnych łupków i mułowców, które doskonale izolują składowisko od powierzchni.

Węgiel kamienny ze względu na swoją dużą powierzchnię właściwą jest doskonałym naturalnym magazynem i adsorbentem CO₂. Gaz ten może być składowany zarówno w pustych przestrzeniach poeksploatacyjnych jak i sorbowany w resztkach pokładów węgla. Istnieje wiele problemów, jakie należy przezwyciężyć, m.in. problem szczelności warstw czy zalewanie kopalni wodą, która powoduje „wypychanie” gazu. Na świecie istnieją obecnie dwie instalacje próbne mające na celu głębsze zbadanie procesu zatłaczania CO₂ do pokładów węglowych. Jedna instalacja jest zlokalizowana w USA. Druga instalacja zlokalizowana jest w Polsce i wykorzystuje otwory wiertnicze kopalni Silesia (projekt RECOPOOL). Magazynami gazu są również wyeksploatowane kawermy solne. Są to pułapki bardzo szczelne i dobrze zbadane ale ich pojemność magazynowa jest ograniczona.

- **Składowanie CO₂ w oceanach.** Istnieją dwie koncepcje oceanicznego składowania CO₂. Pierwsza zakłada tłoczenie gazu na małych głębokościach (do 1000 m), tak aby uległ rozpuszczeniu. Druga zaś, zakłada tłoczenie poniżej 3000 m, aby utworzyć tzw. „jezioro CO₂”. Pierwszy sposób może być niebezpieczny dla lokalnego ekosystemu, ponieważ rozpuszczony CO₂ tworzy kwas węglowy i zakwasza środowisko. Druga metoda pozwoli na zmagazynowanie gazu na znacznie dłuższy czas i odseparowanie go od środowiska morskiego. Inne metody to zrzucanie suchego lodu ze statków do oceanu, wprowadzanie CO₂ za pomocą rury holowanej przez płynący statek lub też tłoczenie poniżej 3000 m do rowów oceanicznych. Wadami sekwestracji w oceanach są trudne do przewidzenia skutki składowania oraz brak kontroli nad składowanym gazem.
- **Karbonizacja CO₂ (trwałe wiązanie).** Karbonizacja CO₂ polega na trwałym związaniu do postaci węglanów z minerałami (np. z glinokrzemianami magnezu). Minerale, które podlegają reakcji karbonizacji z CO₂ to np.: serpentynit, talk, forsteryt-fajalit, oliwin. Istnieje wiele innych minerałów, a także odpadów, które mogą wiązać CO₂ jak np.: odpady azbestowe, żużle wielkopieczowe lub popioły lotne ze spalania węgla. Największą wadą karbonizacji CO₂ jest przede wszystkim długi czas reakcji, a także ogromne ilości minerałów/odpadów potrzebne do jego związania. Do zalet należy trwałe i bezpieczne wiązanie CO₂, a także możliwość wykorzystania uzyskanego materiału jako np. materiału budowlanego.

5. WNIOSEK

Opracowana w ramach projektu ULCOS nowa konstrukcja wielkiego pieca oraz technologia procesu, obejmująca

recykling gazu wielkopieczowego oraz wychwytywanie i składowanie CO₂ stwarzają przesłanki do zrealizowania długookresowego programu redukcji emisji CO₂ o 50% przez sektor stalowy.

LITERATURA

1. Pierwszy na świecie zakład produkcji stali chroniący środowisko
<http://www.poland.airliquide.com/pl/wiadomosci/pierwszy-na-swiecie-zaklad-produkcji-stali-chroniacy-srodowisko.html>
2. <http://www.ulcos.org/en/>
3. LKAB Experimental Blast Furnace (EBF) – A tool for international research, Newsletter from MEFOS – Metallurgical Research Institute AB, Luleå, Sweden, April 2004. <http://www.mefos.se/publications/mefos-news/mefos-news.html>
4. ULCOS New Blast Furnace Process, Newsletter from MEFOS – Metallurgical Research Institute AB, Luleå, Sweden, April 2004. <http://www.mefos.se/publications/mefos-news/mefos-news.html>
5. ULCOS, the European initiative for CO₂-lean steelmaking. Newsletter from MEFOS – Metallurgical Research Institute AB, Luleå, Sweden, December 2006, <http://www.mefos.se/publications/mefos-news/mefos-news.html>
6. Ironmaking AND Steelmaking. Newsletter from MEFOS – Metallurgical Research Institute AB, Luleå, Sweden, November 2008. http://www.mefos.se/images/stories/pdf/mefos_news_november08.pdf
7. Final Report P22027-1. ULCOS New Blast Furnace Process. WP No 7 – Design, Engineering and modification of the Experimental Blast Furnace (EBF). Contract number RFS-CR-04005
8. Production Carbon dioxide mitigation strategies (ULCOS project), Draft Reference Document on Best Available Techniques for the Production of Iron and steel, draft february 2008, ftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/isp_d1_0208.pdf
9. Sekwestracja CO₂. <http://rg6.polsl.pl/sekwestr/sekwestr.html>

Recenzent: Prof. dr hab. Józef Paduch