Marian NIESLER

Instytut Metalurgii Żelaza, Gliwice

OBNIŻANIE ZUŻYCIA PALIWA W WIELKIM PIECU POPRZEZ CENTRALNY ZASYP KOKSU

Idea technologii „centralnego zasypu koksu" polega na tym, że część koksu wielkopiecowego zasypywana jest do wielkiego pieca punktowo w centralną część gardzieli. Stosowanie centralnego zasypu koksu umożliwia kontrolę zarówno strefy kohezji jak i martwego słupa koksu oraz przepływu surówki w garze. Dzięki poprawie przewiewności w wielkim piecu, zarówno w strefie suchej jak i w strefie mięknięcia-topienia, oraz lepszemu wykorzystaniu energii gazu wielkopiecowego, może zmniejszać się istotnie zużycie koksu. W osiową strefę wielkiego pieca można zasypywać do 20% całej ilości koksu ładowanego do wielkiego pieca. W wyniku takiego systemu załadunku można uzyskać obniżenie zużycia koksu o 10–20 kg/t surówki, w zależności od rodzaju stosowanego aparatu zasypowego.

Słowa kluczowe: wielki piec, koks wielkopiecowy, strefa kohezji, strefa martwa koksu, centralny zasyp koksu

REDUCTION IN BLAST FURNACE FUEL CONSUMPTION BY CENTER CHARGING OF COKE

The idea of center charging of coke consists in that part of the blast-furnace coke is charged point-wise into the central part of the blast furnace top. The use of center charging of coke allows the cohesion zone as well as deadman and pig iron flow in the hearth to be controlled. The improvement in permeability of blast furnace, both in the dry zone and the softening-melting zone, and better utilisation of blast-furnace gas energy may reduce the coke consumption significantly. Up to 20% of the total coke supplied to the furnace can be charged into the axial zone of the blast furnace. As a result of using this charging system the coke consumption can be reduced by 10–20 kg/t of pig iron, depending on the charging apparatus.

Key words: blast furnace, blast furnace coke, cohesion zone, deadman coke, center charging of coke

1. WSTĘP

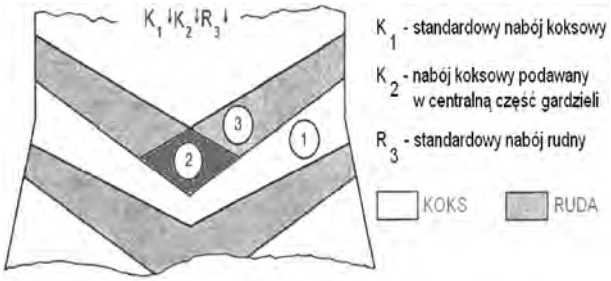
Do podstawowych czynników decydujących o wysokości kosztów wytwarzania surówki wielkopiecowej należą jednostkowe koszty paliwa, oraz tworzyw żelazonośnych zużywanych w tym procesie, a także wydajność pracy wielkich pieców. W celu obniżenia kosztów wytwarzania surówki należy więc dążyć do obniżania energochłonności procesu, co prowadzi do obniżania całkowitego zużycia paliwa w procesie wielkopiecowym, poprawy uzysku stosowanych tworzyw żelazonośnych oraz do intensyfikacji pracy wielkich pieców. Taki potencjał niosą za sobą nowe technologie załadunku części koksu do wielkiego pieca, tzw. „*centralnego zasypu koksu*".

Pozwalają one na poprawę stopnia wykorzystania energii chemicznej gazu wielkopiecowego, a w wyniku tego na obniżenie zapotrzebowania na paliwo. Polepszają warunki redukcji poprzez optymalizację stopni redukcji pośredniej i bezpośredniej w wielkim piecu. Możliwa jest kontrola kształtu strefy kohezji oraz strefy martwej koksu w wielkim piecu.

2. DOŚWIADCZENIA ŚWIATOWE W STOSOWANIU CENTRALNEGO ZASYPU KOKSU

W wielu krajach prowadzone są próby, zarówno modelowe jak i przemysłowe stosowania centralnego zasypu koksu w wielkich piecach [1–7].

Idea tych technologii polega na tym, że część koksu wielkopiecowego zasypywana jest do wielkiego pieca punktowo w centralną część gardzieli. Kolejność załadunku i układanie się warstw wsadu przy stosowaniu centralnym zasypie koksu przedstawiono na rys 1.

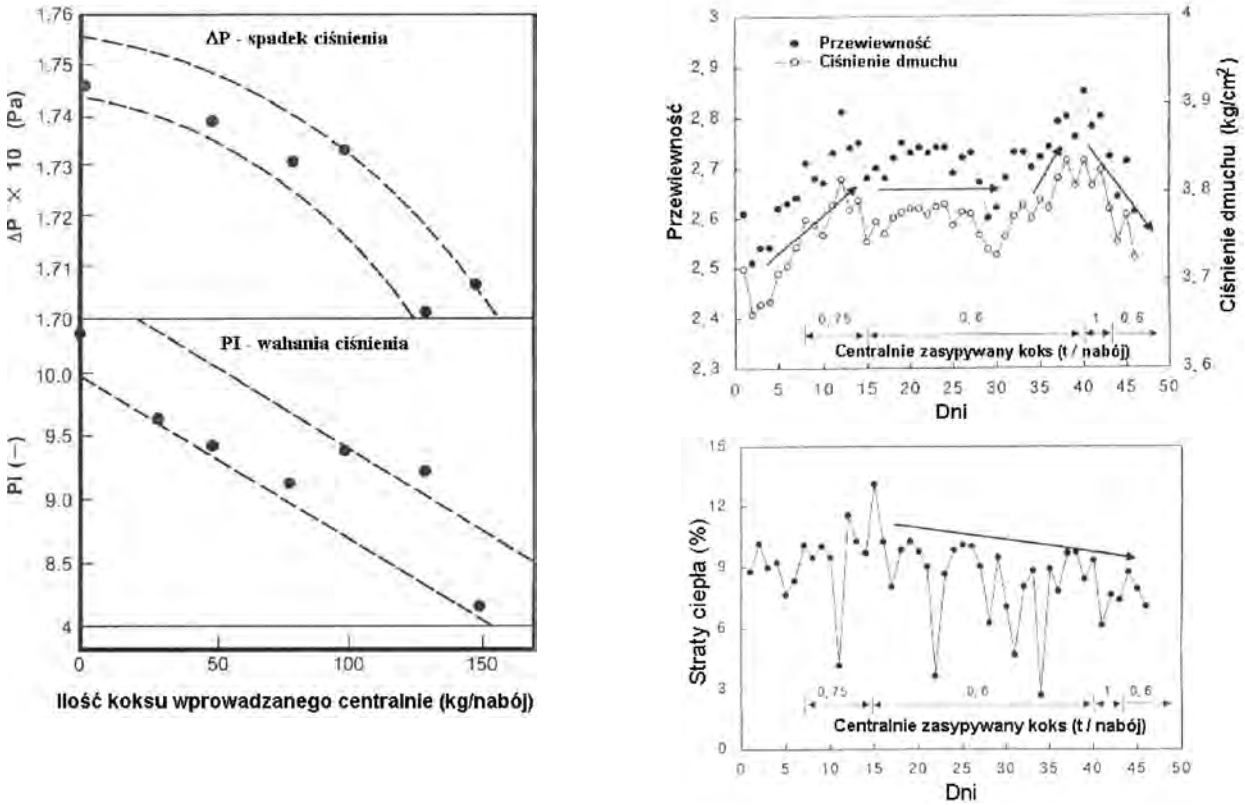


Rys. 1. Kolejność załadunku wsadu przy centralnym zasypie koksu

Fig. 1. Charge loading sequence for center charging of coke

Próby przemysłowe prowadzone w wielkich piecach w Kakogawa Works of Kobe Steel Ltd. wykazały, że w wyniku stosowania centralnego zasypu koksu, całkowity spadek ciśnienia DP na wysokości wielkiego pieca oraz wahania ciśnienia PI wykazują tendencję spadkową, rys. 2.

Centralny zasyp koksu umożliwia więc poprawę warunków przepływu gazów przez wielki piec i kontrolę kształtu strefy kohezji (strefy mięknięcia materiałów). Jest to stre-



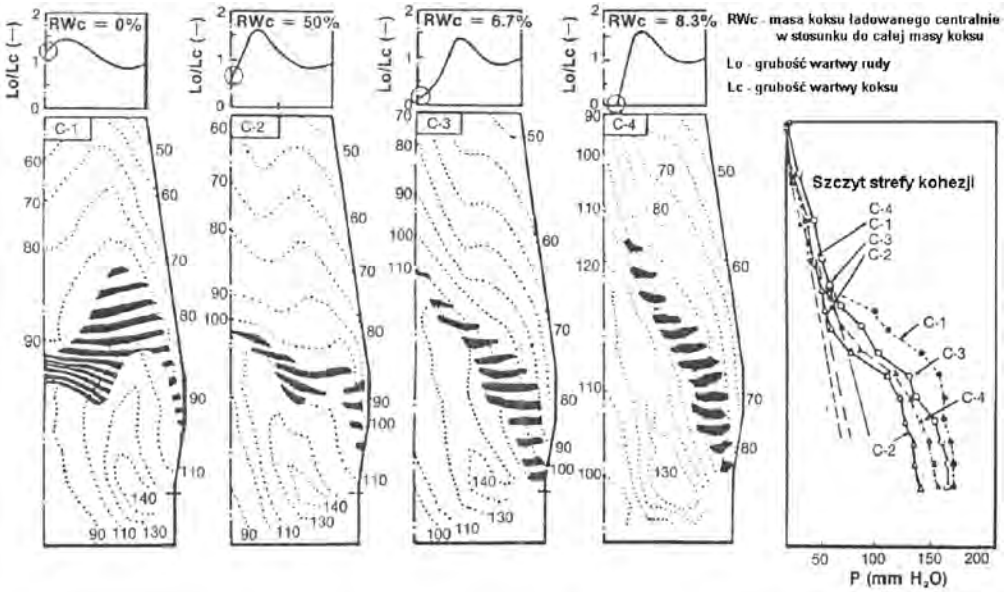
Rys. 2. Wpływ ilości wprowadzanego centralnie koksu na spadek i wahania ciśnienia w wielkim piecu [1]

Fig. 2. Influence of amount of centrally charged coke on pressure drop and fluctuations in blast furnace [1]

fa, gdzie głównie zachodzi reakcja redukcji tlenków żelaza w fazie ciekłej. Strefa ma kształt stożka i znajduje się w rejonie przestronu. Kształt strefy kohezji decyduje o prawidłowości pracy wielkiego pieca. Strefa ta nie może być ani zbyt płaska ani zbyt rozciągnięta. Zakłada się, że w strefie tej przepływ gazów jest praktycznie poziomy, w pozostałych strefach gazy płyną praktycznie pionowo. W strefie tej czas kontaktu gazów z fazą stałą jest najdłuższy.

W strefie kohezji warstwa plastyczna jest prawie nieprzepuszczalna dla gazów i gaz może wydobywać się z tej strefy jedynie oknami koksowymi. Jest to strefa najbardziej nieprzepuszczalna i im grubsza tym przepływ gazów w górę pieca jest mniejszy i bardziej nieregularny [8].

Modelowe badania prowadzone w Kobe dowiodły, że strefa kohezji przybiera kształt odwróconego V, który uważa się za idealny dla tej strefy i stabilizuje się, rys. 3.



Rys. 3. Wpływ ilości centralnie ładowanego koksu na kształt strefy kohezji, temperaturę i pionowy rozkład ciśnienia w wielkim piecu [1]

Fig. 3. Influence of amount of centrally charged coke on cohesion zone shape, temperature and vertical pressure distribution in blast furnace [1]

W takim przypadku odstęp między strefą kohezyjną a ścianami pieca jest stosunkowo duży, w związku z czym gazy o wysokiej temperaturze uchodzące ze strefy mięknienia i topienia nie działają bezpośrednio ścian pieca, obniżając ich obciążenia cieplne. Ponadto wobec dużej strefy materiałów kawałkowych osiąga się wysokie wykorzystanie gazów, a zawężenie strefy mięknięcia i topnienia powodują lepszą przewiewność wsadu. Powierzchnia szczelin między warstwami kohezyjnymi a koksem winna być w tej strefie wystarczająco duża, aby przepuścić gaz bez nadmiernego spadku ciśnienia. Jednocześnie położenie warstw kohezyjnych na obrzeżu powinno na tyle być wysokie, aby surówka i żużel, które ściekają w dół pieca były odpowiednio przegrzane przed zejściem do komory spalania przed dyszami.

Poniżej strefy kohezji znajduje się tzw. strefa podkohezyjna. Na granicy tych stref zaczynają powstawać płynne produkty takie jak żużel pierwotny, a nieco później metal o znacznie różnym składzie od tego wypuszczanego z pieca. Strefę tę wypełnia aż do garu stały koks, który dopiero przed dyszami się spala. W osi pieca i nieco od niej koks w ogóle się nie porusza tworząc tzw. martwy słup koksu (deadman), w postaci stożka o podstawie równej odległości pomiędzy komorami spalania. Stożek ten jest nasiąknięty metalem i żużlem. Powinien mieć jak najmniejszą objętość (a zatem podstawę i wysokość), bowiem koks z niego nie uczestniczy lub prawie nie uczestniczy w procesach chemicznych i cieplnych. Pomiędzy kawałkami koksu są wolne przestrzenie przez które spływają płynne produkty wytopu (poza stożkiem) a w górę przemieszcza się gaz. Warunki zatem przemieszczania się w/w mediów w tej strefie są najtrudniejsze w całym wielkim piecu. Może dochodzić do stanów awaryjnych takich, jak brak spływania materiałów czyli zawisanie wsadu połączonego z bardzo dużym wzrostem ciśnienia gazu, dmuchu i obniżeniem objętości przyjmowanego przez piec w dyszach dmuchu [9].

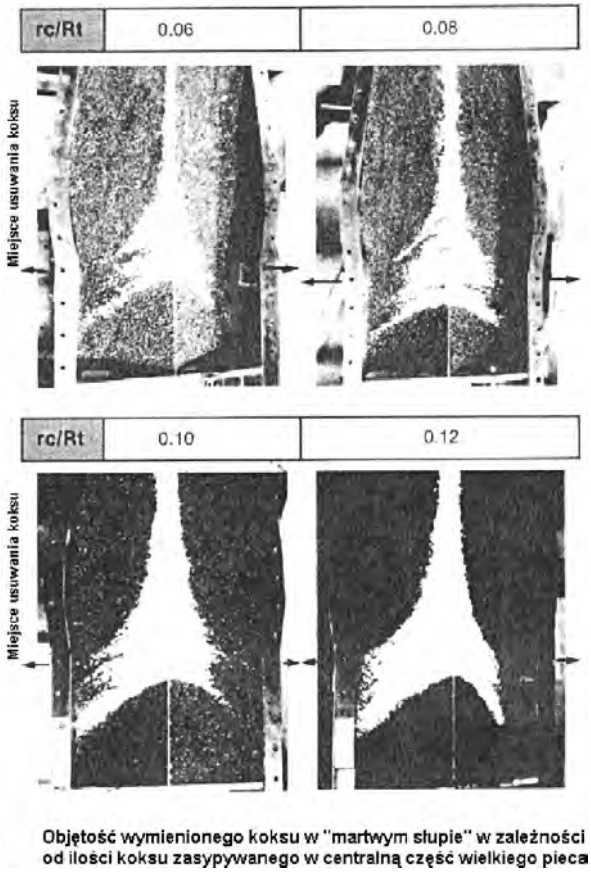
Stosowanie centralnego zasypu koksu umożliwia również kontrolę struktury martwego słupa koksu. Dzięki niemu następuje szybsza wymiana koksu w strefie martwej, a ilość drobnoziarnistego koksu w tej strefie maleje. Polepsza się przewiewność w stanie ciekłym w garze i aktywizuje środkową część garu [1–3].

Strefa „martwego słupa koksu" jest regenerowana z różną szybkością, w zależności od stosunku promienia centralnego zasypu koksu (r_c) do promienia gardzieli (R_t), rys. 4.

Bardzo istotną rolę w stosowaniu centralnego zasypu koksu odgrywa rodzaj aparatu zasypowego stosowanego jako zamknięcie wielkiego pieca. Ze względu na możliwość bezpośredniego zasypu w centralną część gardzieli, najlepszym aparatem zasypowym w tego typu technologiach są rynnowe aparaty bezstożkowe np. typu Wurth, rys. 5. [4–7].

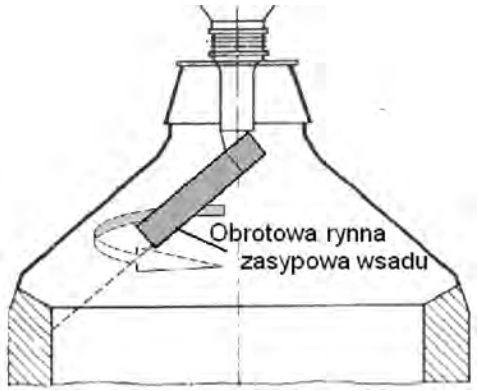
Istnieje jednak wiele rozwiązań również dla stożkowych aparatów zasypowych. Na rys. 6 przedstawiono przykłady urządzeń zasypowych przystosowanych do centralnego zasypu koksu.

Jak pokazuje praktyka pracy wielkich pieców z bezstożkowymi aparatami zasypowymi, w osiową strefę wielkiego pieca można zasypywać do 20% całej ilości koksu ładowanego do wielkiego pieca. W wyniku takiego systemu załadunku można uzyskać obniżenie zużycia koksu o 15–20 kg/t surówki, w porównaniu zasypem aparatami stożkowymi. Przy zastosowaniu urządzenia stożkowego z otworem w dużym stożku, przez który przesypuje się koks w centralną strefę gardzieli uzyskano obniżenie zużycia koksu o 10–12 kg/t surówki [4].



Rys. 4. Objętość wymienionego koksu w „martwym słupie" w zależności od ilości koksu zasypywanego w centralną część wielkiego pieca [1]

Fig. 4. Volume of replaced coke in deadman depending on amount of coke charged into central part of blast furnace [1]

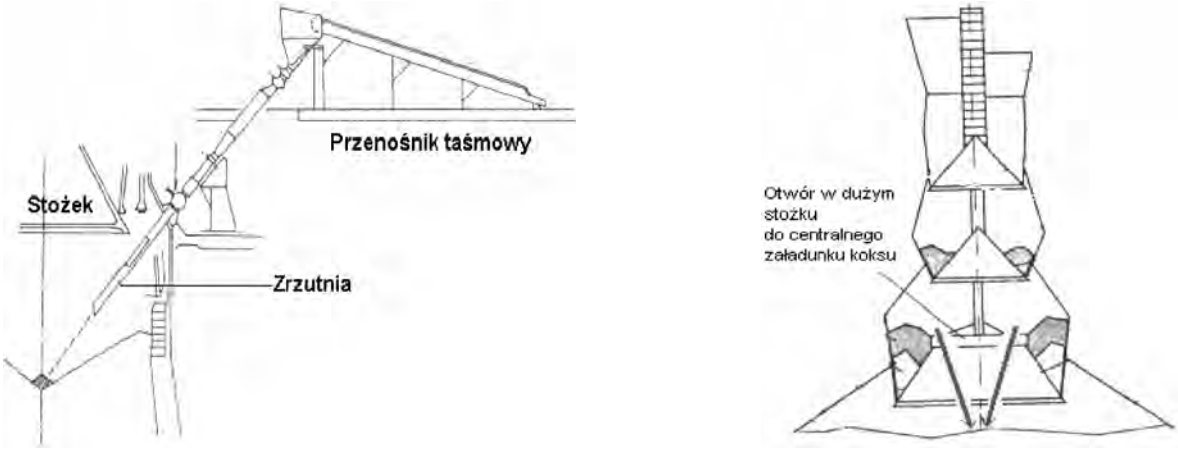


Rys. 5. Bezstożkowy aparat zasypowy typu Wurth

Fig. 5. Wurth coneless charging system

Wielkie piece, które aktualnie pracują w kraju, idealnie nadają się do zastosowania tej technologii, ze względu na posiadanie bezstożkowych urządzeń zasypowych typu Wurth. Wdrożenie jej nie wymagałoby praktycznie żadnych nakładów inwestycyjnych.

Niestety, mimo możliwości zastosowania centralnego zasypu koksu w krajowych hutach zintegrowanych koncernu ArcelorMittal S.A, nie udało się do tej pory przeprowadzić badań przemysłowych umożliwiających sprawdzenie i wdrożenie tej technologii.



Rys. 6. Przykłady urządzeń zasypowych przystosowanych do centralnego zasypu koksu: a) Wielki piec nr 2 Kokagawa Works of Kobe Steel Ltd.[1], b) Wielki piec nr 3 Kombinatu Zaporożstal [4]

Fig. 6. Examples of charging devices adapted for center charging of coke: a) Blast furnace no 2 at Kokagawa Works of Kobe Steel Ltd.[1], b) Blast furnace no 3 of Zaporozhstal Conglomerate Plant [4]

3. PODSUMOWANIE

Stosowanie centralnego zasypu koksu umożliwia kontrolę zarówno strefy kohezji, martwego słupa koksu oraz przepływu surówki w garze. Dzięki poprawie przewiewności w wielkim piecu, zarówno w strefie suchej jak i w strefie mięknięcia-topienia, oraz lepszemu wykorzystaniu energii gazu wielkopiecowego, może zmniejszać się istotnie zużycie koksu.

Centralny zasyp koksu zapewnia bardziej racjonalny rozkład stopnia redukcji bezpośredniej wzdłuż promienia gardzieli, bardziej ekonomiczną pracę wielkiego pieca w wyniku obniżenia strat energetycznych na endotermiczną reakcję redukcji bezpośredniej tlenków żelaza. Metoda ta jest więc kolejnym krokiem w kierunku obniżania kosztów procesu wielkopiecowego.

LITERATURA

1. Uenaka T., Miyatani H., i inni: Iron and Steelmaker, t.15, 1988, nr 11, s. 34-39.
2. Shimizu M., Kimura Y., i inni.: Trans.Iron Steel Inst.Jap., t.28, 1988, nr 1, s.B-6.
3. Kimura Y., Isobe M., i inni: Trans.Iron Steel Inst.Jap., t.28, 1988, nr 1, s. B-7.
4. Sackij W., Tarasow W., i inni: Stal, nr 11, 2001, s. 9-12.
5. Trans.Iron Steel Inst.Jap., t.28, 1988, nr 8, s. 683-684.
6. Shuichi M.: Ironmaking Conference Proceedings, 1992, t.51, s. 229-235.
7. Park N.: Ironmaking Conference Proceedings, 1992, t.51, s. 223-228.
8. http://student.agh.edu.pl/~karql/agh/twipm/egzam/wp.doc
9. http://home.agh.edu.pl/~zmsz/pliki/Technologia_sterowanie_i_automatyzacja_ procesow_wytwarzania_zelaza.pdf

Recenzent: Prof. dr hab. Józef Paduch