

Perspektywy rozwoju procesu wielkopiecowego



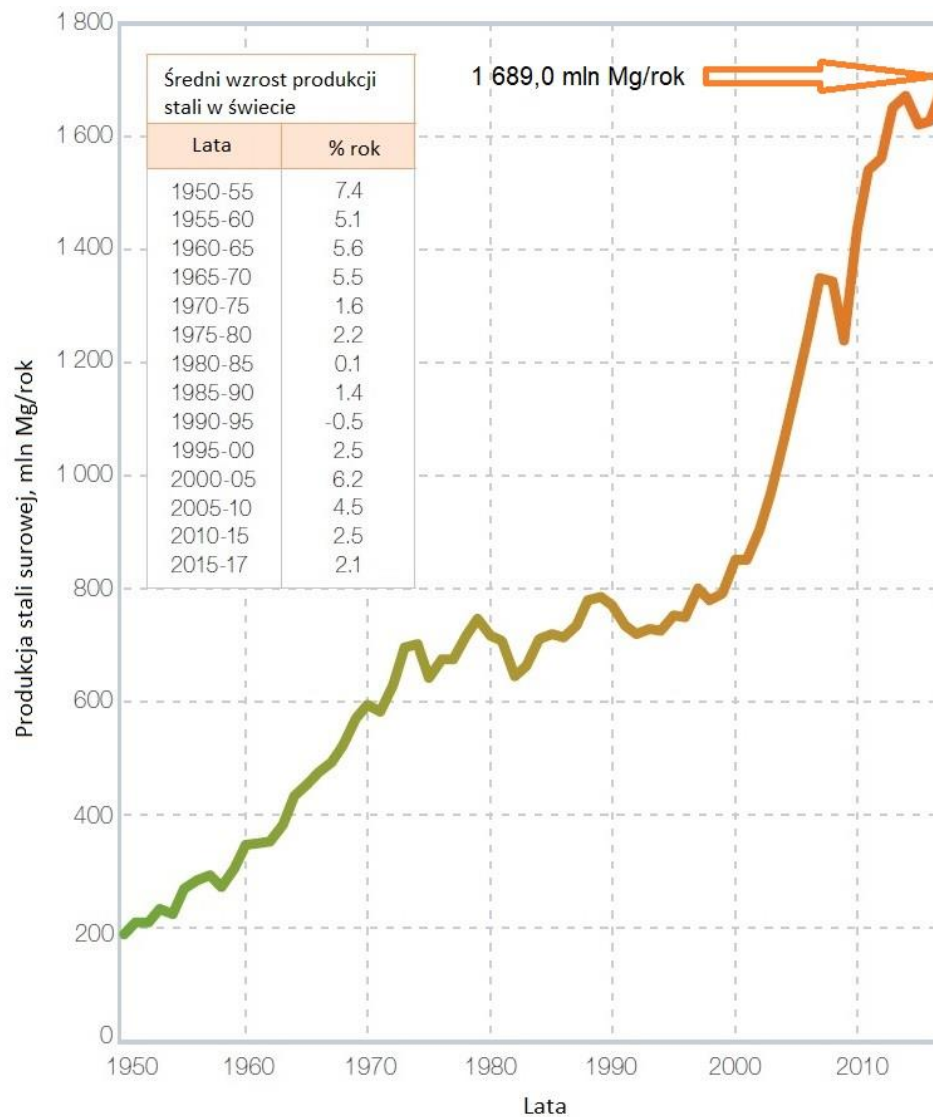
XXVI Konferencja „Koksownictwo 2018 „
27 – 29 września 2018 r., Szczyrk

INSTYTUT METALURGII ŻELAZA im. Stanisława Staszica

ZAKRES TEMATYCZNY PREZENTACJI

1. Światowa produkcja stali, największe koncerny, najwięksi producenci.
2. Produkcja stali w rozbiciu na procesy produkcyjne.
3. Produkcja surówki wielkopiecowej w świecie, DRI, rud żelaza.
4. Procesy produkcji żelaza poza wielkim piecem.
5. Nowe rozwiązania konstrukcyjne dla wielkich pieców, Techniki BAT.
6. Jakość koksu wielkopiecowego, koks o obniżonej ziarnistości.
7. Wdmuchiwanie paliw zastępczych, PCI, plastiku itd.
8. Nowe podejście do procesu wielkopiecowego w projekcie ULCOS.

Światowa produkcja stali surowej w latach 1950 - 2017



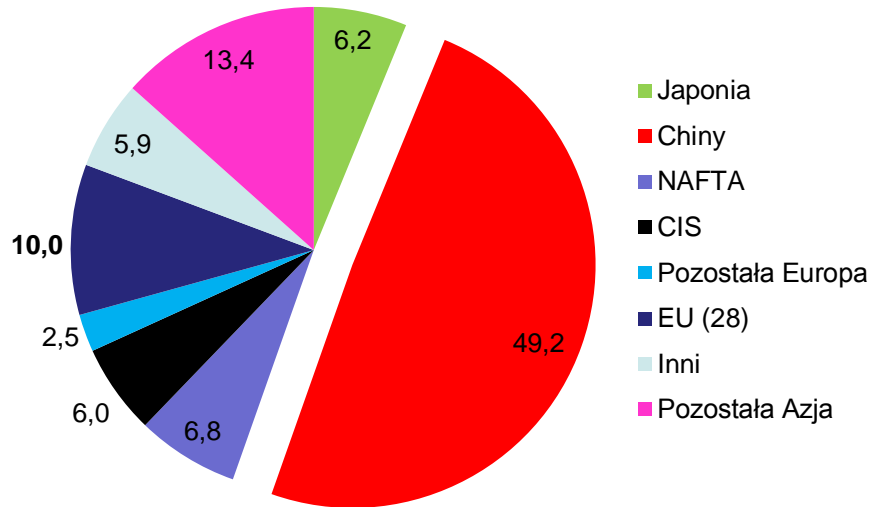
Źródło: World Steel in Figures 2018

Największe firmy stalowe w 2017 r.

L.p	Producent stali	mln. Mg stali	L.p	Producent stali	mln. Mg stali
1	ArcelorMittal (Indie)	97.03	25	SAIL	14.80
2	China Baowu Group (Chiny)	65.39	26	U. S. Steel Corp.	14.43
3	NSSMC Group (Japonia)	47.36	27	Baotou Steel	14.20
4	HBIS Group (Chiny)	45.56	28	EVRAZ (Rosja)	14.03
5	POSCO (Korea Południowa)	42.19	29	Thyssenkrupp (Niemcy)	13.22
6	Shagang Group (Chiny)	38.35	30	MMK (Rosja)	12.86
7	Ansteel Group (Chiny)	35.76	31	Liuzhou Steel	12.30
8	JFE Steel (Japonia)	30.15	32	Techint Group	11.75
9	Shougang Group (Chiny)	27.63	33	Jinxi Steel	11.72
10	Tata Steel Group (Indie)	25.11	34	Severstal	11.65
11	Nucor Corporation (USA)	24.39	35	Sanming Steel	11.19
12	Shandong Steel Group	21.68	36	Taiyuan Steel	10.50
13	Hyundai Steel	21.23	37	Jingye Steel	10.41
14	Jianlong Group	20.26	38	Zenith Steel	10.36
15	Valin Group	20.15	39	Shaanxi Steel	10.24
16	Maanshan Steel	19.71	40	Anyang Steel	10.06
17	NLMK (Rosja)	17.08	41	Nanjing Steel	9.85
18	Gerdau	16.50	42	Metinvest Holding	9.59
19	JSW Steel	16.06	43	Erdemir Group	9.20
20	Benxi Steel	15.77	44	Xinyu Steel	8.90
21	IMIDRO	15.60	45	CITIC Pacific	8.77
22	China Steel Corporation	15.33	46	Zongheng Steel	8.72
23	Fangda Steel	15.11	47	Steel Dynamics, Inc.	8.27
24	Rizhao Steel	14.98	48	Voestalpine Group	8.15



Najwięksi producenci stali w 2017 r.



Źródło: World Steel in Figures 2018

Państwo	2017	
	Ranking	mln. Mg
Chiny	1	831.7
Japonia	2	104.7
Indie	3	101.4
USA	4	81.6
Rosja	5	71.3
Korea Południowa	6	71.0
Niemcy	7	43.4
Turcja	8	37.5
Brazylia	9	34.4
Włochy	10	24.1
Tajwan	11	22.4
Ukraina	12	21.3
Iran	13	21.2
Meksyk	14	19.9
Francja	15	15.5
Hiszpania	16	14.5
Kanada	17	13.6
Wietnam	18	11.5
Polska	19	10.3
Świat suma		1 689.0

Produkcja stali w rozbiciu na procesy produkcyjne w 2017 r.

Państwo	mln. Mg	Proces konwertorowy , %	Proces elektryczny, %	Proces martenowski, %	Inne procesy, %
Polska	10.3	55.2	44.8	-	-
Portugalia	2.1	0.0	99.0	-	1.0
Unia Europejska (28)	168.4	60.0	40.0	-	0.0
Rosja	71.3	66.9	30.8	2.4	-
Ukraina	21.3	70.0	7.0	23.0	-
CIS	100.8	66.5	27.0	6.5	-
NAFTA (Kanada, Meksyk, USA)	115.1	32.8	67.2	-	-
Ameryka centralna i południowa	44.3	67.7	31.2	-	1.1
Afryka (Egipt, RPA, inne)	15.1	32.9	67.1	-	0.3
Bliski Wschód (Iran, Arabia Saudyjska, inne)	34.5	6.5	93.5	-	-
Chiny	831.7	91.0	9.0	-	0.0
Indie	101.4	43.2	56.8	-	-
Japonia	104.7	75.8	24.2	-	-
Korea Południowa	71.0	67.1	32.9	-	-
Inne kraje Azji	30.4	13.2	83.0	-	3.8
Asia	1 161.7	83.2	16.7	-	0.1
RAZEM	1 688.2	71.5	28.0	0.4	0.1

Produkcja surowki żelaza w 2017 r.

Kraje	Produkcja surowki w 2017 r., mln. Mg
Polska	5.2
Unia Europejska (28)	93.8
CIS	75.9
NAFTA	32.9
Centralna i Południowa Ameryka	31.5
Afryka	5.2
Chiny	710.8
Indie	66.0
Japonia	78.3
Korea Południowa	46.7
Azja	921.3
Świat	1 180.2

Źródło: World Steel in Figures 2018

Wydobycie i zużycie rudy żelaza w 2017 r.

Państwo	Wydobycie rudy, mln. Mg	Zużycie rudy, mln.Mg
Polska	0.0	7.1
Austria	2.1	6.3
Niemcy	0.4	40.4
Szwecja	26.9	4.4
Bosnia-Herzegowina, Norwegia	3,7	1.8
Turcja	6.7	16.7
Europe	40.0	155.3
CIS	189.0	138.9
NAFTA (Kanada, Meksyk, USA)	100.7	65.2
Brazil	431.4	57.4
Afryka	87.7	8.3
Chiny	113.7	1 137.8
Indie	184.5	166.4
Japonia	0.0	130.0
Korea Południowa	0.8	72.5
Asia	320.2	1 566.1
Australia	841.8	7.6
Świat	2 093.3	2 052.0

Produkcja żelaza poza wielkim piecem (DRI – direct reduced iron) w 2017 r.

Państwo	Produkcja DRI w 2017 r., mln. Mg
Unia Europejska (Niemcy, Szwecja)	0.7
Rosja	7.2
NAFTA (Kanada – 1,6; Meksyk – 6,0; USA – 2,0)	9.6
Centralna i Południowa Ameryka (Argentyna, Wenezuela)	1.7
Afryka (Egipt – 4,7; Libia, RPA)	6.2
Bliski Wschód (Iran – 20,5; Arabia Saudyjska - 4,8; Zjedn. Emiraty Arabskie – 3,6; Qatar – 3,5; Bahrajn, Oman)	34.3
Azja (Indie – 25,9; Malezja)	26.6
Świat	86.3

Źródło: World Steel in Figures 2018

Produkcja surówki	1 180.2 mln Mg	~ 93,2%
Produkcja DRI	86,3 mln Mg	~ 6,8%

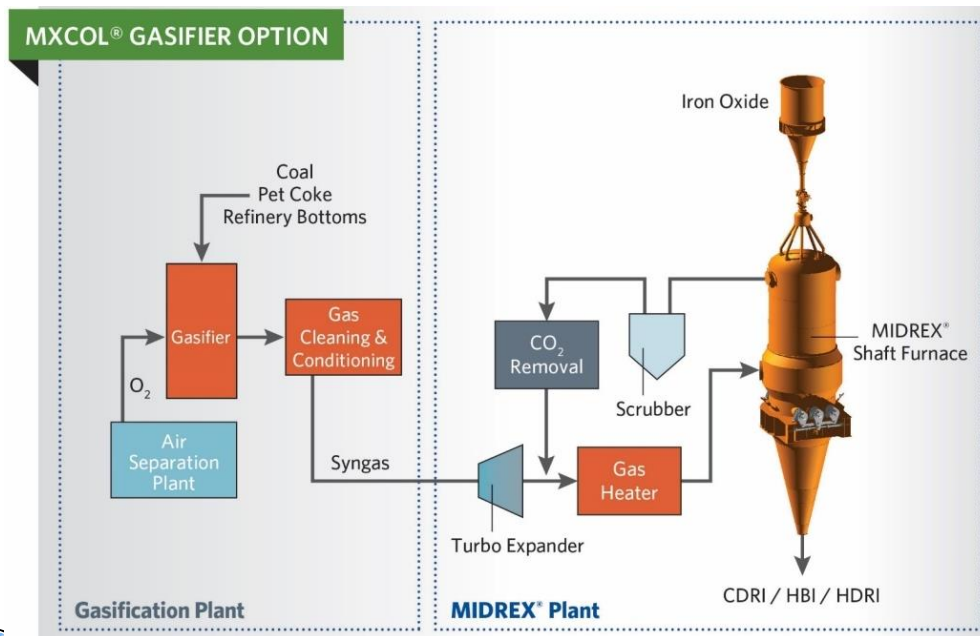
Czy proces wielkopiecowy jest zagrożony ????

Redukcja żelaza w stanie stałym – proces MIDREX

Midrex to proces redukcji żelaza w stanie stałym (bez topienia rudy) z rud żelaza (pellety, ruda kawałkowa) za pomocą gazu ziemnego (ok. 90% produkcji) lub węgla. Produkt: zredukowane żelazo (DRI) tzw. żelazo gąbczaste, wykorzystywane jako wsad do elektrycznego pieca łukowego.

Zaletą: nie wymaga stosowania koksu wielkopieczowego.

Wada: produkcja jest opłacalna tylko w rejonach gdzie są tanie nośniki energii.



Redukcja żelaza w stanie ciekłym – proces COREX

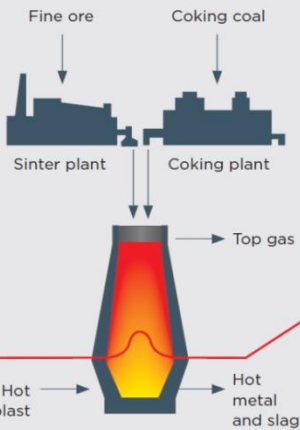
COREX - alternatywny proces produkcji surówki żelaza poza wielkim piecem z rudy kawałkowej lub grudek. Proces dwustopniowy. W pierwszym etapie rudę żelaza/grudki ładuje się do szybu, gdzie są redukowane za pomocą gazu redukcyjnego, do żelaza gąbczastego. W drugim etapie zredukowane żelazo jest stapiane w zbiorniku – kotle. Spalanie w kotle węgla energetycznego w tlenie powoduje powstawanie silnie redukcyjnego gazu oraz ciepła do stopienia zredukowanego żelaza. Spust płynnego żelaza przebiega podobnie jak w wielkich piecach.

Produkt: płynna surówka żelaza

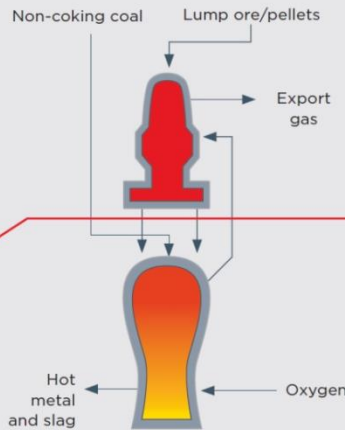
Zaleta: węgiel niekoksujący jako reduktor i źródło energii (brak koksowni), nie jest wymagane spiekanie rud, stosuje się czysty tlen zamiast gorącego dmuchu.

Wada: wymagania energetyczne i emisja CO₂ są większe niż w procesie wielkopieczowym.

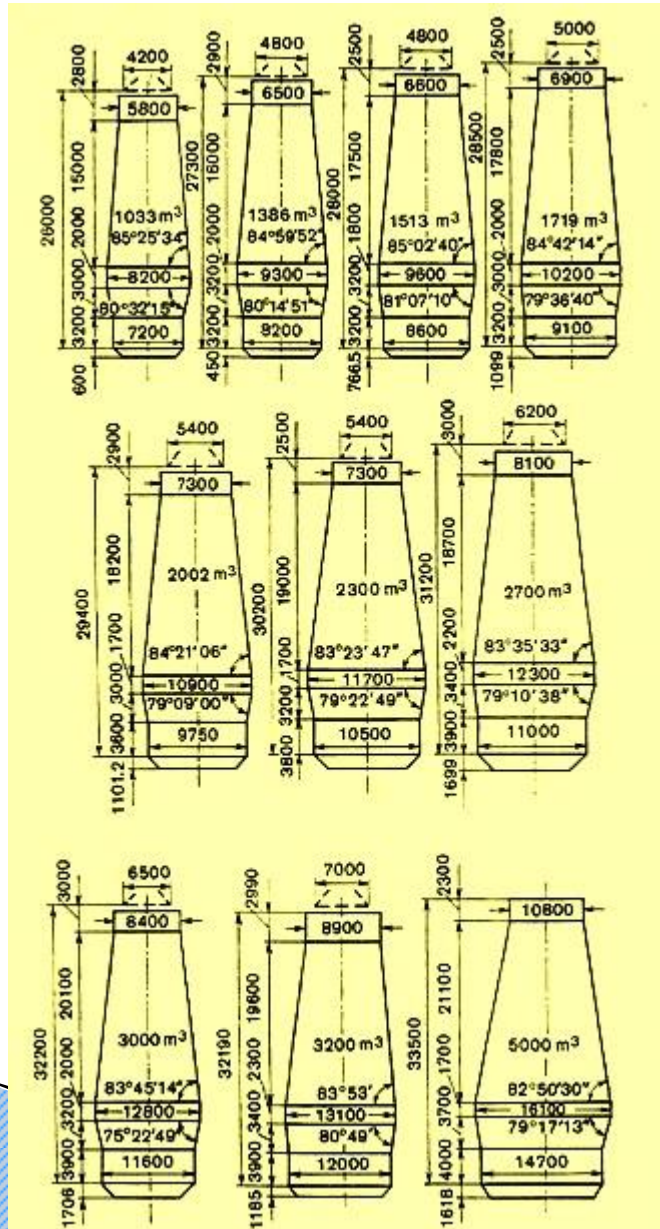
Conventional BF route



Corex route



Nowe rozwiązania konstrukcyjne dla wielkich pieców



Charakterystyczną cechą rozwoju wielkopiecownictwa w ostatnich latach jest wzrost wydajność wielkich pieców, która wynosi średnio $2,1 \text{ Mg/m}^3/24\text{h}$, zwiększenie objętości wielkich pieców oraz wydłużenie czasu ich pracy do ponad 20 lat.

Nowe rozwiązania konstrukcyjne dla wielkich pieców

Porównanie możliwości produkcyjnych wielkich pieców w zależności od wielkości

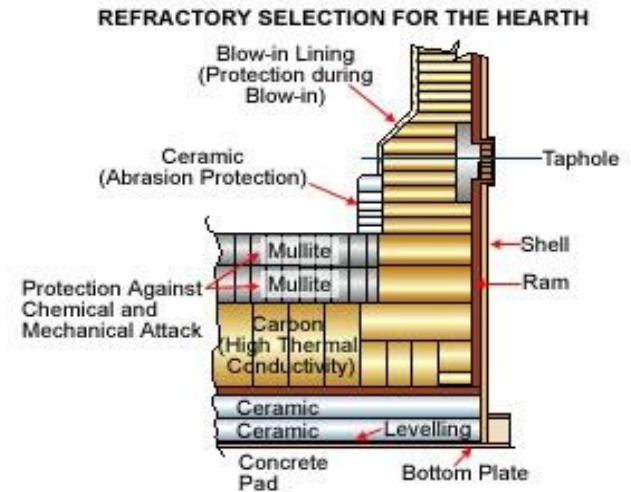
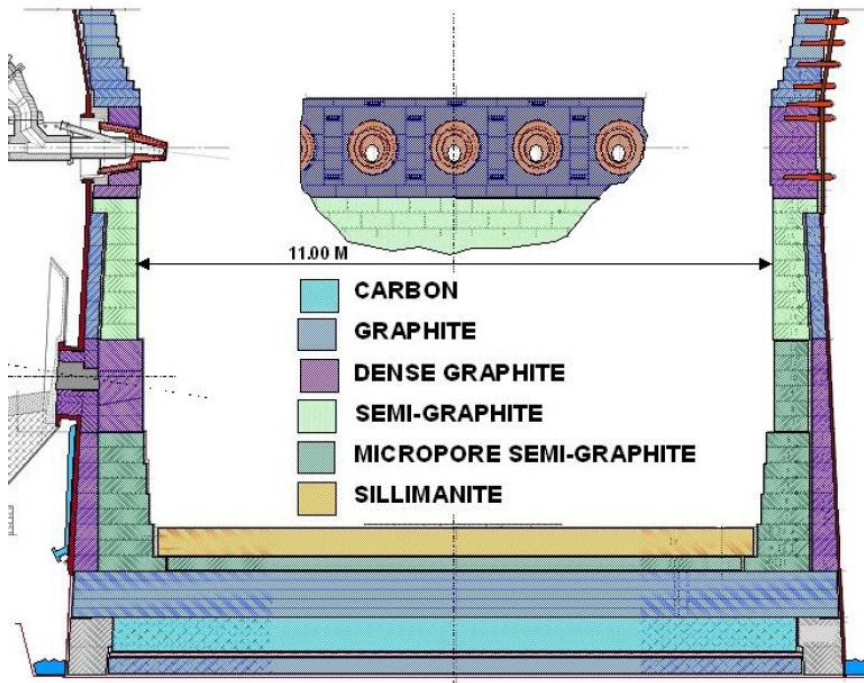
Wielki Piec	Mały	Średni	Duży
Średnica garu, m	8.5	12	15.5
Pojemność użyteczna, m ³	1550	3300	5700
Ilość dysz	24	32	42
Produkcja surówki, Mg/dobę	3 358	7 150	12 350
Ilość dmuchu, Nm ³ /h	153 900	330 000	566 040

Dane produkcyjne największych wielkich pieców

Wielki Piec	Pojemność użyteczna, m ³	Średnica garu, m	Produkcja surówki Mg/m ³ /24h
SMI Kashima BF 3 (Japonia)	5050	15	1.9
JFE Chiba BF 6 (Japonia)	5153	15	1.8
Thyssen Schwelgern BF 2 (Niemcy)	5513	14.9	2.1
NSC Kimitsu BF 4 (Japonia)	5555	15.2	1.9
Severstal Cherepovets BF 5 (Rosja)	5500	15.5	2.0
NSC Oita BF 2 (Japonia)	5775	15.6	2.26



Nowe rozwiązania konstrukcyjne dla wielkich pieców

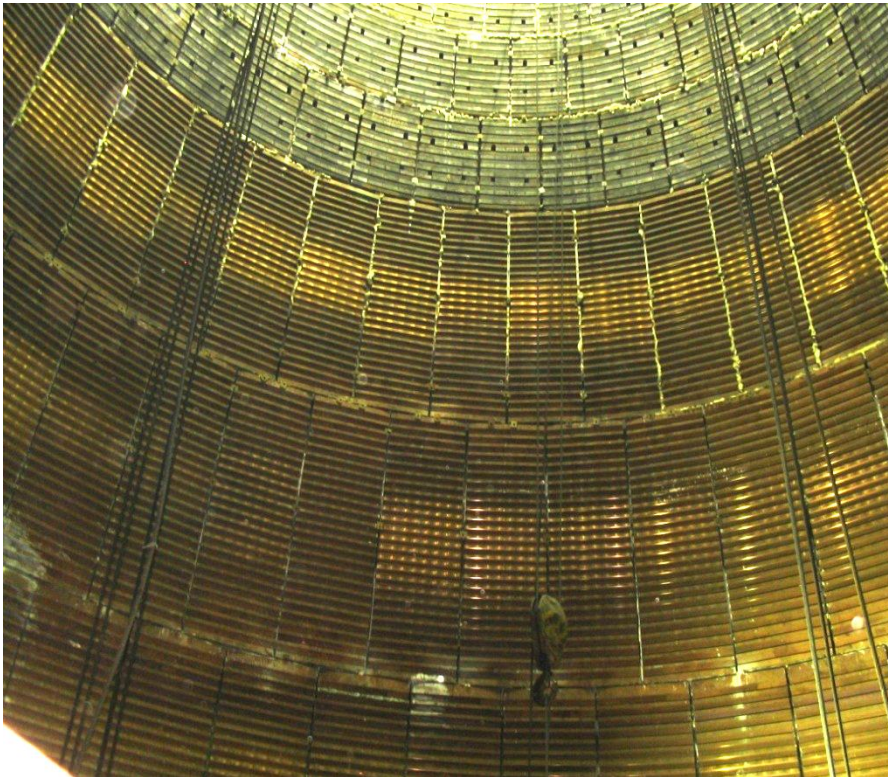


W nowoczesnym garze stosuje się obecnie wyłożenie z bloków mikroporowatych oraz warstwę mullitową, a w rejonie spadków – węgiel krzemu.

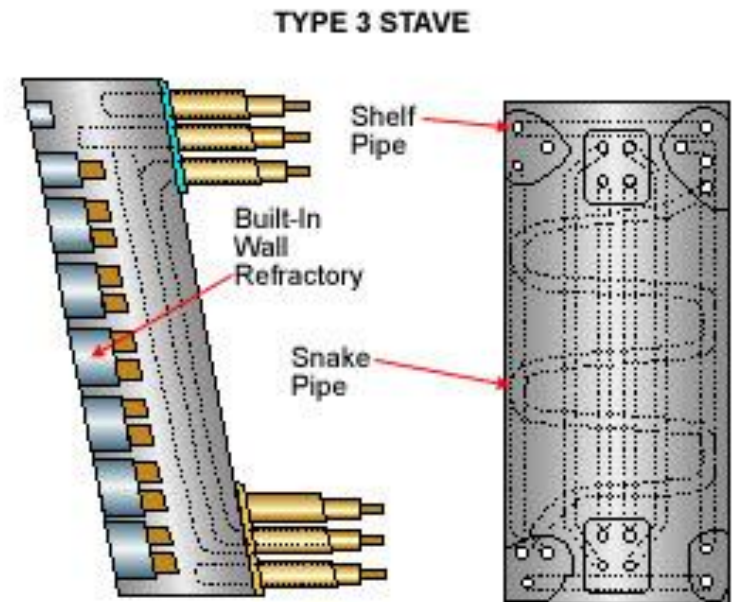


Nowe rozwiązania konstrukcyjne dla wielkich pieców

Stosowanie miedzianych chłodnic w szybie wielkiego pieca. Jest to kosztowne rozwiązanie jednak powoduje osiągnięcie lepszych parametrów pieca oraz zwiększy jego żywotność, którą określa się na około 15 -17 lat.



Płyty chłodnicze z miedzi

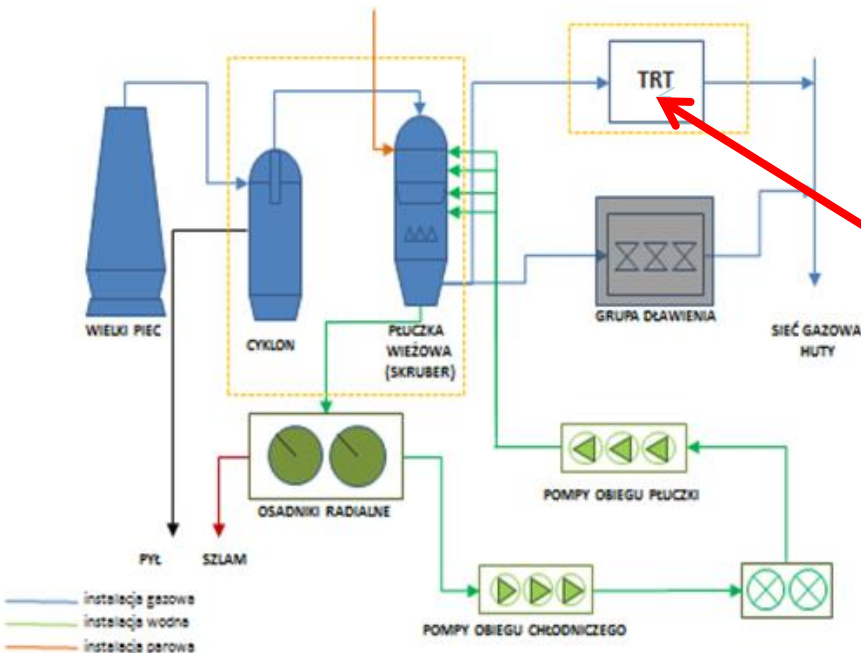


Płyty chłodnicze z żeliwa sferoidalnego

Nowe rozwiązania konstrukcyjne dla wielkich pieców

Konkluzja BAT 73. Odzysk energii ciśnienia wielkopieczowego gazu gardzielowego w przypadku występowania wystarczającego ciśnienia tego gazu...

W elektrociepłowni TAMEH POLSKA w Dąbrowie Górniczej zostanie uruchomiona pierwsza w Polsce instalacja turbin wytwarzających energię elektryczną w procesie rozprężania gazu wielkopieczowego. Turbiny będą produkować energię elektryczną w sposób całkowicie ekologiczny, nie emitując do atmosfery żadnych gazów i pyłów. Każda z turbin ma moc 12,5 MW czyli łącznie mają moc 25 MW. Turbiny TRT to pierwsza tego typu instalacja w Polsce. Na całym świecie jest ich kilkaset i są stosowane głównie w Azji, a w Europie jest ich na razie zaledwie kilkadziesiąt.



Nowe rozwiązania konstrukcyjne dla wielkich pieców

Konkluzja BAT 61. Zapobieganie niezorganizowanym emisjom pyłu lub ich redukcję w hali lejniczej (otwory spustowe, koryta spustowe, punkty załadunkowe kadzi torpedo, rynny żuźlowe).

Konkluzja BAT 62. Stosowanie bezsmołowych wyłożyń koryt spustowych.



Parametry jakościowe koksu wielkopiecowego

Parametry	Wartości uzysk. przez europejskich producentów	USA	Australia	Chiny	Polska
Wytrzymałość M40, %	76 – 85	-	84 – 90	80 – 82	78-82
Ścieralność M10, %	6,0 – 7,0	-	6 – 7	7 – 8	6 – 6,5
Reakcyjność CRI, %	22 – 30	25	19 – 21	25 – 30	26 – 29
Wytrzym. po reakcyjności CSR, %	58 – 70	61	70 – 73	60 – 65	55 – 65
Zaw. popiołu Ad, %	< 10	8,5	11,5 – 12	12 – 13	8,5 – 10
Zaw. siarki Std, %	0,5 – 0,7	0,7	0,35 – 0,45	0,5 – 0,6	0,5 – 0,7
Zaw. fosforu Pd, %	0,025 – 0,065	-	0,07 – 0,09	0,025 – 0,03	0,05 – 0,06
Zaw. związków alkalicznych, %	0,25 – 0,40	0,18	< 0,12	0,025 – 0,40	0,35 – 0,40

Wzrost zużycia pyłu węglowego w procesie wielkopiecowym zaostrza wymagania dotyczące jakości stosowanego koksu. Przy niższym zużyciu koksu wzrasta jego rola jako „rusztu” zapewniającego przewiewność słupa wsadu w przestrzeni i spadkach, gdzie wsad żelazonośny przechodzi w stan ciekły. Stąd też wymagane są bardzo dobre parametry jakościowe, zwłaszcza w zakresie wytrzymałości mechanicznej w niskiej i wysokiej temperaturze.

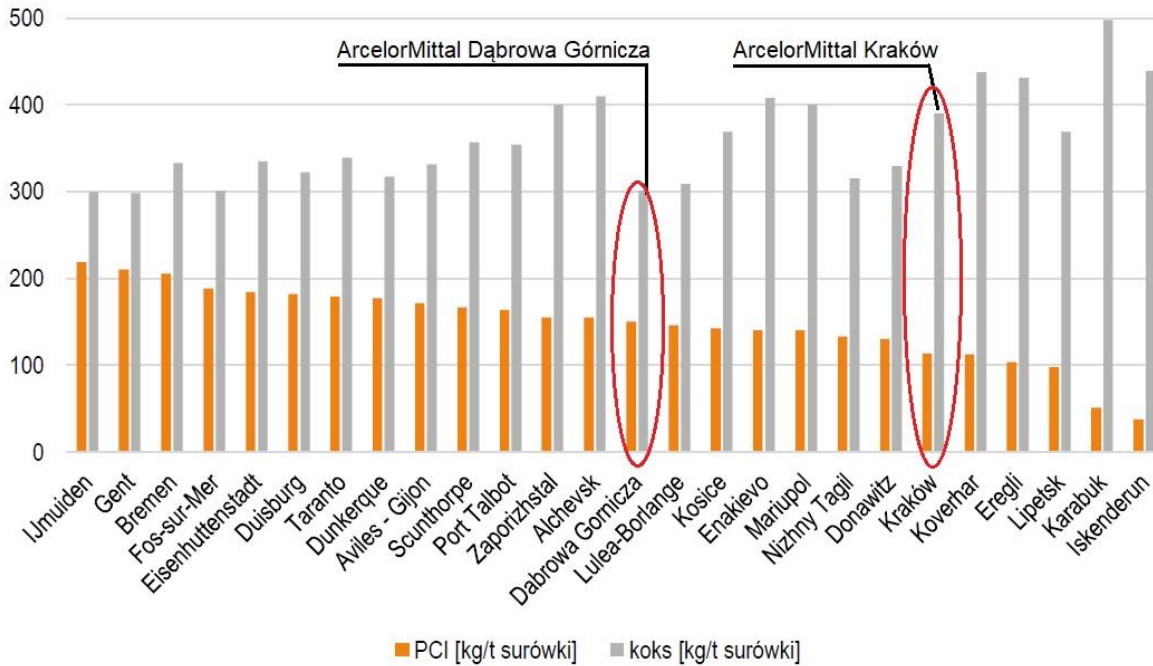
Źródło: Koks wielkopiecowy - strategiczny surowiec w przemyśle hutniczym Unii Europejskiej, JSW KOKS SA



Wdmuchiwanie pyłu węglowego (PCI)

Konkluzja BAT 70. Zmniejszenie zużycia koksu dzięki wdmuchiwaniu pyłu węglowego, oleju..., gazu koksowniczego, gazu ziemnego oraz odpadów, takich jak pozostałości metaliczne, zużyte oleje i emulsje, tłuszcze i odpadowe tworzywa sztuczne.

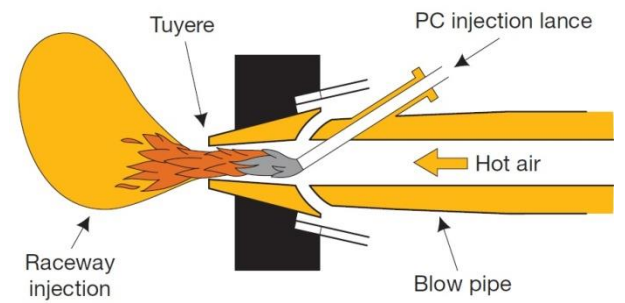
Wskaźnik zużycia PCI i koksu w Europie w 2016 r. [kg/Mg surówki]



Uzyskiwane wyniki wdmuchiwania PCI

Corus IJmuiden	270 kg/t
Baosteel	220 kg/t
Taiyuan	200 kg/t
Masteel	200 kg/t
Shougang	200 kg/t
Severstal NA	190 kg/t
Jindal Steel & Power	180 kg/t

Źródło: Koks wielkopiecowy - strategiczny surowiec w przemyśle hutniczym Unii Europejskiej, JSW KOKS SA
Kobe Steel's Blast Furnace Operation Technology



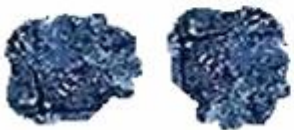
Rozwój nowych technologii zasypu koksu o obniżonej ziarnistości



Koks wielkopiecowy
25 - 80 mm



Koks orzech II
25 - 40 mm



Koks groszek
10 - 25 mm



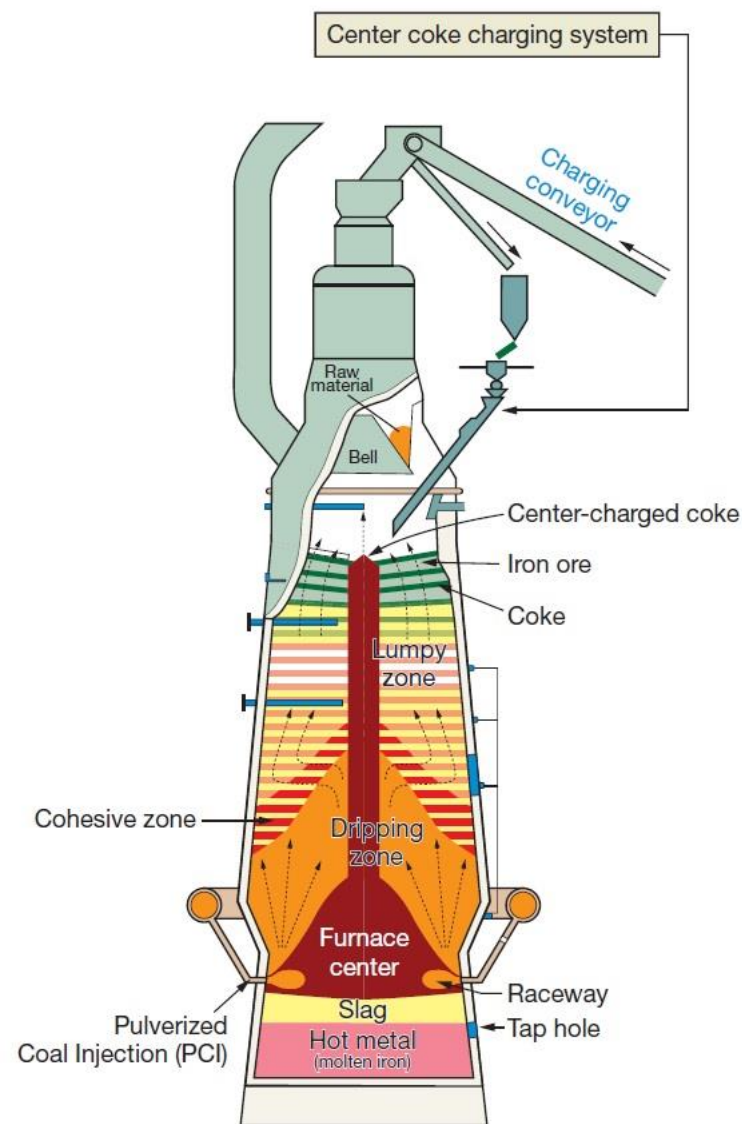
Koksik
0 - 10 mm

Dlaczego stosuje się koks o obniżonej ziarnistości ?

1. Pozwala obniżyć koszty produkcji surówki wielkopiecowej
2. Pozwala obniżyć zużycie koksu dzięki poprawie wykorzystania energii cieplnej i chemicznej gazu wielkopiecowego. Każdy kilogram drobnoziarnistego koksu zastępuje 1,1 kg koksu wielkopiecowego
3. Nie powoduje pogorszenia warunków pracy wielkiego pieca oraz jakości surówki
4. Wprowadzanie koksu o obniżonej ziarnistości do wielkiego pieca jest technologią bezinwestycyjną

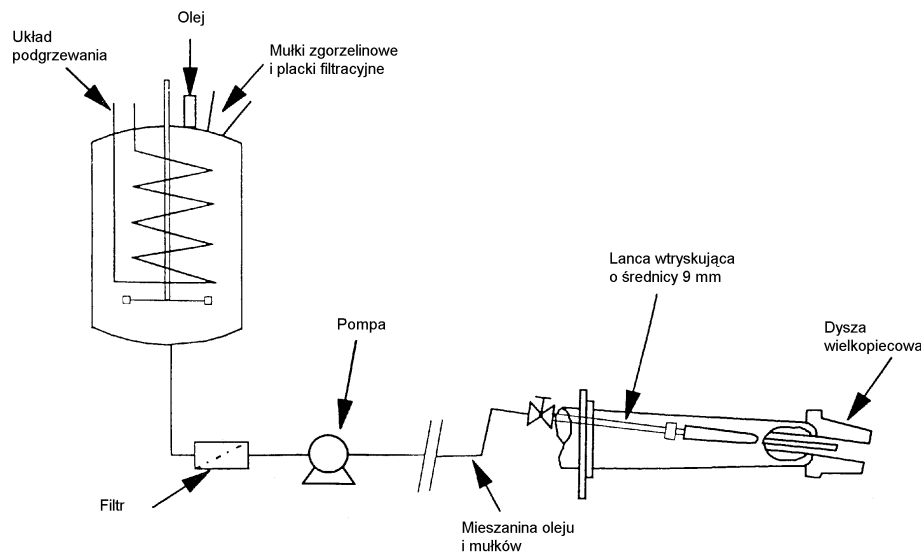
CENTRALNY ZASYP KOKSU

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.



Wdmuchiwanie zaolejonej zgorzeliny (mułków zgorzelinowych)

Utylizacja zaolejonych mułków zgorzelinowych przy równoczesnym wykorzystaniu zawartych w nich odpadowych nośników energetycznych w procesie wielkopiecowym. Przykład - proces Carbofer, polegający na mieszaniu mułków zgorzelinowych z pyłami (np. pyłem wielkopiecowym) oraz z węglem lub mieszaniu mułków zgorzelinowych ze szlamami, a następnie wdmuchiwaniiu przez dysze do wielkich pieców.

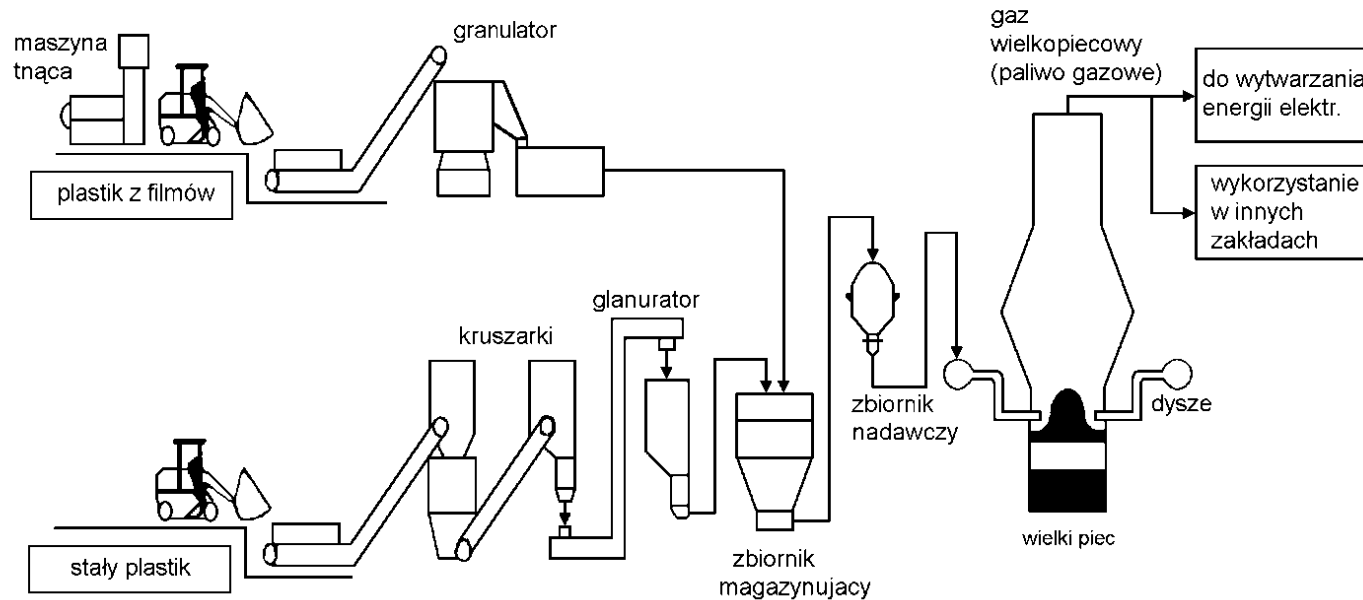


Schemat układu wdmuchiwania mieszanki Carbofer do wielkiego pieca, na przykładzie British Steel.

Wdmuchiwanie tworzyw sztucznych

Przykład – NKK (Japonia). Przy zużyciu 410 kg/Mg sur. koks i 90 kg pyłu węglowego/Mg sur., NKK wdmuchuje około 10 kg/Mg sur. odpadów z tworzyw sztucznych. Zużywanie tych odpadów nie pogarsza jakości surówki.

Wada: ze względu na chlor nie można utylizować PCV. Koncern NKK ocenia, że w przyszłości, z 500 kg paliwa zużywanego na tonę surówki, około 200 kg można będzie zastąpić odpadami z tworzyw sztucznych.

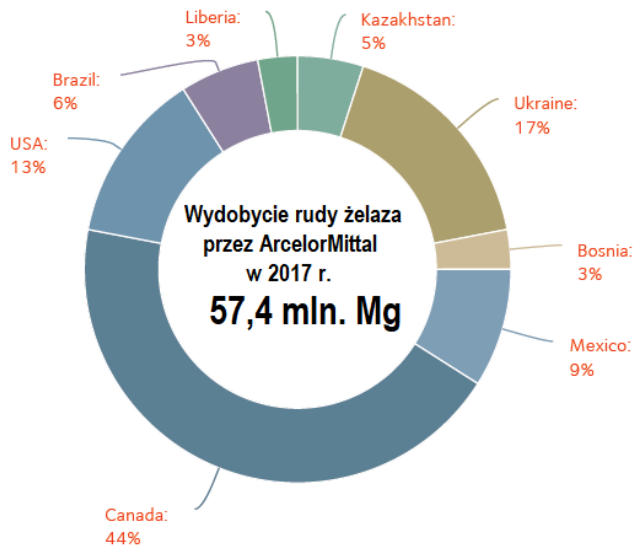


Parametry jakościowe wsadu żelazonośnego

Podstawowym wsadem żelazonośnym do wielkiego pieca jest tzw. spiek, wytwarzany z rud żelaza. Uzupełnieniem tego wsadu są grudki żelazonośne.

Przykładowe skład chemiczny rud żelaza i koncentratów

Rudy żelaza	Fe,%	SiO ₂ ,%	CaO, %	K ₂ O,%	Na ₂ O,%	Cl, %
Liberia	59.47	10,16	0.10	<0.005	0.003	0.004
Krivbas (Cl)	61.80	8,99	0.11	0.220	0.220	0.280
Mount Wright	66,51	4,3	0,11	0,012	0.039	0.008
KR concentrate	65.88	7,26	0.15	0.028	0.046	0.031
C-GOK concentrate	68.40	4,72	0.10	0.032	0.036	0.017



Spiek rudy żelaza



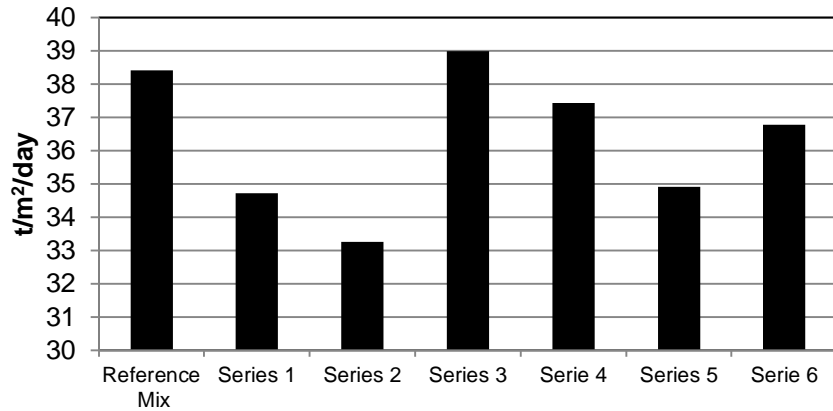
Grudki żelazonośne

INSTYTUT METALURGII ŻELAZA Gliwice - linia do półprzemysłowej symulacji procesu spiekania rud żelaza i odpadów

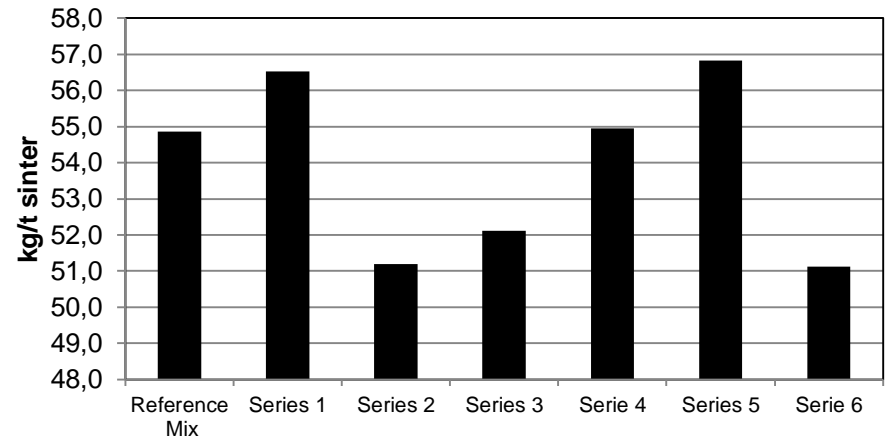


Testy spiekania dla hut zintegrowanych koncernu ArcelorMittal.
Dobór ilościowy i jakościowy rud żelaza i paliw (koksik, antracyt, „węgiel błękitny”,
karbonizat z opon itp.

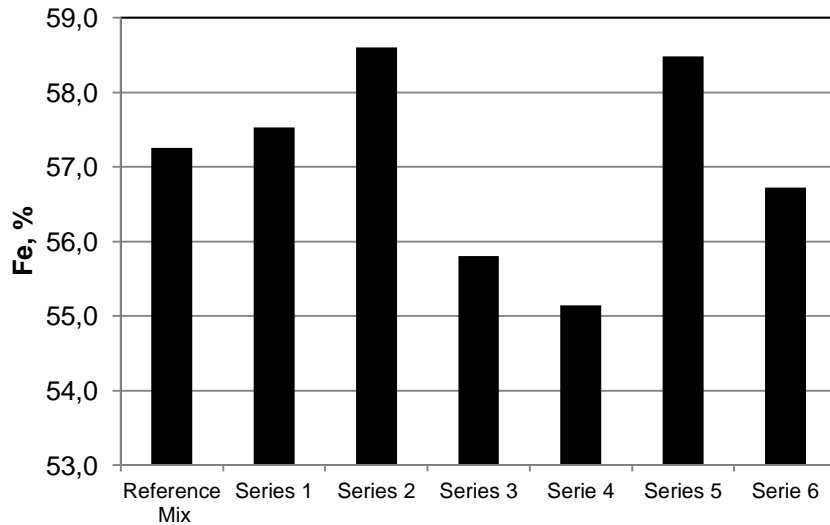
Parametry jakościowe wsadu żelazonośnego



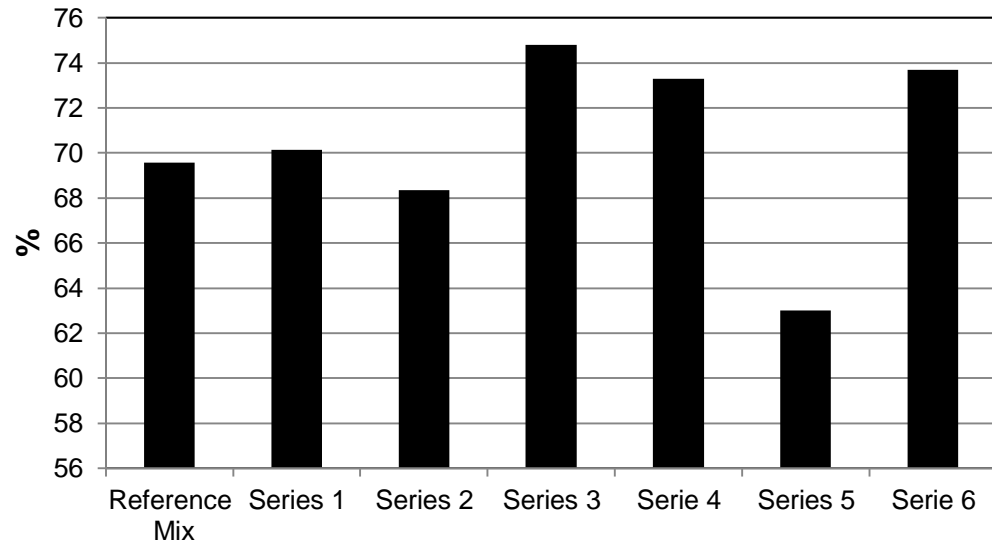
Wydajność procesu



Zużycie koksu



Zawartość żelaza w spieku

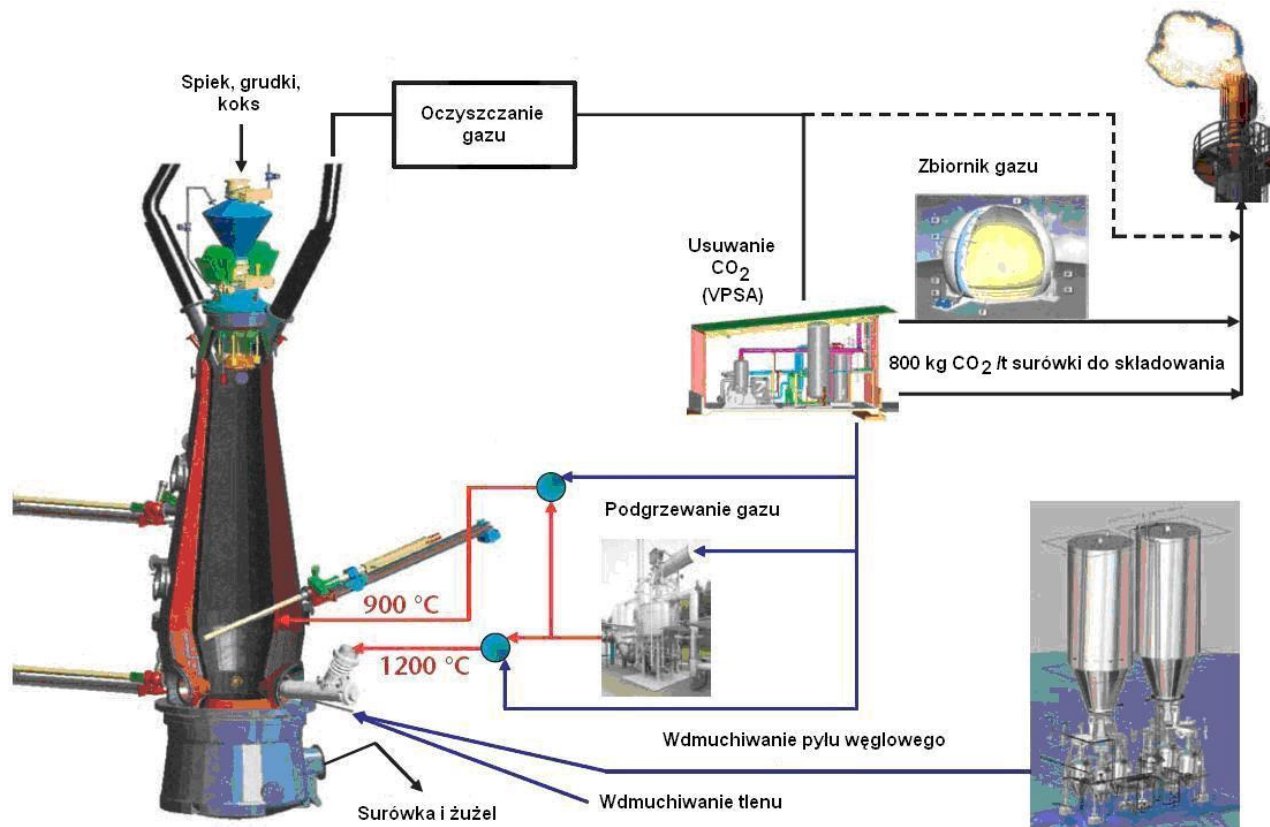


Wytrzymałość spieku



RECYKLING GAZU WIELKOPIECOWEGO - PROJEKT ULCOS

Idea projektu polega na zastąpieniu tlenem gorącego dmuchu potrzebnego do spalania koksu i wytworzenia gazu redukcyjnego. Następnie z gazu wielkopieczowego usuwane jest CO_2 . Tak spreparowany gaz redukcyjny zostaje ponownie wdmuchany do wielkiego pieca.



Redukcja zużycia koksu - 25%.

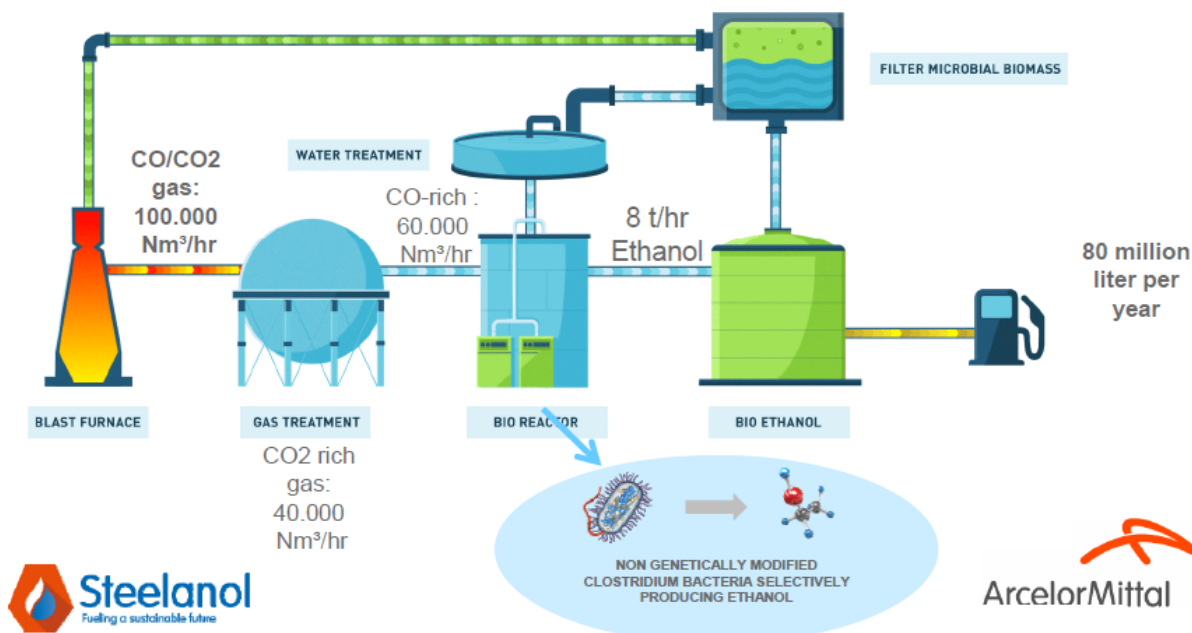
Wychwytywanie i magazynowanie CO₂ - 25% redukcja emisji

Źródło: The Performance of LKAB's Experimental Blast Furnace in Modern Ironmaking



Produkcja bioetanolu z gazu wielkopieczowego

ArcelorMittal wraz z LanzaTech, spółką zajmującą się recyklingiem dwutlenku węgla oraz Primetals Technologies, budują pierwszy w Europie zakład, który na skalę przemysłową będzie wytwarzał bioetanol z gazu wielkopieczowego. Wytworzony bioetanol będzie wykorzystywany jako domieszka do benzyny. Projekt zakłada wytwarzanie 47 tysięcy ton etanolu rocznie. Technologia opracowana przez LanzaTech umożliwia recykling gazów odpadowych i ich fermentację z udziałem opatentowanych mikroorganizmów w celu wytworzenia bioetanolu. Każda wyprodukowana tona bioetanolu zastępuje 5,2 baryłki benzyny, redukując jednocześnie emisje CO₂ w ArcelorMittal o 2,3 tony. Koszt projektu 150 mln euro.



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ



INSTYTUT METALURGII ŻELAZA im. Stanisława Staszica

ul. Karola Miarki 12-14
44-100 Gliwice

tel. +48 (32) 2345-205
fax +48 (32) 2345-300

www. imz.pl
e-mail: imz@imz.pl