



**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE**

Technologiczne możliwości rozszerzenia bazy węglowej dla produkcji koksu poprzez modyfikację operacji przygotowania wsadu i obróbki pozapiecowej koksu

Aleksander Karcz*, Andrzej Strugała*, Piotr Żarczyński**

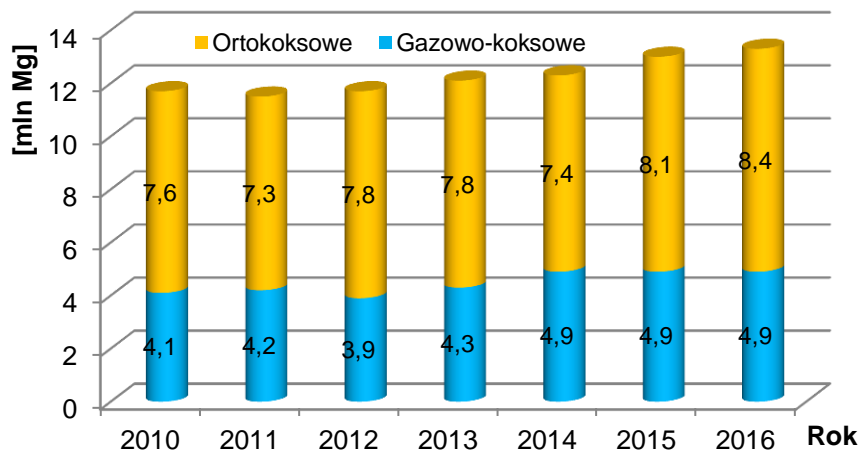
****Wydział Energetyki i Paliw AGH Kraków - Katedra Technologii Paliw***

***** ArcelorMittal Poland S.A. Oddział Dzieszowice***

Szczyrk, 05-07 października 2017 r.

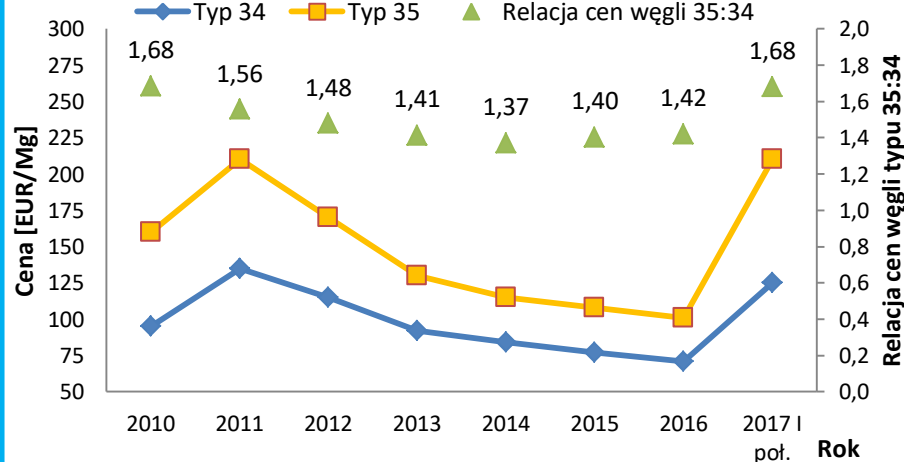
Struktura podaży krajowych węgla koksowych – stan aktualny i przewidywane zmiany

Produkcja węgla koksowych w Polsce w latach 2010-2016



- Pomimo wzrostu wydobycia węgla koksowych w Polsce wciąż jednak nie jest pokryty popyt producentów koksu w ujęciu ilościowym i jakościowym (nieodpowiednia struktura podaży).
- Baza surowcowa węgla do produkcji koksu jest uzupełniana importem węgla koksowych o najlepszych własnościach koksotwórczych.

Kształtowanie się cen węgla koksowych w latach 2010-2017 H1



- Utrzymująca się różnica cen węgla ortokoksowych i gazowo-koksowych jest głównym źródłem korzyści ekonomicznych z wdrażania dodatkowych operacji technologicznych umożliwiających zwiększanie udziału w mieszankach węgla o słabszych własnościach koksotwórczych.

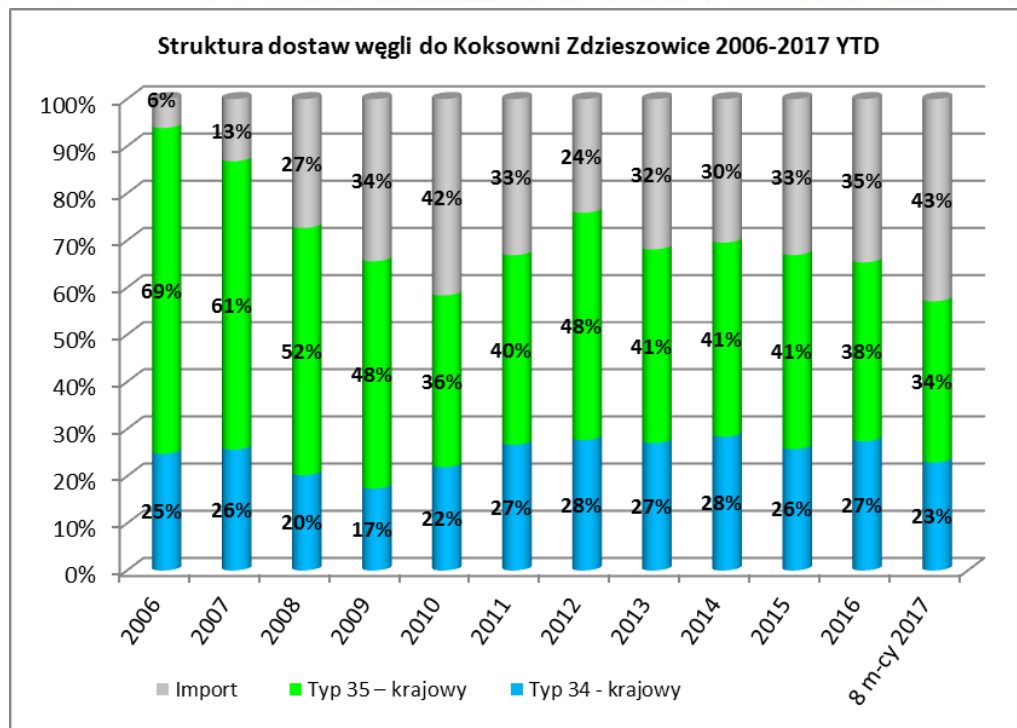
Możliwości działania producentów koksu w Polsce w celu rozszerzenia bazy węglowej dla produkcji koksu poprzez modyfikację operacji przygotowania wsadu i obróbki pozapiecowej koksu

- **zwiększenie importu węgla koksowych typu „hard”,**
- **zmiana technologii produkcji koksu (technologia wsadu ubijanego),**
- **rozwiązania w zakresie przygotowania wsadu do koksowania dla poprawy jakości koksu i/lub zwiększenia udziału węgla gazowo-koksowych (zróżnicowany selektywny przemiał komponentów wsadu, integracja procesów wzbogacania węgla na kopalni i przygotowania wsadu na koksowni, termiczna preparacja wsadu),**
- **rozwiązania w zakresie obróbki pozapiecowej koksu, w szczególności jego suche chłodzenie,**
- **kombinacja w/w operacji.**

Import węgla koksowych

Niedogodnościami związane ze zwiększonym importem węgla:

- ograniczone możliwości magazynowe i przeładunkowe portów,
- komplikacje logistyczne związane z transportem węgla drogą morską,
- trudności logistyczne związane z transportem węgla z portu do koksowni drogą lądową (realizacja programu modernizacji sieci kolejowej w najbliższych latach),
- trudne rozwiązywanie kwestii spornych dot. parametrów jakościowych węgla,
- konieczność zwiększenia stanu zapasów na składowisku,
- zazwyczaj wyższe jednostkowe koszty zakupu węgla,
- wzrost wskaźnika rotacji zapasów w dniach i w konsekwencji przyrostu kapitału obrotowego.



Zmiana technologii produkcji koksu

Średnioroczne receptury mieszanek wsadowych do produkcji koksu metalurgicznego w Koksowni Zdzeszowice dla baterii ubijanego i zasypowego systemu napełniania komór:

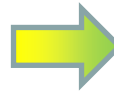
Typ węgla	Skład mieszanek [%]	
	System ubijany	System zasypowy
Gazowo-koksowy (34)	34	13
Ortokoksowy (35)	66	87

Możliwość zmiany konstrukcji baterii koksowniczych w zakresie technologii napełniania komór z systemu zasypowego na ubijany jest ograniczona ze względu na:

- a) niski średni wiek baterii koksowniczych w Polsce (ca 16 lat) –wynik odnowienia potencjału produkcyjnego na początku XXI wieku,**
- b) ryzyko radykalnego zaostrzenia wymagań środowiskowych dot. produkcji koksu w kolejnych latach.**

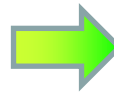
Rozwiązania w zakresie przygotowania wsadu do koksowania dla poprawy jakości koksu/ zwiększenia udziału węgla gazowo-koksowych – na przykładzie koksownictwa japońskiego

Optymalizacja rozkładu uziarnienia wsadu węglowego

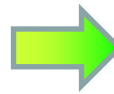


Modyfikacja operacji rozdrabniania węgla

Intensyfikacja zagęszczenia wsadu w komorze koksowej

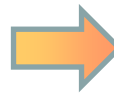


Olejowanie wsadu



Kompaktowanie wsadu (brykiety)

Ograniczenie zawartości wilgoci we wsadzie



Podsuszanie wsadu



Podgrzewanie wsadu

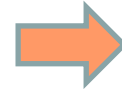
Poprawa jakości koksu



Stosowanie dodatków do wsadu

Technologie w zakresie przygotowania wsadu – na przykładzie koksownictwa japońskiego

Podsuszanie wsadu (CMC)



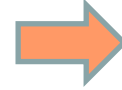
Od 1968 r.

Kompaktowanie wsadu (FC)



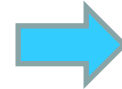
Od 1971 r.

Podgrzewanie wsadu (PH)



Od 1979 r.

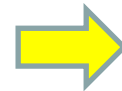
Suche wzbogacanie i aglomeracyjne kompaktowanie wstępne wsadu (DAPS)



Od 1992 r.

Dla porównania:

Suche Chłodzenie Koksu (CDQ)



Od 1976 r.

Optymalizacja uziarnienia mieszanek wsadowych dla baterii systemu zasypowego

Cel:

Racjonalne wykorzystanie potencjału koksotwórczego węgla wsadowych, w szczególności węgla ortokoksowych.

Kryteria optymalizacji:

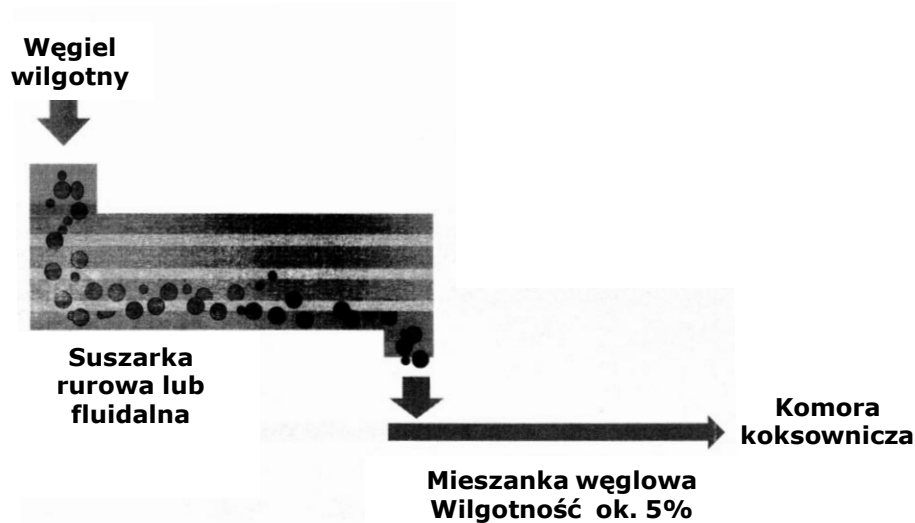
- ***Eliminacja w mieszankach wsadowych najgrubszej klasy ziarnowej (pow. 12 ÷ 14 mm w przypadku węgla ortokoksowych) pogarszającej parametry wytrzymałościowe koksu.***
- ***Ograniczenie udziału w mieszankach wsadowych najdrobniejszej klasy ziarnowej węgla ortokoksowych (pon. 0,2 ÷ 0,5 mm) o słabych własnościach koksotwórczych (brak zdolności wydymania się, brak zdolności generowania ciśnienia rozprężania).***

Rozwiązania:

- ***Technologia zróżnicowanego selektywnego przemiału komponentów wsadu.***
- ***Wstępna klasyfikacja ziarnowa węgla połączona z jego podsuszaniem.***
- ***Integracja technologiczna procesów wzbogacania węgla na kopalni i przygotowania wsadu na koksowni.***

Podsuszanie wsadu (CMC)

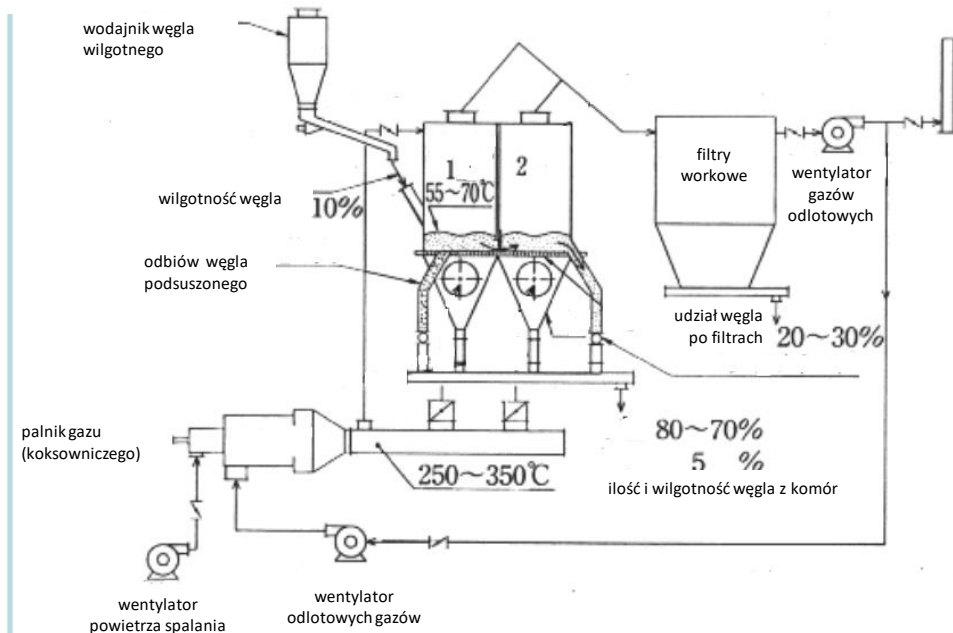
Schemat ideowy CMC



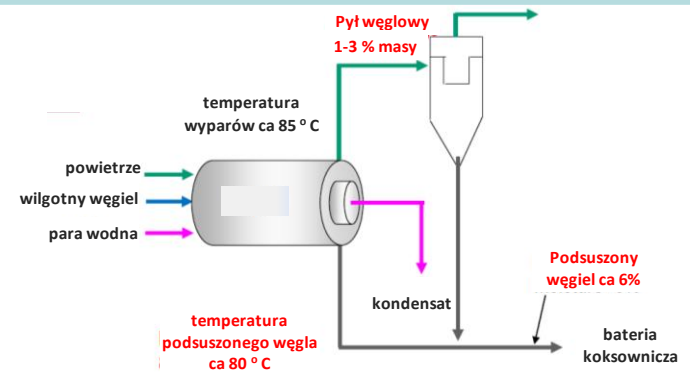
Badania: od 1963

Komercjalizacja: 1968 – Fukuyama, Kashima
1983 – Oita

Efekty: Jakość koksu vs stosowane węgle
Ograniczenie zużycia ciepła
Wzrost produktywności
Ograniczenie ilości ścieków



Schemat działania suszarki fluidalnej



Schemat działania suszarki bębnowej

Podsuszanie wsadu (CMC) – rozwój technologii

Rok	Lokalizacja CMC generacja
1983	Oita works(大分) <i>STD („para w rurze”)</i>
1991	Kimitsu works(君津) <i>CIT („węgiel w rurze”)</i>
1995	Yawata works(八幡) <i>CIT</i>
1996	Chong Qing(重慶) <i>STD</i>
	Muroran works(室蘭) <i>FB (złoże fluidalne)</i>
2011	Maanshan steel works (Chiny) <i>FB</i>



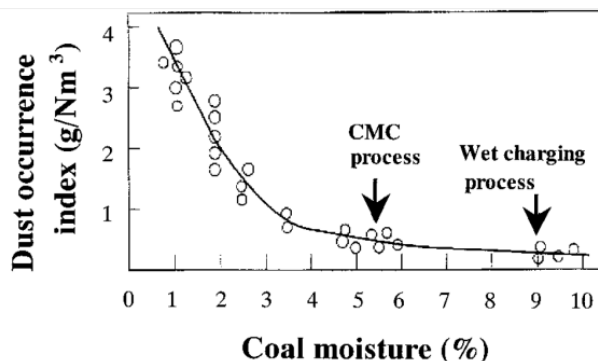
Niepożądane skutki podsuszania wsadu

Komora koksownicza
<ul style="list-style-type: none"> - pylenie podsuszanej mieszanki, - pylenie i możliwość zapłonu mieszanki w czasie napełniania komory, - wzmożone odkładanie depozytu grafitowego, - wzrost ciśnienia rozprężania, - wzrost oporów przy wypychaniu koksu,

Przeciwdziałanie w obszarze węglowni i baterii koksowniczej

Oczyszczanie gazu
<ul style="list-style-type: none"> - wzrost zawartości wody w smole, - wzrost zawartości części nierozpuszczalnych w smole, - pogorszenie warunków chłodzenia gazu

Przeciwdziałanie w obszarze węgl pochodnych

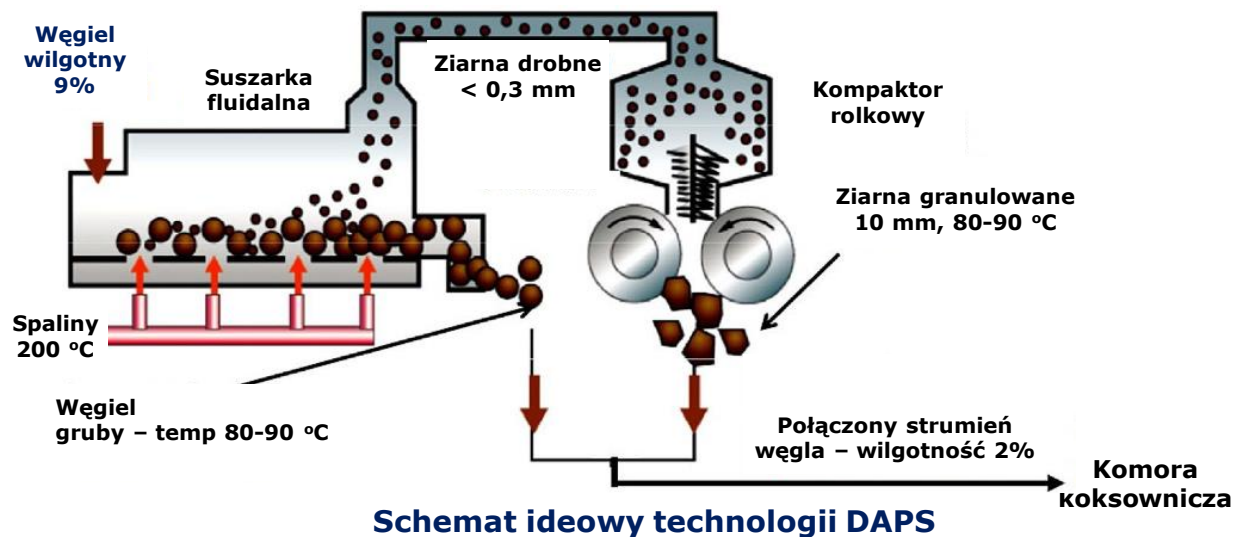


Suche wzbogacanie i aglomeracyjne kompaktowanie wsadu (DAPS)

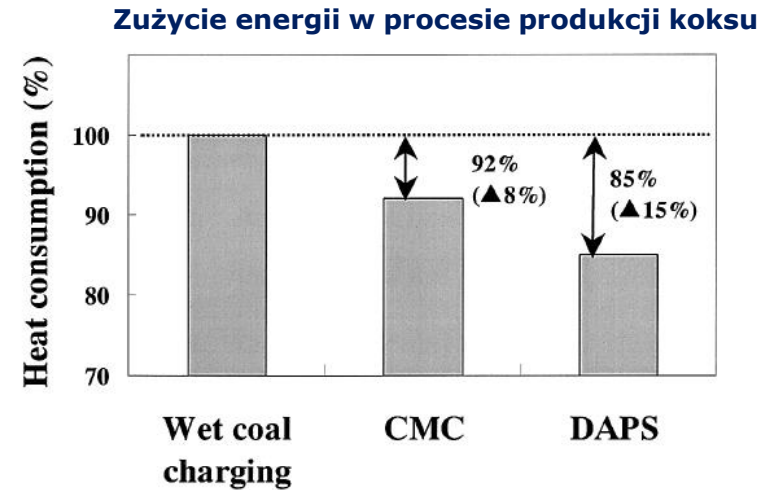
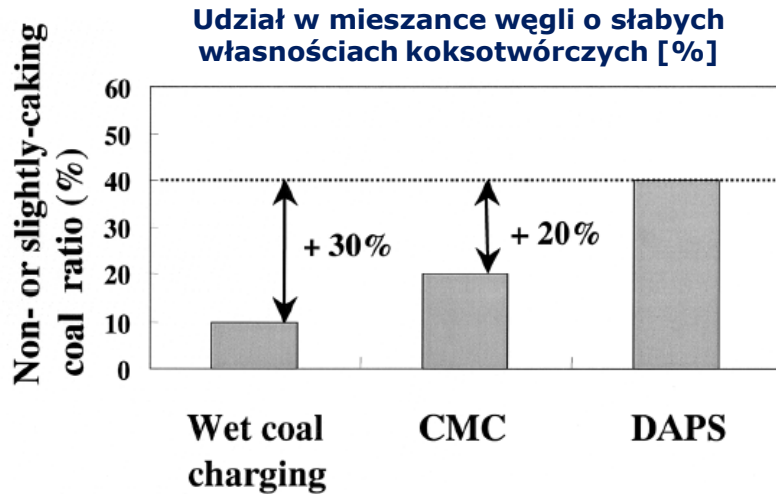
Korzyści z wdrożenia technologii DAPS:

➤ wyeliminowanie zjawiska unoszenia drobnych cząstek podczas napełniania komory i wzmożonego odkładania depozytu grafitowego,

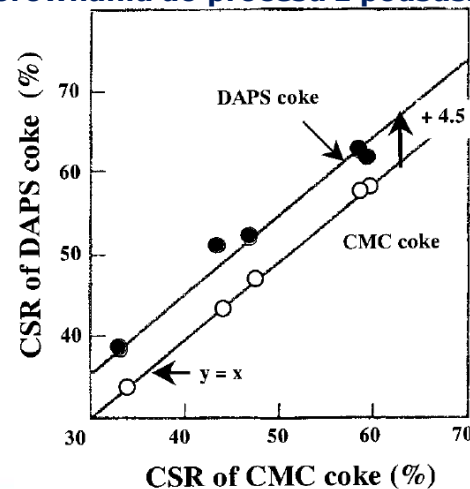
- korzyści ekologiczne - redukcja emisji NO_x o 30%, emisji SO_x o 10% oraz eliminacja emisji pyłowo-gazowej,
- oszczędność energii - obniżenie zużycia energii o 15-20% a w konsekwencji także podobne obniżenie emisji CO_2 ,
- efektywne wykorzystanie bazy węglowej (zwiększenie udziału w mieszance węgla słabospiekających i niespiekających nawet do 50%),
- zmniejszenie gabarytów urządzeń (niższe nakłady kapitałowe).



Korzyści wynikające z wdrożenia procesów CMC i DAPS



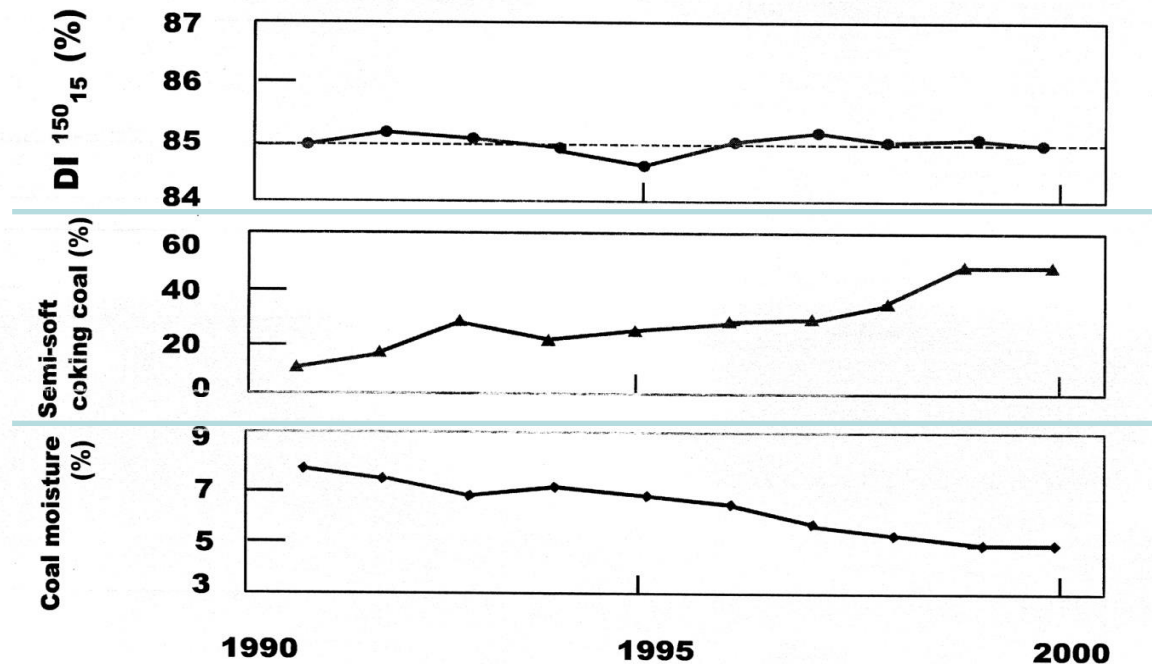
CSR dla procesu koksowania z wdrożeniem DAPS w porównaniu do procesu z podsuszaniem



Możliwości poprawy jakości koksu w wyniku wdrożenia wybranych operacji przygotowania wsadu

Parametr	Kompaktowanie wsadu FC	Podsuszanie wsadu CMC	Suche wzbogacanie i aglomeracyjne kompaktowanie wsadu DAPS	Podgrzewanie wsadu PH
DI ¹⁵⁰ ₁₅	+ 3,0	+1,0	+ 3,2	+ 8
CSR	+ 2,4	+ 2,0	+ 5,6	+ 2

Wzrost udziału węgla typu semi-soft w efekcie wdrożenia nowych rozwiązań w zakresie przygotowania wsadu w koksownictwie japońskim w latach 1990 - 2000

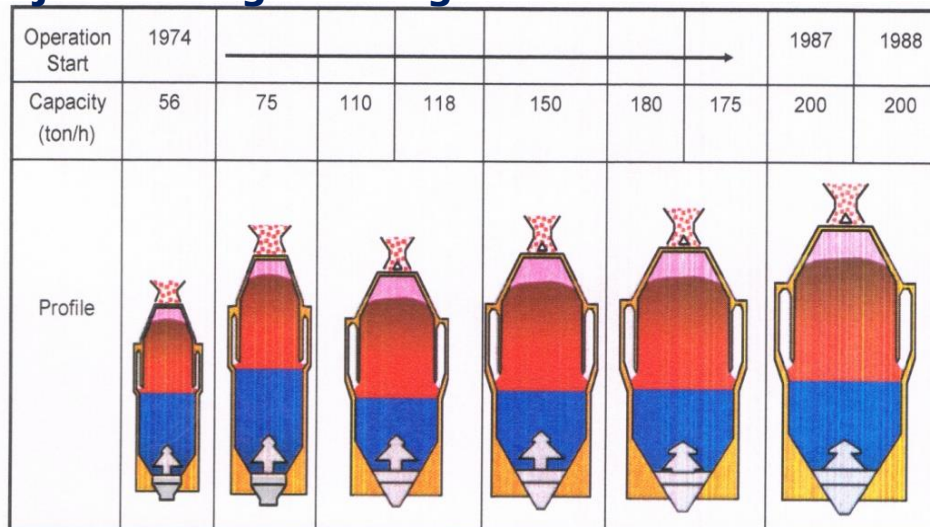


Obróbka pozapiecowa koksu – proces suchego chłodzenia (CDQ)

Porównanie jakości koksu

Parametr	Mokre gaszenie	Suche chłodzenie
Zawartość wilgoci, %	2 ÷ 5	0,1 ÷ 0,3
Zawartość popiołu, %	11,35	11,39
Zawartość cz. lotnych, %	0,50	0,41
Śr. wymiar ziarna, mm	65	55
Porowatość koksu, %	49	48
Wsk. testu bębnowego DI, %	83,5	85,5
CSR	50	52

Rozwój technologii suchego chłodzenia koksu w Japonii



Instalacje CDQ w koksowniach japońskich – stan aktualny

Japońskie koksownie: 13 hut stali i 14 koksowni

Koncern	Zakład	
Nippon Steel	Nagoya	
	Yahata	
	Ooita	
Nippon Steel Chemicals	Kimizu	
Sumitomo Metal Industries	Kagoshima Wakayama	
Nippon Coke	Kitakyushu	
Hokkai Steel	Muroran	
JFE Steel	East Japan Keihin	
	West Japan Chiba	
	Kurashiki	
	Fukuyama	
	Kansai Coke & Chemicals	Kakogawa
	Nakayama Steel Works	Funamachi
Mitsubishi Chemicals	Sakaide*	

* bez CDQ

Zakład	Baterie:	Wydajność [t _{koksu} /h]	Prod. Pary [t/h]	Rok uruchomienia
Nippon Steel				
Oita	nr 1 i 2	190	112	1988
Oita	nr 3 i 4	180	92,5	1985
Yahata	nr 4 i 5	175	120	1987
Nagoya	nr 1 i 2	106	65	1985
Nagoya	nr 3	96	65	1995
Nagoya	nr 4	129	71,5	1982
Nippon Steel Chemicals				
Kimizu	nr 1, 2 i 3	110 (3 inst.)	60	1983
Kimizu	nr 4 i 5	170	108	1988
Hokkai Steel				
Muroran	nr 5 i 6	108	56,5	1981
JFE Steel				
East Japan (Chiba)	nr 5	100	50	1981
East Japan (Keihin)	nr 6 i 7	56 (3 inst.)	30	1977
East Japan (Keihin)	nr 1	70 (5 inst.)	39	1976
East Japan (Keihin)	nr 2	70 (3 inst.)	39	1979
West Japan (Kurashiki)	nr 3 i 4	100 (2 inst.)	65	1983
West Japan (Kurashiki)	nr 5 i 6	130	85	1986
West Japan (Fukuyama)	nr 4	125	69	1986
West Japan (Fukuyama)	nr 5	200	116,5	1990
West Japan	nr 3	185	112	1997
Sumitomo Metal Industries				
Kagoshima	nr 1ABCD	195	100	1986
Kagoshima	nr 2AB	150	65	1984
Kagoshima	nr 2CD	130	65	1981
Wakayama	nr 6	100	60	1994
Kansai Coke & Chemicals				
Kakogawa	nr 1 i 2	140	84	1987
Kakogawa	nr 3 i 4	150	98	1988
Nakayama Steel Works				
Funamachi	nr 2	58	31	1991

Operacje przygotowania wsadu stosowane w koksowniach japońskich wyposażonych w instalacje CDQ

Koncern / Koksownia		CDQ	FC	DAPS	PH	CMC
Nippon Steel & Sumitomo Metal	A	•		•	•	•
	B	•				•
	C	•				•
	D	•		•		•
	E	•	•			•
	F	•		•		•
	G	•		•	•	•
Nippon Coke	-	•				•
JFE Steel	A	•	•			•
	B	•				•
	C	•				•
	D	•	•			•
Kansai Coke	-	•				•

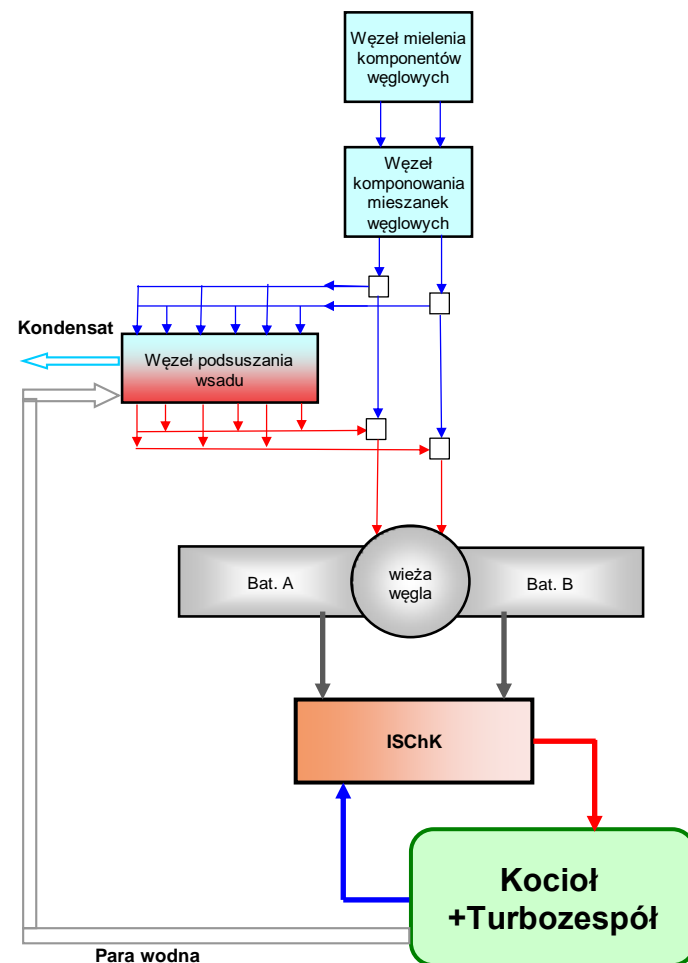
CDQ – Coke Dry Quenching

DAPS – Dry-cleaned and Agglomerated
Precompaction System

FC – Formed Coal (Briquette)

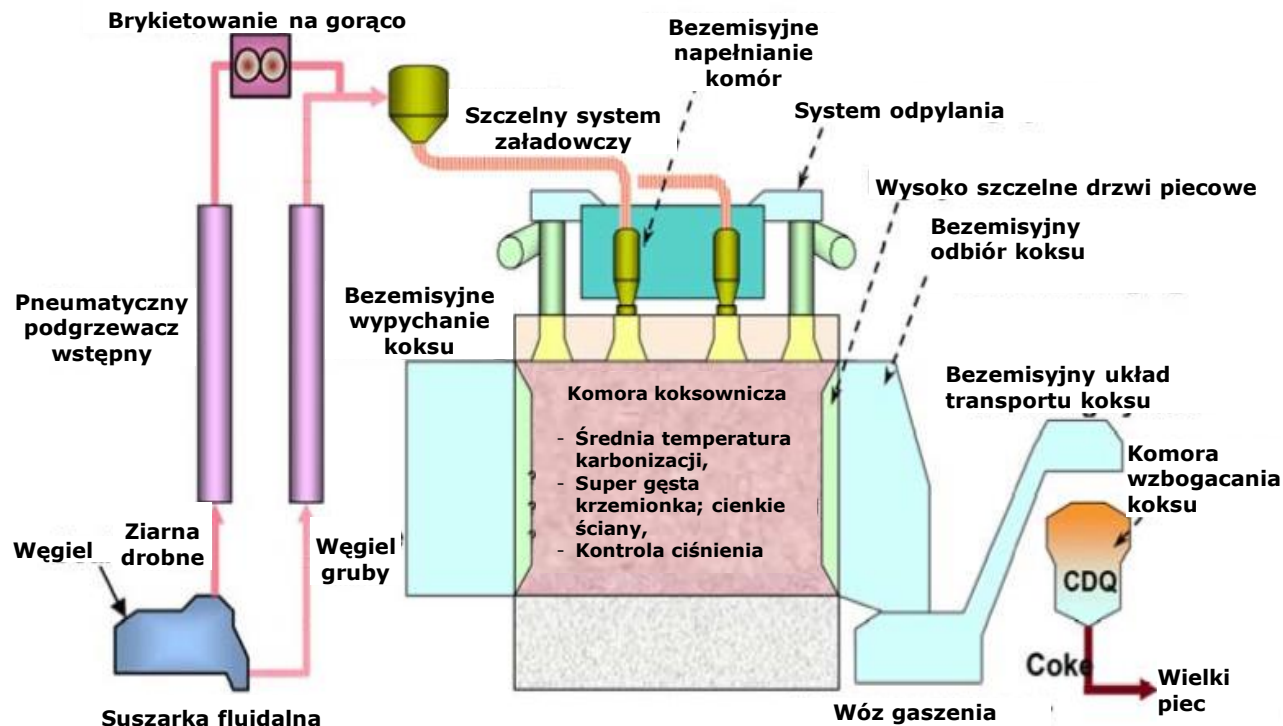
PH – Preheating

CMC – Coal Moisture Control



Project SCOPE 21 – Nowa generacja technologii produkcji koksu - przyszłość

Schemat ideowy SCOPE21



Badania: 10 lat

Komercjalizacja: 2008 Oita

Efekty: Jakość koksu vs
stosowane węgle
Wzrost produktywności

Główne operacje technologiczne:

1. Suszenie i klasyfikacja fluidalna mieszanki.
2. Kompaktowanie (brykietowanie na gorąco) części wsadu o drobnym uziarnieniu.
3. Podgrzanie pozostałej części wsadu do temperatury 350 °C.
4. Koksovanie.

Project SCOPE 21 – parametry procesu i korzyści technologiczne

Specyfikacja technologiczna SCOPE 21

	Pozycja	Techn. klasyczna	SCOPE 21
Wsad	Wilgoć, %	9,0	0
	Temperatura, °C	25	330
Proces	Temp. spalin, °C	1250	1250
	Czas koksowania, h	17,5	7,4
	Produkcyjność	1	2,4
Bateria	Wymiary komór, m	7,5×16×0,45	7,5×16×0,45
	Ceramika ścian	krzemionka gęsta; grubość = 100 mm	krzem. super gęsta grubość = 70 mm
	Ilość komór	126	53

Technologia SCOPE21 powstała w efekcie realizacji 10-letniego narodowego (japońskiego) programu badawczego.

Efekty:

- ✓ Wzrost udziału węgla o słabych własnościach koksotwórczych w mieszance wsadowej do 50 %.
- ✓ Wzrost wydajności procesu (2,4 razy).
- ✓ Obniżenie do 1/3 emisji NOx.
- ✓ Redukcja energochłonności procesu o 21 %.
- ✓ Redukcja nakładów inwestycyjnych o 16%
- ✓ Redukcja kosztów produkcji o 18%.

Technologiczne możliwości rozszerzenia bazy węglowej dla produkcji koksu poprzez modyfikację operacji przygotowania wsadu i obróbki pozapiecowej koksu – podsumowanie

- 1. Przeprowadzona modernizacja podstawowego potencjału wytwórczego w polskich koksowniach stworzyła podstawy dla ich dalszego rozwoju technologicznego.***
- 2. Poziom technologiczny krajowych koksowni w zakresie przygotowania wsadu i obróbki pozapiecowej koksu odpowiada II połowie XX wieku i cechuje się znacznym zapóźnieniem w porównaniu do rozwiązań benchmarkowych (np. japońskich).***
- 3. Pomimo wzrostu wymogów środowiskowych, proces wielkopiecowy pozostaje niezastąpioną technologią produkcji stali, co daje szansę na kontynuację produkcji koksu w przyszłości.***
- 4. Już teraz, również m.in. z powodu wzrostu wymogów środowiskowych, niezbędne jest podjęcie rozważań nad technologiami proekologicznymi w zakresie produkcji koksu, jakie zastąpią w przyszłości rozwiązania dziś wykorzystywane.***

Technologiczne możliwości rozszerzenia bazy węglowej dla produkcji koksu poprzez modyfikację operacji przygotowania wsadu i obróbki pozapiecowej koksu – podsumowanie – c.d.

- 5. W zakresie termicznej preparacji wsadu preferowanym rozwiązaniem winien być proces CMC. To rozwiązanie należy preferować w przypadku koksowni wyposażonych w baterie zasypowe i instalacje CDQ.***
- 6. Zasadność ekonomiczna takich działań wynika z możliwości rozszerzenia bazy węglowej do produkcji koksu o węgle o słabszych własnościach koksotwórczych – spójne z potencjałem krajowego górnictwa.***
- 7. Rozwiązania te muszą się cechować innowacyjnością i generacyjnie wykraczać poza osiągnięcia koksownictwa japońskiego.***
- 8. Spełnienie powyższych postulatów wymaga realizacji długookresowego programu badań o stabilnym finansowaniu.***



Technologiczne możliwości rozszerzenia bazy węglowej dla produkcji koksu poprzez modyfikację operacji przygotowania wsadu i obróbki pozapiecowej koksu

autorzy: A. Karcz, A. Strugała, P. Żarczyński



ArcelorMittal

Dziękujemy za uwagę.