

Zalety stosowania krzemionki amorficznej przy prowadzeniu remontów masywu ceramicznego baterii koksowniczej

Advantages of use of the fused silica in coke oven battery brickwork repairs

*Grzegorz Jakubina, Paweł Okarmus, Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla
Janusz Mytych ArcelorMittal Poland oddział Zdzeszowice

*)Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla, Zabrze, Grzegorz Jakubina, gjakubina@ichpw.pl



W KILKU SŁOWACH

Zakłady koksownicze planując renowację obmurza komór koksowniczych zwracają szczególną uwagę na czas trwania remontu, wynikające stąd zaburzenia eksploatacyjne a co za tym idzie straty produkcji koksu. Technologia klasycznego remontu masywu ceramicznego polegająca na odbudowie całości ścian lub ich fragmentów, bazuje od lat na wykorzystaniu standardowych kształtek krzemionkowych a ich rozszerzalność cieplna jest niezmiernie ważnym czynnikiem wpływającym na czas trwania remontu. Istotnym innowacyjnym rozwiązaniem w zakresie prowadzenia remontów gorących jak również remontów zimnych było zastosowanie tzw. kształtek o zerowej rozszerzalności (z krzemionki amorficznej). Jak wynika ze światowych doświadczeń zastosowanie tego typu materiału wpływa korzystnie na rezultat prowadzonych remontów zarówno w aspekcie technicznym, ekologicznym jak i ekonomicznym.

Wstęp

Światowe zapotrzebowanie na koks, mimo rozwoju nowych technologii wytwarzania stali, utrzymuje się praktycznie na stałym poziomie. Równocześnie potencjał produkcyjny światowego, w tym polskiego, koksownictwa poważnie się zestarzał. W tej sytuacji nie można wprawdzie wykluczyć potrzeby budowy i

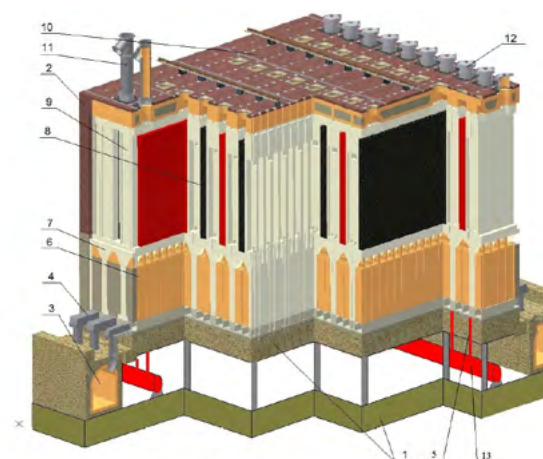


SUMMARY

During repairs planning, the coke plants, points out special care on the production disturbances and production losses connected with coke oven battery brickwork renovation. The classic repairs techniques are based on the traditional silica bricks, which thermal expansion is a large factor for time of the repair. The very innovative step was to use during hot and cold repairs the fused silica, which has zero thermal expansion. As shows the wide world experiences, the use of the fused silica contributes in a very good technical, ecological and economical results of the repairs.

remontów kapitalnych baterii koksowniczych, lecz wobec wysokich kosztów takich działań, długiego czasu zwrotu poniesionych nakładów i stale wzrastających wymagań ekologicznych w stosunku do nowouruchamianych jednostek, a więc problemów natury legislacyjnej, należy raczej poszukiwać sposobów na wydłużenie żywotności pracujących baterii koksowniczych. Taka właśnie wizja utrzymania zdolności pro-

dukcyjnej stała się już obowiązującą w większości światowych koksowni głównie z tego względu iż bateria koksownicza (rys. 1) stanowi około 30% majątku koksowni.



Rys. 1. Podstawowe elementy konstrukcyjne baterii koksowniczej [1] (bateria systemu zasypowego z dolnym doprowadzeniem gazu opalowego):

1 – podbudowa; 2 – przyczółek; 3 – kolektory spalin; 4 – zawory przestawcze powietrza i spalin; 5 – przewody rozdzielcze; 6 – regeneratory; 7 – trzon; 8 – komora koksownicza; 9 – ściana grzewcza; 10 – strop; 11 – rury odciągowe gazu surowego; 12 – rury przerzutowe; 13 – przewód gazu opalowego

Bateria koksownicza, podobnie jak każdy obiekt techniczny, ulega w czasie eksploatacji zużyciu, co powoduje obniżenie jej zdolności produkcyjnej oraz przyrost kosztów produkcji. Masyw ceramiczny baterii koksowniczej ulega naturalnemu zużyciu, a wielkość powstałych uszkodzeń, stanowiąca rezultat oddziaływań: mechanicznych, termicznych i chemicznych a także zaniedbań technologicznych, narasta w miarę upływu czasu eksploatacji baterii.

Najistotniejsze z tego punktu widzenia jest utrzymanie w nienaganej kondycji jej stanu technicznego a w szczególności wymurówki komór koksowniczych. Remonty tego obszaru baterii mają największy wpływ na straty produkcji, ze względu na czas prowadzonych remontów, które bezpośrednio przekładają się na straty finansowe koksowni.

Dlatego niezmiernie ważnym aspektem jest prowadzenie skutecznej polityki remontowej, choć należy w tym miejscu zaznaczyć, iż dobór odpowiedniej metody remontu masywu ceramicznego baterii jest jednak zagadnieniem wysoce skomplikowanym.

Obecnie w Polsce do rekonstrukcji obmurza komór koksowniczych, obok doraźnych metod ich miejscowej naprawy (np. techniki spawania

ceramicznego lub torkretowania), stosowana jest technologia odbudowy całych ścian lub ich części, do której wykorzystywane są wyłącznie cegły (kształtki) krzemionkowe, które pomimo wymaganych dla tego celu specyficznych właściwości (wysoka ogniotrwałość pod obciążeniem, duża stałość wymiarów w stosowanych piecach koksowniczych, dostateczna odporność na środowisko pracy komory koksowniczej oraz wysokie przewodnictwo cieplne) posiadają szereg wad.

Do najistotniejszych należą:

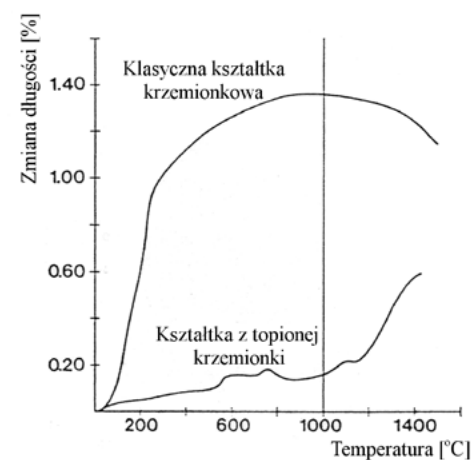
- znaczne zmiany objętości w czasie wprowadzania (rozgrzewania) zrekonstruowanej części do eksploatacji, skutkujące rozwarstwieniem połączeń z nierozszerzającą się częścią pozostającą w eksploatacji,
- brak odporności na nagłe zmiany temperatury prowadzące do spękań rekonstruowanej części na styku z rozgrzaną częścią pozostającą w eksploatacji (rozgrzana część pozostająca w eksploatacji również wykonana z krzemionki nie może być wychłodzona poniżej temperatury rekrytalizacji).

W tej sytuacji skuteczność takiej rekonstrukcji, szczególnie w odniesieniu do wymaganej gąsoszczelności obmurza komór koksowniczych, może być niedostateczna, równocześnie wszystkie zakłady koksownicze planujące renowację obmurza komór koksowniczych zwracają szczególną uwagę na czas trwania remontu oraz wynikające zaburzenia eksploatacyjne i straty w produkcji.

Zastosowanie kształtek z krzemionki topionej

W przodujących krajach istotnym innowacyjnym rozwiązaniem w zakresie prowadzenia remontów gorących jak również remontów zimnych było zastosowanie tzw. kształtek o zerowej rozszerzalności (wykonanych z krzemionki amorficznej). Zastosowanie nowej technologii produkcji tych kształtek wytwarzanych z topionej krzemionki pozwoliło radykalnie zmniejszyć ich rozszerzalność cieplną, co ilustruje rys. 2 [2], przykładowe właściwości kształtek z krzemionki topionej prezentuje tablica 1.





Rys. 2. Ciepła rozszerzalność liniowa klasycznej kształtki krzemionkowej i kształtki z topionej krzemionki (amorficznej).

Lp.	Wyszczególnienie	Jedn. miary	Krzemionka	
			zwykła	amorficzna
1	Zawartość SiO ₂ [min]	%	94,5	95,0
2	Zawartość Al ₂ O ₃ [max]	%	1,5	3,0
3	Zawartość Fe ₂ O ₃ [max]	%	1,5	0,006
4	Gęstość pozorna	g/cm ³	1,85	1,80
5	Porowatość otwarta [max]	%	22	ok. 3
6	Wytrzymałość na ściskanie [min]	MPa	35	45*
7	Ogniotrwałość pod obciążeniem [min]	°C	1650	1750
8	Rozszerzalność w 1400°C [max]	%	1,3	0,0
9	Przewodność cieplna w 1100°C	W/mK	1,7-1,9	1,3

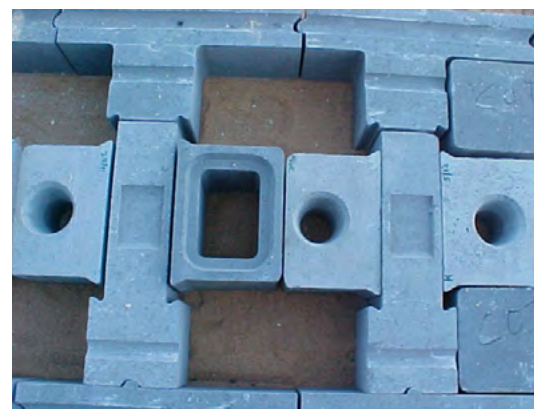
Tabela nr 3. Średnie granice parametrów dla SRF w stanie roboczym

Krzemionka topiona wykorzystywana jest głównie przy prowadzeniu remontów gorących jak również remontów zimnych. Generalną zasadą wykonywania remontów gorących ceramiki komór koksowniczych i ścian grzewczych jest przestrzeganie zasady utrzymywania temperatury powierzchni kształtek na poziomie nie niższym niż 400°C, co minimalizuje problemy techniczne wynikające z rozszerzalności cieplnej wyrobów.

Doświadczenia w prowadzeniu remontów

gorących jak również remontów zimnych z wykorzystaniem krzemionki amorficznej posiada firma Fosbel [3]. Dzięki nowatorskim technologiom Micowall i Monowall czas potrzebny na odtwarzanie zniszczonych ścian skraca się do niezbędnego minimum, przy równoczesnym obniżeniu kosztów naprawy i strat produkcyjnych związanych z wyłączeniem remontowanych komór z cyklu produkcyjnego.

W metodzie Micowall zasadniczo zredukowano ilość rodzajów (symboli) kształtek potrzebnych do odbudowy zniszczonych fragmentów wymurówki z około 250 do nieco ponad 20. Zastosowane rodzaje kształtek (rys. 3) mogą być dostosowane praktycznie do każdej konstrukcji baterii, wszystkie kształtki wykonane mogą być z materiału krzemionkowego o zerowej rozszerzalności. Zastosowanie takiego materiału pozwala odbudować ściany o wymiarach ściany "na gorąco" oraz znacznie zredukować czas potrzebny do ponownego rozgrzania i wprowadzenia odtworzonej ściany do eksploatacji.



Rys. 3. Zasadnicze kształtki firmy Fosbel, potrzebnymi do odbudowy ścian grzewczych

Z kolei w technologii Monowall zastosowano połączenie żarobetonu i krzemionki topionej. Odtwarzanie ścian polega na wlewaniu specjalnie spreparowanego betonu do wcześniej przygotowanych i zamontowanych form, co w praktyce do minimum skraca czas potrzebny na budowę ściany - rys. 4 i 5.

Metody odbudowy ścian przy pomocy odlewanych modułów oferują również Vanocur Refractories LLC [4] oraz firma HeatTeQ [5]. Ściany grzewcze po schłodzeniu i wyburzeniu nie są murowane z kształtek, lecz odbudowywane za pomocą wcześniej przygotowanych bloków ceramicznych łączonych zaprawą (rys. 6).



Rys. 4. Przygotowane i zamontowane formy służące odbudowie ścian grzewczych



Rys. 5. Odbudowane ściany metodą Monowall



Rys. 6. Odbudowa ścian grzewczych za pomocą technologii modułowej

Do produkcji modułów wykorzystywana jest krzemionka topiona oraz betony ogniotrwałe co zapewnia praktycznie zerową rozszerzalność obmurza w trakcie rozgrzewania. Typowy remont dwóch ścian grzewczych (rys. 7) wraz z chłodzeniem starego obmurza i rozgrzewaniem nowego trwa około 30 dni przy użyciu znacznie mniejszej siły roboczej niż ma to miejsce w przypadku tradycyjnej odbudowy. Technologia ta pozwala nie tylko na odbudowę zniszczonych ścian ale także wyremontowanie całego gniazda począwszy od płyty dyszowej poprzez regeneratory i trzon ba-

terii. Zarówno ścianki regeneratora jak i bloki do odbudowy trzonu również są wlewane z materiałów ogniotrwałych (rys. 8). Za przykład można podać remonty polegające na odbudowie ścian grzewczych przeprowadzone w koksowni Tata Steel IJmuiden w Holandii, która jako jedna z pierwszych na świecie zastosowała krzemionkę topioną do tego typu remontów. Zastosowanie gotowych bloków z krzemionki amorficznej pozwoliło skrócić czas remontu czterokrotnie jak również ograniczyć ilość spoin potrzebnych do łączenia materiału co miało istotny wpływ na gazoszczelność i wytrzymałość wymurówki. Co najważniejsze, w trakcie 8 letniej eksploatacji odbudowanych ścian komór koksowniczych, zastosowany materiał nie wykazywał żadnych poważnych uszkodzeń [6].



Rys. 7. Odbudowane ściany grzewcze z użyciem technologii modułowej



Rys. 8. Moduły do odbudowy trzonu (bateria z bocznym doprowadzeniem gazu)

Dodatkowym atutem tej technologii jest również możliwość odlania i zamontowania jako jeden elementu otworów technologicznych takich jak otwory zasypowe i odciągowe. Modułowe wykonanie tych fragmentów wymurówki pieca zapewnia ich dużo wyższą żywotność oraz szczelność (rys. 9).

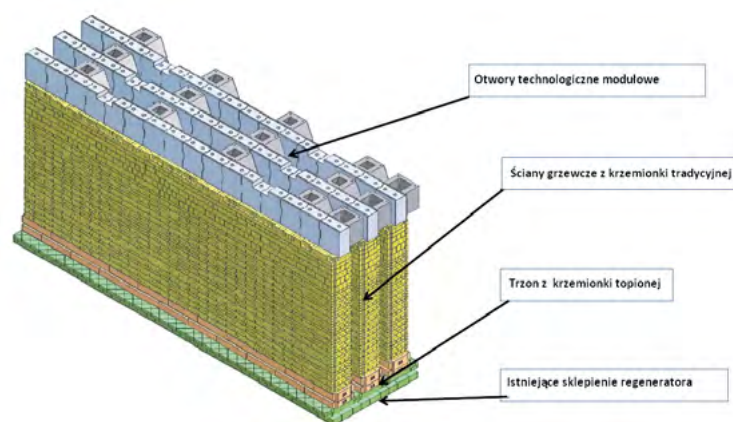
Interesującą jest również metoda remontowa „kombinowana”, oferowana przez firmę HeatTeQ, wykorzystująca do odbudowy różne typy



materiałów ogniotrwałych w zależności od potrzeb i zakresu remontu.

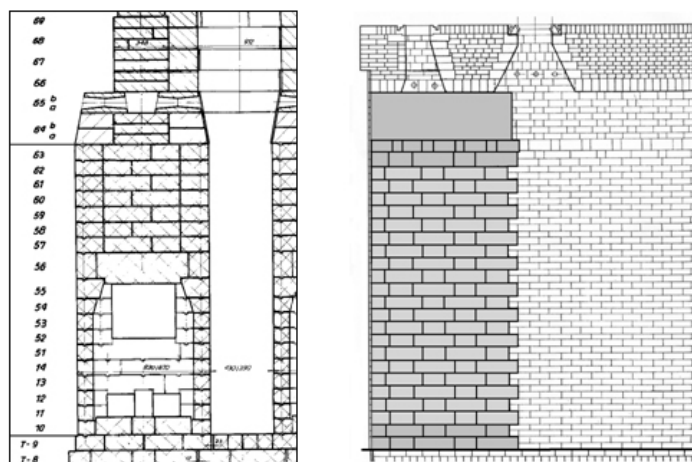


Rys. 9 Widok zamontowanych modułów otworów odciągowych



Rys. 10 Odbudowa ścian metodą kombinowaną

Metoda ta polega na odbudowie trzonu oraz ścian grzewczych, z tym że warstwy trzonu zbudowane są z krzemionki topionej, na niewyłączonych regenerators, natomiast ściany z krzemionki tradycyjnej. Dodatkowo wszystkie otwory technologiczne odbudowane są modułowo (rys. 10).

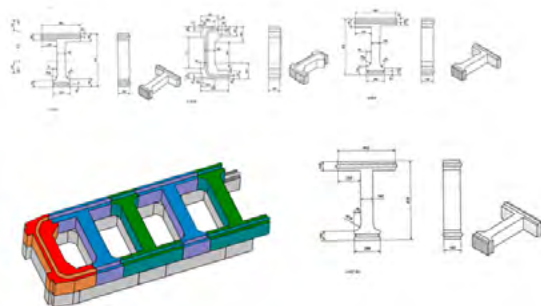


Rys. 11. Przekrój poprzeczny i wzdłużny ściany grzewczej

Jak wcześniej wspomniano w polskim koksownictwie nie prowadzono prób wykorzystania krzemionki amorficznej (topionej) przy odbudowie obmurza komór koksowniczych. Wspomnieć należy, iż w Koksowni ArcelorMittal Poland oddział Zdzeszowice [7] przygotowano do realizacji projekt metody remontu głowicy ściany grzewczych z wykorzystaniem modułów z krzemionki o zerowej rozszerzalności. Uwzględniono w nim metodykę prowadzenia remontu, projekt bloków z krzemionki topionej zastępujące klasyczne materiały krzemionkowe jak również całą sferę wyliczeń czasu oraz kosztów przeprowadzenia remontu metodą klasyczną w porównaniu do metody z wykorzystaniem krzemionki topionej. Należy podkreślić, że remont głowicy ma sens tylko w przypadku gdy pozostała część ściany grzewczej jest w dobrym stanie technicznym.

Założono strefę remontu obejmującą głowicę ściany komory koksowniczej na głębokości 5 kanałów grzewczych i pełnej wysokości warstw 10-63 (Rys.11).

Do wykonania remontu zaproponowano 16 typów bloków połączonych kształtek w ilości 153 szt. na rysunku nr 12 przedstawiono 5 głównych modułów (pozycje masowe).



Rys. 12 Główne moduły (pozycje masowe) oraz rysunek złożeniowy dwóch warstw.

Tablica 2, 3 i 4 przedstawiają w postaci porównawczej cykl prowadzenia remontów, postój związany z wykonaniem remontu oraz bilans materiałowy zarówno metody klasycznej jak i metody z wykorzystaniem krzemionki topionej.

Tablica 2. Porównanie harmonogramów prowadzenia remontów

Wyszczególnienie robót przy remoncie	Metoda Klasyczna	Metoda Proponowana
	[dni]	
Chłodzenie	5	5
Remont	21	10
Rozgrzewanie	21	2
Razem	47	17

Tablica 3. Wypad produkcji

Lp.	Rodzaj wykonywanego remontu	Ilość dni remontu	Komorogodziny postoju	Wypad produkcji
1	Remont klasyczny z zastosowaniem zwykłej krzemionki	47	5640	5421
2	Remont z zastosowaniem bloków połączonych kształtek	17	2040	1961

Założenia remontu

* wyłączony z eksploatacji 5 komór

* czas koksowania 18 h

* uzysk koksu z komory 17,3 ton

Tablica 4. Bilans materiałowy wykonania remontu

Lp.	Rodzaj wykonywanego remontu	Ilość dni remontu	Wypad produkcji	Straty produkcji [tys. dol.]	Koszt mat. [tys. dol.]	Całkowity koszt [tys. dol.]
1	Remont klasyczny z zastosowaniem zwykłej krzemionki	47	5421	1165,51	5,94	1171,45
2	Remont z zastosowaniem bloków połączonych kształtek	17	1961	421,61	11,22	423,83
RÓŻNICA		30	3460	743,9	5,4	747,62

Założenia

* cena koksu za tonę - 212 dolarów [8]

* cena krzemionki (zwykłej) za tonę - 830 dolarów

* cena krzemionki (topionej) za tonę - 1330 dolarów

Z powyższych zestawień wynika iż zastosowanie tego typu materiału dla prowadzenia remontów ma olbrzymie uzasadnienie, zarówno dotyczy to sfery technicznej jak również ekonomicznej. Przy zastosowaniu zaproponowanej metody uzyskuje się w tym przypadku:

- zmniejszenie ilości formatów kształtek z 104 wyspecyfikowanych do 16 większych, co powoduje zmniejszenie ilości spoin i warstw a więc ogranicza ryzyko wystąpienia przebieg gazu surowego,
- zdecydowanie skrócenie czasu remontu oraz czasu rozgrzewania,
- materiał ma stabilną strukturę ograniczony stopień transformacji krzemionki ale przede wszystkim jest nierozszerzalny temperaturowo.

Podsumowanie

Obecnie średni wiek baterii koksowniczych w Polsce to około 16 lat, aż 13 baterii koksowniczych przekroczyło 20 lat i już wymaga lub w najbliższym czasie wymaga będzie podjęcia decyzji o sposobie utrzymania ich mocy produkcyjnych i wydłużenia ich żywotności a to stanowi poważne wyzwanie dla twórców technik remontowych. Przykłady przytoczone w powyższym artykule pokazują iż materiał jakim jest krzemionka topiona ma olbrzymi potencjał przy prowadzeniu remontów masywu ceramicznego baterii koksowniczej:

- skrócenie do minimum 30% czasu trwania renowacji obmurza komór koksowniczych poprzez skrócenie czasu potrzebnego na rozgrzewanie odremontowanej części do temperatur ich eksploatacji,
- wyeliminowanie emisji zorganizowanej będącej wynikiem nieszczelności obmurza w obszarze prowadzonej renowacji,
- zwiększenie trwałości eksploatacji z 10 do około 15 lat zrekonstruowanego obszaru komór koksowniczych.

Wyżej wymienione korzyści bezpośrednio przekładają się na wynik finansowy koksowni. Patrząc z perspektywy czasu kolejna publikacja powinna być artykułem opisującym polskie doświadczenia remontowe z wykorzystaniem materiału jakim jest krzemionka topiona.

LITERATURA

[1] Monografia pt. „Monitoring stanu technicznego i technologicznego baterii koksowniczych oraz wynikające”, Praca zbiorowa pod redakcją Aleksandra Karcza wydawnictwo Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla, Zabrze 2013.

[2] Brunk F., Spitz J.: Experience with coke oven wall repairs using low thermal expansion silica brick material, Cokemaking International, nr 2, 1998, s.74-76

[3] Gilroy D.: The future in coke oven wall rebuilds – Cokemaking International nr 2, 1999, s.78-82

[4] Soonius J., Mazzone C.: Innovations in wall repair systems – 34th International Cokemaking Conference, Roznov 2012

[5] Saffrin P.: Coke oven rebuilds with large block technology – Eurocoke Summit 2012, Barcelona Spain

[6] E. Andreev, M.v. Wijngaarden, P. Put, V. Tadaion, O. Oerlemans.: Refractories for coke oven wall – operator's perspective, 7th European Coke and Ironmaking Congress – ECIC 2016 12.09-14.09.2016 Linz, Proceedings

[7] J. Mytych.: Metoda remontu głowicy ściany grzewczej baterii koksowniczej z wykorzystaniem modułów o „zerowej” rozszerzalności, Materiały ceramiczne 61,4 (2009), 244-249

[8] K. Mysiak, M. Jarno, „Aktualna sytuacja na światowym rynku węgla koksowego i koksu” Ustroń 6-8.10.2016 Konferencja KOKSOWNICTWO 2016.