

G r o u p



**Technika
ogniotrwała**

**Instalacje
przemysłowe**

Montaż



Engineering

**Materiały
ogniotrwałe**

Podsumowanie

System monitorowania BatMon – battery monitoring to zestaw narzędzi dla szybkiej i obiektywnej oceny stanu techniczno-technologicznego baterii koksowniczej. Składa się z:

- modułu analitycznego, który prezentując w cyfrowej formie wszystkie istotne szczegóły stanu techniczno-technologicznego generuje sygnał ostrzegawczy dla służb baterii o możliwym zagrożeniu mającym bezpośredni wpływ na stan techniczno – technologiczny, co stanowi podstawę do podjęcia działań weryfikujących ten stan rzeczy.
- modułu menadżerskiego, który wskazując w przyjętej skali ocen stan wyeksploatowania baterii pozwala wypracowywać dla niej strategię produkcyjno-remontową.

System monitorowania BatMon – battery monitoring pozwala na:

- ciągłą i czytelną ocenę wszystkich najważniejszych parametrów dotyczących stanu techniczno-technologicznego każdej baterii koksowniczej,
- dokumentowanie pracy obsługi baterii i ocenę ich działania,
- wypracowywanie wniosków remontowych na podstawie stosownej i precyzyjnej dokumentacji w formie informatycznej,
- obiektywne porównywanie stanu techniczno-technologicznego różnych baterii pracujących w danym zakładzie bądź korporacji w oparciu o informatyczną bazę danych,
- planowanie strategii produkcyjno-remontowej dla poszczególnych baterii objętych działaniem tego systemu.
- prowadzenie skutecznego i nowoczesnego monitoringu stanu technicznego opartego o nowoczesne rozwiązania informatyczne które umożliwiają profesjonalny, czytelny i bezpośredni wgląd w aktualny stan baterii koksowniczych.

Omawiany system został przetestowany na bateriach nr 7 i 12 w Koksowni ArcelorMittal Poland oddział Zdzeszowice, a wyniki jego testów zostały pozytywnie ocenione przez obsługę baterii.

Praca wykonana w ramach projektu kluczowego nr POIG.01.01.02-24-017/08 "Inteligentna koksownia spełniająca wymagania najlepszej dostępnej techniki" dofinansowanego z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Wybrane aspekty przygotowania wsadu węglowego dla baterii koksowniczych pracujących w systemie ubijanym.

Some aspects of coal cake preparation for stamp charged coke oven battery.

Michał REJDAK, Ryszard WASIELEWSKI *



W KILKU SŁOWACH

W ostatnich latach wobec trudnej sytuacji zarówno na krajowym jak i światowym rynku węgla koksowego obserwuje się wzrost zainteresowania i wdrożeń baterii koksowniczych wsadu ubijanego. W niniejszym artykule zaprezentowano krótką charakterystykę technologii koksowania węgla metodą wsadu ubijanego oraz wybrane aspekty jego przygotowania z punktu widzenia właściwej gęstości i wytrzymałości mechanicznej.



SUMMARY

In the face of difficult situation both in the domestic and global coking coal market a renewed interest of stamp charging cokemaking technology is observed. The paper presents short characteristic of stamp charging technology and some aspects of coal cake preparation in terms of proper density and mechanical strength.

*- Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla Zabrze mgr inż. Michał Rejdak – tel. 32-271-00-41 wew. 358, e-mail: mrejdak@ichpw.pl, dr inż. Ryszard Wasielewski

1. Wprowadzenie

Przemysłowa realizacja procesu produkcji koksłu polega na wysokotemperaturowym odgazowaniu wadu węglowego bez dostępu powietrza w przystosowanych do tego celu bateriach pieców koksowniczych. W technologii koksowniczej stosowane są dwa systemy napełniania komór – system ubijany i system zasypowy. Zastosowanie każdego z tych systemów w sposób istotny wpływa na gęstość wsadu węglowego bezpośrednio oddziałującą na jakość otrzymanego koksłu oraz zdolność produkcyjną komór koksowniczych [1,2,3]. Wyższa gęstość wsadu uzyskiwana poprzez zastosowanie wsadu ubijanego umożliwia poprawę właściwości mechanicznych koksłu, a w szcze-

gólności obniżenie jego ścieralności. Efekt ten jest tym bardziej widoczny im gorsze właściwości koksotwórcze prezentuje mieszanka węglowa i dlatego system ubijany rozpowszechnił się w rejonach obfitujących w węgle o wyższej zawartości części lotnych i przeciętnej spiekalności: w Polsce, w Republice Czeskiej, w Niemczech, we Francji a w ostatnich latach w Indiach, Ukrainie i Chinach. Umożliwia on tym samym zastosowanie w mieszance wsadowej większej ilości węgla o gorszych właściwościach koksotwórczych. Jeszcze do lat 70-tych ubiegłego wieku znaczna większość koksłu produkowanego w Polsce pochodziła z baterii pracujących w systemie ubijanym, jednak po odkryciu i rozpoczęciu eksploatacji obfitych złóż wysokiej



jakości węgla koksowych nastąpił odwrót od tej technologii na rzecz szybkobieżnych wielkocomorowych baterii systemu zasypowego.

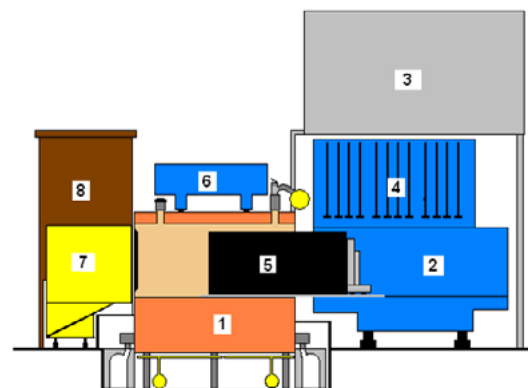
Wobec aktualnej sytuacji na rynku węgla koksowego, a mianowicie ograniczonej podaży, sporych wahaniami jakościowych i wzrostu cen zarówno krajowych jak i zagranicznych węgla koksowych, producenci koksu są zmuszeni do poszukiwania rozwiązań mających na celu zapewnienie odpowiedniej jakości i ekonomiki produkcji. W związku z tym obserwuje się ponowny wzrost zainteresowania i wdrożeń baterii koksowniczych pracujących w systemie ubijanym. Dynamiczny rozwój odnotowuje się szczególnie w krajach azjatyckich (Indie i Chiny) jak również europejskich (Niemcy i Polska) [4,5]. W Polsce w ostatnich latach oddano do eksploatacji dwie baterie wsadu ubijanego (Koksownia Radlin i Częstochowa Nowa) a plany inwestycyjne Koksowni Przyjaźń (JSW Koks S.A.) przewidują zastąpienie dwóch wysłużonych baterii systemu zasypowego, wielkocomorowymi bateriami pracującymi w systemie ubijanym.

W niniejszym artykule zaprezentowano wpływ najbardziej istotnych czynników na proces zagęszczania wsadu węglowego i jego wytrzymałość mechaniczną. Praca badawcza została zrealizowana w ramach Projektu POIG.01.01.02-24-017/08 „Inteligentna koksownia spełniająca wymagania najlepszej dostępnej techniki”, etapu 3.1 „Zintegrowany system koksowania węgla metodą wsadu ubijanego”.

2. Charakterystyka technologii wsadu ubijanego

Zasadnicza konstrukcja baterii koksowniczej stosującej metodę wsadu ubijanego oprócz kilku elementów (z reguły niższa wysokość i nieco większa szerokość komór) w zasadzie nie różni się znacząco od konstrukcji baterii wsadu zasypowego. Podstawowa różnica dotyczy głównie maszyn piecowych. W przypadku metody wsadu ubijanego, wsad węglowy formowany jest w stalowej skrzyni naboju wsadnicy za pomocą zestawu ubijaków i w formie ubitego brykietu wprowadzany do komory koksowniczej poprzez otwór drzwiowy po stronie maszynowej (rys.1) gdzie poddawany jest procesowi koksowania. W praktyce przemysłowej ubity wsad wę-

glowy charakteryzuje się wymiarami: ok. 3,5-6 m wysokości, 12-17 m długości, 0,4 – 0,5 m szerokości i osiąga gęstość na poziomie 1000-1150 kg/m³ w stanie roboczym.



Rys.1. Wprowadzanie ubitego wsadu do komory koksowniczej (a), zestaw ubijający na jednej z krajowych koksowni (b).
1- maszyn naboju, 2- wsadnica, 3 – wieża węglowa, 4- ubijaki, 5- nabój węglowy, 6- wóz stropowy, 7 –wóz przelotowy, 8- wieża gaśnicza

Zasadniczym celem procesu ubijania jest przygotowanie wsadu węglowego o odpowiedniej gęstości zapewniającej bezproblemowy jego załadunek do komory koksowniczej i gwarantującej uzyskanie koksu o założonej jakości. Uszkodzenie naboju w trakcie obsadzania powoduje bowiem spore utrudnienia operacyjno-ruchowe, środowiskowe (emisja niezorganizowana) oraz obniża produktywność komory koksowniczej. Ubity wsad węglowy powinien wytrzymać obciążenia wynikające z jego własnej wagi, dlatego maksymalna jego wysokość jest ściśle związana z jego wytrzymałością mechaniczną [6]. Jest to szczególnie istotne w przypadku nowych baterii wielkocomorowych, gdzie znacznie wyższa wysokość wsadu (a tym samym jego masa) w stosunku do starszych

konstrukcji baterii, determinuje wyższe wymagania co do jego wytrzymałości. Innymi słowy, 6 metrowy nabój węglowy powinien się cechować znacznie wyższą wytrzymałością niż nabój 3,5 metrowy, z uwagi na konieczność przeniesienia blisko dwukrotnie większego obciążenia. Dodatkowo w starszych konstrukcjach ubijarek w celu poprawy trwałości naboju dodaje się drabinki drewniane, faszynę, ścinki taśm itp. co w przypadku nowych konstrukcji jest mocno skomplikowane. Rzeczywisty nacisk mechaniczny może być jednak znacząco większy niż obciążenie statyczne netto, z uwagi na to, że na nabój w trakcie obsadzania nim komory działają dodatkowo siły dynamiczne spowodowane wibracjami wywołanymi przez napędy mechaniczne wsadnicy oraz ruchem płyty obsadowej (nierówności posadzki komory). Wibracje spowodowane pracą maszyn piecowych mogą powodować uszkodzenia naboju węglowego. W przypadku uszkodzenia, nabój zazwyczaj nie rozpada się zupełnie, jak ma to miejsce w przypadku luźnych materiałów sypkich [6]. Gdy wytrzymałość mechaniczna zostanie przekroczona miejscowo, od naboju najczęściej odłamują się kilkunetonowe porcje wsadu. Tak uszkodzony fragment naboju węglowego musi zostać usunięty, co powoduje spore utrudnienia operacyjno-ruchowe, ekologiczne (emisja niezorganizowana) oraz obniża produktywność komory koksowniczej. Uszkodzenie może być również spowodowane m.in. niską homogenizacją mieszanki, niewłaściwym stopniem przemiału, zbyt dużą porowatością wsadu (spowodowaną awarią lub nieprawidłową pracą ubijaków), nierównomierną dystrybucją wilgoci lub zbyt dużym zawilgoceniem miejscowym.

3. Część eksperymentalna

Celem przeprowadzenia prac badawczych w ramach Projektu skonstruowano specjalny zestaw umożliwiający kompleksową ocenę procesu zagęszczania wsadu węglowego oraz zagadnień związanych z jego wytrzymałością mechaniczną. W skład zestawu wchodzi trzy stanowiska badawcze: stanowisko do zagęszczania wsadu metodą udarową, do badań wytrzymałości mechanicznej wsadu węglowego oraz do badań bezpośredniego ścinania.

Testy ubijania prowadzone były z wykorzystaniem stanowiska do zagęszczania wsadu metodą udarową (rys. 2) z wykorzystaniem krajowych węgla koksowych stosowanych w warunkach przemysłowych do produkcji koksu. Odważoną próbkę węgla zasypywano do cylindrycznej metalowej formy, a następnie ubijano poprzez kilkukrotny zrzut ubijaka z ustalonej wysokości. Pracę ubijania wyznaczano na podstawie energii potencjalnej ubijaka.

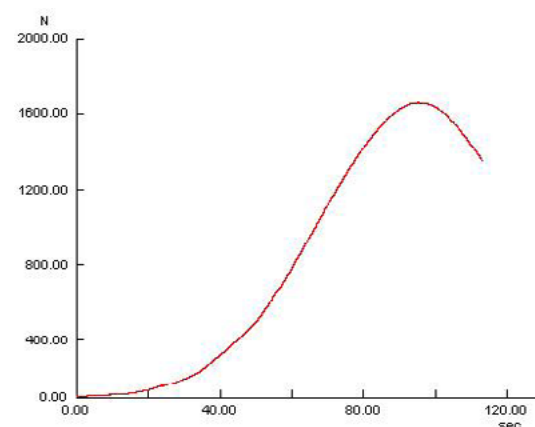
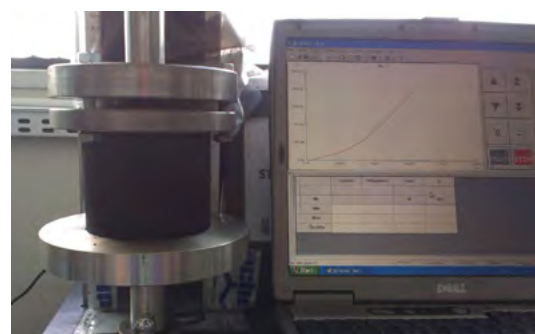


Rys. 2. Stanowisko badawcze do zagęszczania udarowego (a), przygotowany nabój węglowy (b).

Gęstość wsadu oznaczono z ilorazu masy i objętości uzyskanego naboju węglowego. Badania wytrzymałości mechanicznej prowadzone były na stanowisku do badania wytrzymałości wsadu węglowego o maksymalnym nacisku 5 kN



(rys.2). Otrzymane naboje węglowe poddano badaniom wytrzymałości mechanicznej na ściskanie i ścinanie. W przypadku wytrzymałości na ściskanie, przygotowany, ubity wsad węglowy umieszczano pomiędzy płytami dociskowymi urządzenia testowego, a następnie poddawano ścisaniu z prędkością 2 mm/min, rejestrując przebieg siły nacisku on-line za pomocą przenośnego komputera. Siła nacisku wzrasta do momentu destrukcji brykiety węglowej, po czym spada (rys. 3). Pomiar prowadzony jest do czasu uzyskania 80% maksymalnej wartości siły nacisku. Iloraz maksymalnej wartości zmierzonej siły do powierzchni próbki poddanej obciążeniu odpowiada wytrzymałości mechanicznej na ściskanie, wyrażonej w kPa. W przypadku badania wytrzymałości na ścinanie, przygotowany wsad węglowy umieszczano w specjalnej formie. Połowa wsadu węglowego unieruchamiana była pomiędzy elementami dociskowymi formy, druga połowa poddawana była naciskowi z prędkością 2 mm/min. Siła nacisku stopniowo rosła do momentu rozpadu próbki na dwie równe połowki. Wartość wytrzymałości na ścinanie dla danej próbki obliczono z ilorazu maksymalnej zarejestrowanej siły do powierzchni na którą działała siła ścinająca.



Rys. 3. Stanowisko do badania wytrzymałości wsadu węglowego (a), Przykładowy przebieg badania wytrzymałości na ściskanie (b).

4. Czynniki wpływające na gęstość i wytrzymałość mechaniczną wsadu węglowego.

Gęstość i wytrzymałość mechaniczna ubitego wsadu jest wypadkową szeregu czynników technologicznych, takich jak: typ węgla (skład mieszkanki), stopień rozdrobnienia, zawartość wilgoci, właściwa homogenizacja mieszkanki węglowej i odpowiednie prowadzenie procesu ubijania (właściwy dobór pracy/czasu ubijania) skutkujące równomierną „dystrybucją gęstości” w całej objętości bryły węglowej.

Praca ubijania

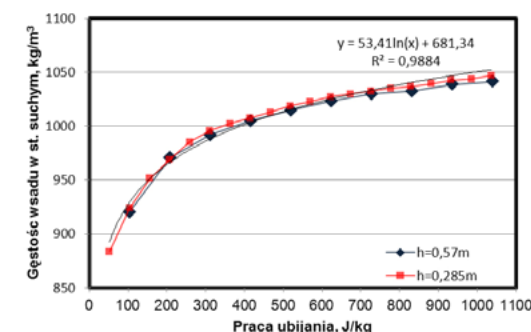
Z punktu widzenia przebiegu procesu, szczególny wpływ na gęstość wsadu ma wartość wykonanej pracy ubijania (rys.4), którą można oszacować na podstawie wzoru (1) [1].

$$L = \frac{9,81 \times Q \times U \times h \times \tau \times n}{M} \quad [J/kg] \quad (1)$$

gdzie:

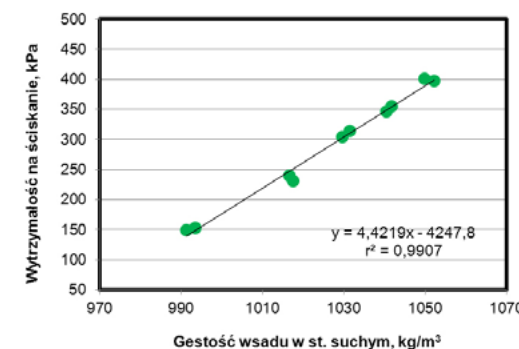
- Q - masa ubijaka, kg,
- U - ilość ubijków,
- h - wysokość spadku ubijków, m,
- τ - czas ubijania, min,
- n - ilość uderzeń, min⁻¹,
- M - masa ubitego naboju węglowego, kg.

Przyrost gęstości ma charakter logarytmiczny. Cząsteczki węgla pod wpływem energii przekazanej przez stopę ubijaka w momencie uderzenia, przemieszczają się między sobą, wypełniając sukcesywnie przestrzenie międzyziarnowe. Proces przemieszczania się ziaren między sobą ułatwiony jest przez wilgoć powierzchniową, która minimalizuje siły tarcia między cząsteczkami. Na początku procesu gęstość wsadu gwałtownie wzrasta do ok. 600 J/kg. Po przekroczeniu tej wartości, przyrost gęstości nie jest już tak znaczny. Jak wynika z danych przedstawionych na rys.2, wysokość spadku ubijaka nie ma istotnego wpływu na uzyskaną gęstość wsadu węglowego. Istotne znaczenie odgrywa jedynie skumulowana energia przekazana przez ubijak tj. wykonana praca ubijania. Przeciętna wartość pracy wykonywanej przez przemysłową ubijarkę kształtuje się na poziomie ok. 500-800 J/kg a gęstość wsadu jest zbliżona do tej uzyskiwanej w warunkach laboratoryjnych.



Rys.4. Wpływ pracy ubijania na gęstość wsadu węglowego dla dwóch różnych wysokości spadku ubijaka (h=28,5 cm i h= 57 cm)

Zwiększony stopień zagęszczenia wsadu bezpośrednio oddziałuje na jego wytrzymałość mechaniczną. Na skutek wzrostu gęstości maleje porowatość wsadu (rośnie stopień nasycenia złoża wilgocią) i wzrasta powierzchnia kontaktu pomiędzy ziarnami węgla, co skutkuje znaczącą poprawą wytrzymałości na ściskanie ubitego brykiety węglowego (rys.5). W badaniach nie odnotowano tzw. efektu „przebicia” wsadu węglowego mogącego występować w praktyce przemysłowej, skutkującego uszkodzeniem nadmiernie zagęszczonego naboju węglowego. Tego typu efekt może być spowodowany zbyt sztywną strukturą silnie zagęszczonego wsadu, która łatwiej przenosi różnego rodzaju naprężenia mechaniczne.



Rys.5. Wpływ gęstości na wytrzymałość na ściskanie ubitego wsadu węglowego (mieszkanka węglowa o 10% zawartości wilgoci)

Rodzaj węgla

Oprócz pracy ubijania, istotnym czynnikiem determinującym gęstość ubitego wsadu jest typ i właściwości ubijanego węgla. Jak wynika z danych przedstawionych na rysunku 4 nabój węglowy osiąga różny poziom gęstości w zależności od typu węgla, co bezpośrednio przekłada się na jego wytrzymałość mechaniczną. Zróżnicowana gęstość ubitych wsadów może

wynikać z kilku czynników. Po pierwsze, ze zróżnicowanej gęstości rzeczywistej wynikającej z różnego stopnia uwęglenia i zawartości popiołu (substancji mineralnej). Generalnie im wyższy stopień uwęglenia i zawartość popiołu tym wyższa jest gęstość rzeczywista węgla. Po drugie, ze zróżnicowanych właściwości mechanicznych (podatność przemiałowa, twardość) oraz powierzchniowych (zwilżalność) wytypowanych węgli. Zwilżalność węgla zależy od szeregu czynników m.in. stopnia uwęglenia [7-9], kompozycji macerałów i zawartości popiołu [10]. Węgłe o niższym stopniu uwęglenia zawierają więcej tlenu i grup funkcyjnych o charakterze hydrofilowym [10-12]. Węgiel Jas-Mos o najwyższym stopniu uwęglenia i najniższej zawartości tlenu jest węglem najslabiej zwilżalnym z całej stawki węgli, zaś węgle Budryk i Marcel najsilniej. Wyższa zwilżalność powierzchni ziaren i związana z tym wyższa praca adhezji (wielkość pracy przypadająca na jednostkę powierzchni jaką należy wykonać, aby rozłączyć dwie połączone cząsteczki) powoduje wzrost oporów pomiędzy grupującymi się cząsteczkami węgla, co przeciwstawia się ich gęstemu upakowaniu. W takiej sytuacji (węgle najmniej hydrofobowe) wzrost zawartości wilgoci nie wpływa pozytywnie na stopień zagęszczenia wsadu. Mniej oczywisty wydaje się wpływ zróżnicowanej podatności przemiałowej (twardości struktury węgla). W trakcie procesu zagęszczania, w momencie mechanicznego udaru, cząsteczki węgla ulegają odkształceniom sprężysto-plastycznym. W przypadku węgla o niższej twardości struktury (węgle wyżej uwęglone), może dochodzić do ukruszania się drobin węgla, które tym samym wypełniają dodatkowe przestrzenie między ziarnami wpływając pozytywnie na stopień zagęszczenia. Zjawisko to w przypadku węgla twardszego może zachodzić w mniejszym stopniu. Z drugiej jednak strony nadmierne kruszenie się ziaren w procesie ubijania może wpływać negatywnie na końcową gęstość wsadu. Dla pracy ubijania na poziomie ok. 580 J/kg (co odpowiada 5 uderzeniom ubijaka), na podstawie analizy danych metodą regresji wielokrotnej uzyskano zależność (2), dla której współczynnik determinacji wyniósł $R^2=0,97$.

$$\rho = 1068,7 - 4,845 \times V^{daf} + 8,69 \times A^d \quad (2)$$

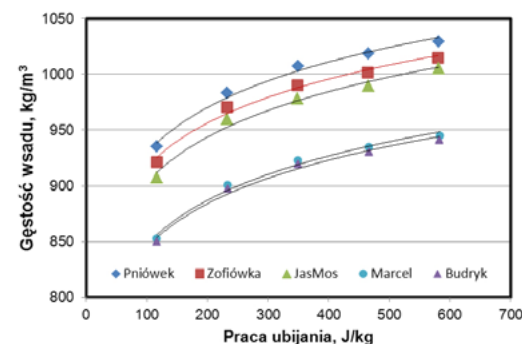


gdzie;

ρ - gęstość wsadu w stanie suchym, kg/m^3

V^{daf} - zawartość części lotnych, %

A^{d} - zawartość popiołu w stanie suchym, %

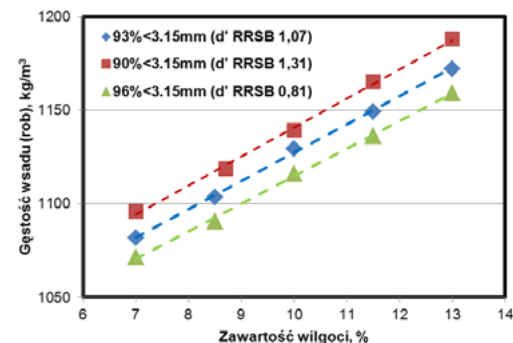


Rys.6. Wpływ rodzaju węgla i pracy ubijania na uzyskaną gęstość wsadu w przeliczeniu na stan suchym (węgle o 10% zawartości wilgoci)

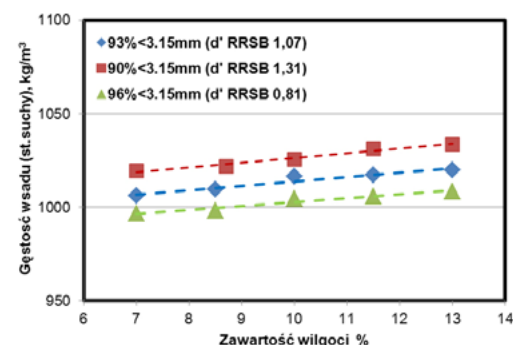
Zawartość wilgoci i stopień rozdrobnienia

Wilgoć pełni kluczową rolę w procesie przygotowania wsadu węglowego dla systemu ubijanego. Pełni rolę „smaru” redukującego siły tarcia pomiędzy cząsteczkami węgla w trakcie procesu jego zagęszczania oraz „spoiwa” tj. zapewnia odpowiednią wytrzymałość mechaniczną zagęszczonego brykiety węglowego [13]. Spowodowane jest to występowaniem mostków wodnych pomiędzy zwilżonymi ziarnami mieszanki wsadowej. Z drugiej strony, nadmierna zawartość wilgoci wpływa negatywnie zarówno na bilans energetyczny procesu koksowania (większa ilość energii na odparowanie wody) jak i ekologiczny (wzrost ilości ścieków). Dodatkowo, może wpływać negatywnie na wymurówkę ogniowatwą baterii koksowniczej. Na rysunkach 7 i 8 zaprezentowano wpływ wilgoci na gęstość czteroskładnikowej mieszanki węglowej o różnym stopniu rozdrobnienia opisanym parametrem $d^{\text{[mm]}}$ funkcji RRSB (Rosina-Rammlera-Sperlinga-Benetta), dla pracy ubijania ok. 580 J/kg. Jak wynika z przedstawionych danych zawartość wilgoci wywiera znaczący wpływ na gęstość ubitego wsadu w stanie roboczym. W przypadku gęstości wsadu w przeliczeniu na stan suchy (istotny z punktu widzenia produktywności baterii koksowniczej) wpływ ten jest znacznie mniejszy. Innymi słowy, w badanym zakresie wilgoć w niewielkim stopniu przyczynia się do wzrostu gęstości redukując opory występujące w trakcie reorganizacji ziaren węglowych. W

głównej mierze pełni jedynie rolę wypełnienia struktury porowatej wsadu węglowego. Jednocześnie można zauważyć że wzrost stopnia rozdrobnienia wsadu przy jednakowej pracy ubijania powoduje obniżenie jego gęstości.



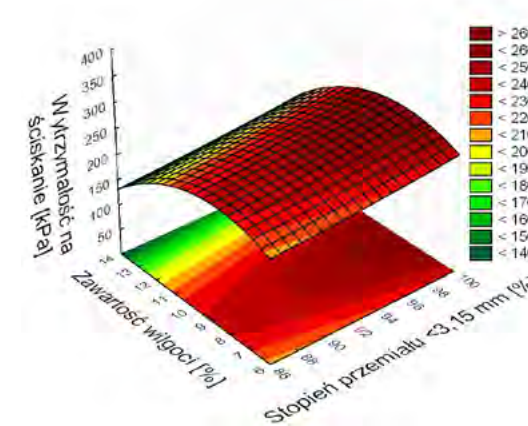
Rys.7. Wpływ zawartości wilgoci na gęstość wsadu w stanie roboczym (praca ubijania ~580 J/kg).



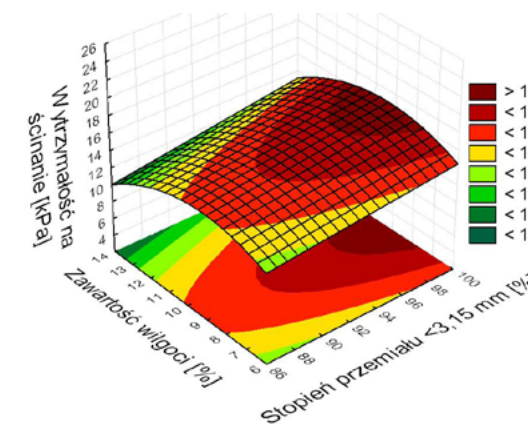
Rys.8. Wpływ zawartości wilgoci na gęstość wsadu w stanie suchym (praca ubijania ~580 J/kg).

Pewna ilość wilgoci niezbędna jest jednak do zapewnienia odpowiedniej wytrzymałości ubitego wsadu węglowego (rys. 9 i 10). Wzrost wytrzymałości najprawdopodobniej spowodowany jest wzrostem ilości punktów styku ziaren, pomiędzy którymi pojawiają się warstewki wody, tworząc tzw. „mostki wodne”, co przyczynia się do zwiększenia sił adhezji międzycząsteczkowej (siły kapilarne, siły napięcia powierzchniowego) w aglomeracie węglowym. Najwyższe wartości wytrzymałości (zarówno na ściskanie jak i ścinanie) odnotowano dla zawartości wilgoci ok. 8,5-10%, bez względu na stopień przemiału badanej mieszanki. Jednocześnie wzrost stopnia rozdrobnienia wpływa korzystnie na wytrzymałość mechaniczną wsadu pomimo obniżonej jego gęstości. Po przekroczeniu wartości 10% wytrzymałość wsadu ulega znacznemu obniżeniu. Nadmierne nagromadzenie się wilgoci pomiędzy ziarnami aglomeratu wpływa niekorzystnie na formo-

wanie się sił powierzchniowych [14-16].



Rys.9. Wpływ zawartości wilgoci i stopnia przemiału na wytrzymałość na ściskanie (praca ubijania ~580 J/kg).



Rys.10. Wpływ zawartości wilgoci i stopnia przemiału na wytrzymałość na ścinanie (praca ubijania ~580 J/kg).

5. Podsumowanie

Realizacja etapu badawczego 3.1 Projektu „Inteligentna Koksownia...” pozwoliła na stworzenie instrumentarium badawczego stanowiącego pomocne narzędzie dla realizacji zadań optymalizacyjnych w krajowych koksowniach stosujących system ubijany. Pozwoliło to na zidentyfikowanie szeregu czynników mających wpływ na przebieg procesu zagęszczania koksowniczego wsadu węglowego i jego wytrzymałość mechaniczną. Na podstawie zaprezentowanych wyników można wyciągnąć następujące wnioski:

- Wzrost zawartości wilgoci we wsadzie węglowym w badanym zakresie powoduje znaczący przyrost gęstości wsadu w stanie roboczym (ok. 8,5%). Zmiany gęstości wsadu w przeliczeniu na stan suchy istotny z

punktu widzenia produktywności komory koksowej są znacznie niższe i w przypadku badanej mieszanki wynoszą ok. 1,5%.

- Wytrzymałość mechaniczna ubitego wsadu węglowego rośnie liniowo wraz ze wzrostem gęstości wsadu.
- W zależności od rodzaju i właściwości węgla wykonując jednakową pracę ubijania uzyskuje się wsad o różnej gęstości. Im wyższy stopień uwęglenia i zawartość popiołu tym wyższa gęstość wsadu.
- Wzrost stopnia przemiału przy wykonaniu jednakowej pracy ubijania powoduje spadek gęstości wsadu. Pomimo tego odnotowuje się niewielką poprawę jego wytrzymałości mechanicznej. W przypadku jednakowej gęstości różnice powinny być znacznie wyższe. Niezależnie od stopnia przemiału wsadu najwyższą wartość wytrzymałości mechanicznej uzyskano dla 8,5-10% zawartości wilgoci. Powyżej 10% wytrzymałość ulega znaczącemu obniżeniu.
- Z punktu widzenia praktyki przemysłowej nie zaleca się przekraczania 10% poziomu zawartości wilgoci we wsadzie z uwagi na jej niekorzystny wpływ na bilans ekonomiczny i ekologiczny procesu koksowania.

Literatura

- [1] Karcz A, Koksownictwo cz. I, wyd. AGH, Kraków, 1987
- [2] Karcz A, Strugała A, Increasing chances of utilizing the domestic coking coal resources through technological operations in coal blend preparation. Miner. Resour. Manag. 24, 2008
- [3] Sobolewski A., Rejda M., Czaplicki A., Janusz M., Mianowski A., Wpływ wybranych technik przygotowania wsadu węglowego na jakość koks, Przemysł Chemiczny, 12, 2014
- [4] Ściażko M, Karcz A, Kierunki technologiczne rozwoju koksownictwa, Karbo, 4, 2011
- [5] Rejda M, Wasielewski R, Koksowanie węgla metodą wsadu ubijanego - stan aktualny i perspektywy rozwoju, Karbo 2, 2012
- [6] Abel F., Rosenkranz J., Kuyumcu H. Z, Stamped coal cakes in cokemaking technology. Part 1- A parameter study on stampability”; Ironmaking and Steelmaking, 36, 2009
- [7] Karcz A., Strugała S., Zagadnienia modelowania gęstości nasympowej mieszanek koksowniczych, Koks Smoła Gaz, 4, 1984
- [8] Gosiewska A., Drelich J., Laskowski J. S., Pawlik M, Mineral matter distribution on coal surface and its effect on coal wettability. Journal of Colloid and Interface Science, 247, 2002
- [9] Orumwense F.O, Estimation of the wettability of coal from contact angles using coagulants and flocculants. Fuel, 77, 1998
- [10] Koval L., Duraj M., Raclavska H., Skrobankova H., Cihalova S, Hydrofobowość węgla kamiennego z zagłębia węglowego Ostrava-Karviná, Inżynieria Mineralna, 1, 2013
- [11] Fuerstenau D.W., Rosenbaum J.M., Laskowski J.S, Effect of surface functional groups in the floatability of coal, Colloids and Surfaces, 8, 1983
- [12] Gutierrez-Rodriguez J.A., Aplan F.F, The effect of oxygen on the hydrophobicity and floatability of coal, Colloids and Surfaces, 12, 1984
- [13] Kuyumcu H., Sander S, Stamped and pressed coal cakes for carbonization in by-product and heat-recovery coke ovens, Fuel, 121, 2014
- [14] Dash P.S., Krishnan S.H., Sharma R., Banerjee P.K., Haldar S.K, Laboratory scale investigation to improve productivity of stamp charge coke oven trough optimization of bulk density of coal cake, ISIJ International, 11, 2005
- [15] Strugała A, Rola czynników surowcowych oraz technologicznych w porcesie formowania się porowatej struktury koks, Wyd AGH, Kraków 2006
- [16] Rejda M, Wasielewski R, Mechanical compaction of coking coals for carbonization in stamp-charging coke ovens, Physicochem. Probl. Miner. Process. 51(1), 2015

Praca wykonana w ramach projektu kluczowego nr POIG.01.01.02-24-017/08 "Inteligentna koksownia spełniająca wymagania najlepszej dostępnej techniki" dofinansowanego z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

piece
PRZEMYSŁOWE
& kotły

**pismo branżowe,
które warto znać**

www.pplik.pl
www.industrialfurnaces.pl

**portal branżowy,
w którym warto być**