



<https://doi.org/10.32056/KOMAG/KOMEKO2021.2>

Poprawa jakości produktów handlowych poprzez zastosowanie nowych rozwiązań osadzarek typu KOMAG

Piotr Matusiak – Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Daniel Kowol – Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Streszczenie: W rozdziale przedstawiono wdrożenie nowych osadzarek OS18 i OM20 zainstalowanych w zakładzie przeróbki mechanicznej w KWK „Budryk”. Podano wyniki badań skuteczności wzbogacania węgla koksowych i energetycznych. W celu określenia skuteczności węzła osadzarkowego procesu wzbogacania miałów węglowych wyznaczono parametry rozdziału materiału. Opisano zastosowane rozwiązania i parametry techniczno-technologiczne nowych urządzeń. Przedstawiono układy odbioru produktu odpadowego i produktu pośredniego. Zaprezentowano nowe rozwiązania zastosowane w modernizowanych zakładach przerobczych. W przypadku każdej z osadzarek zostały wykonane badania skuteczności wzbogacania, których wyniki zamieszczono w formie tabelarycznej. Przedstawiono podstawowe wskaźniki dokładności wzbogacania oraz parametry produktów rozdziału i bilanse produktów. Omówiono wyniki badań przeprowadzonych na nowo uruchomionych osadzarkach.

Słowa kluczowe: proces wzbogacania, osadzarka, węgiel kamienny

Improving the quality of commercial products through the use of new KOMAG jig solution

Abstract: Implementation of new OS18 and OM20 jigs installed in the mechanical processing plant in KWK "Budryk" mine is presented. Results of testing the efficiency in separation process of coking and steam coals are given. To determine the efficiency of the jig node in the coal fine coal separation process, the parameters of material separation were set. The solutions and technological parameters of new devices are described. The systems for collecting the tailings and middlings are presented. New solutions used in the processing plants being modernized, are presented. Separation efficiency tests were carried out for each jig, and the results are presented in a tabular form. Basic indexes for separation accuracy as well as the separation products parameters and product balances are presented. The results of testing the newly commissioned jigs are discussed.

Keywords: separation process, jig, hard coal

1. Wprowadzenie

Decydujący wpływ na parametry ilościowo-jakościowe produktów handlowych ma wzbogacanie, czyli podstawowy proces w polskich zakładach przeróbki mechanicznej surowców mineralnych.

Wzbogacanie węgla kamiennego w osadzarkach stanowi niezwykle ważną część procesu produkcyjnego sortymentów handlowych, służącą podwyższeniu jakości wydobywanego surowca i osiągnięciu wymaganych przez odbiorców parametrów jakościowo produktów. Poprawa jakości węgla następuje poprzez poddanie go szeregowi procesów technologicznych, między innymi wzbogacania w osadzarkach pulsacyjnych [1, 2].

W rozdziale przedstawiono rozwiązania wybranych osadzarek zaprojektowanych w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG, oddanych do użytku w latach 2019-2020 r., służących do wzbogacania węgla kamiennego. Szczególną uwagę zwrócono na parametry i nowoczesne rozwiązania osadzarek pulsacyjnych średnioziarnowych OS miałowych OM dla węgla energetycznych i koksujących.

Osadzarki pulsacyjne są podstawowymi urządzeniami do wzbogacania węgla kamiennego w polskich zakładach przeróbki mechanicznej. Pierwsze konstrukcje osadzarek zaczęto opracowywać w ITG KOMAG w roku 1955 r.

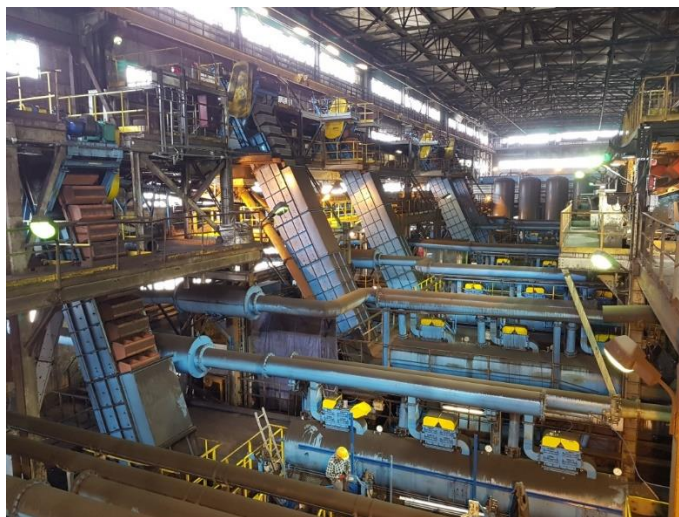
Były to urządzenia, które posiadały komory powietrzne umieszczone obok koryta roboczego, wzdłuż osi osadzarki [3, 4, 5]. Konstruowano wówczas osadzarki typu:

- OBM (osadzarka beztłokowa miałowa),
- ODM (osadzarka beztłokowa miałowa dwukorytowa),
- OBZ (osadzarka beztłokowa ziarnowa).

Osadzarki te charakteryzowały się znacznymi wymiarami i dużą masą.

Obecnie w KOMAG-u konstruowane są osadzarki do wzbogacania różnych klas ziarnowych, w tym osadzarki miałowe - OM (rys. 1) przeznaczone dla ziaren 20-0(0,5) mm, osadzarki średnioziarnowe - OS przeznaczone dla ziaren 80(50)-0(0,5) mm i osadzarki ziarnowe - OZ przeznaczone dla ziaren 120-20 mm.

Ich konstrukcje są stale modernizowane, zgodnie z oczekiwaniami odbiorców, zarówno pod względem geometrii kształtu skrzyń dolnych, mocowania pokładów sitowych, usprawnienia urządzeń automatycznej regulacji odbioru produktów ciężkich, zaworów pulsacyjnych oraz kolektorów powietrza roboczego [6, 7, 8, 9].



Rys. 1. Zabudowa osadzarek i przenośników kubelkowych KWK Budryk [źródło: opracowanie własne]

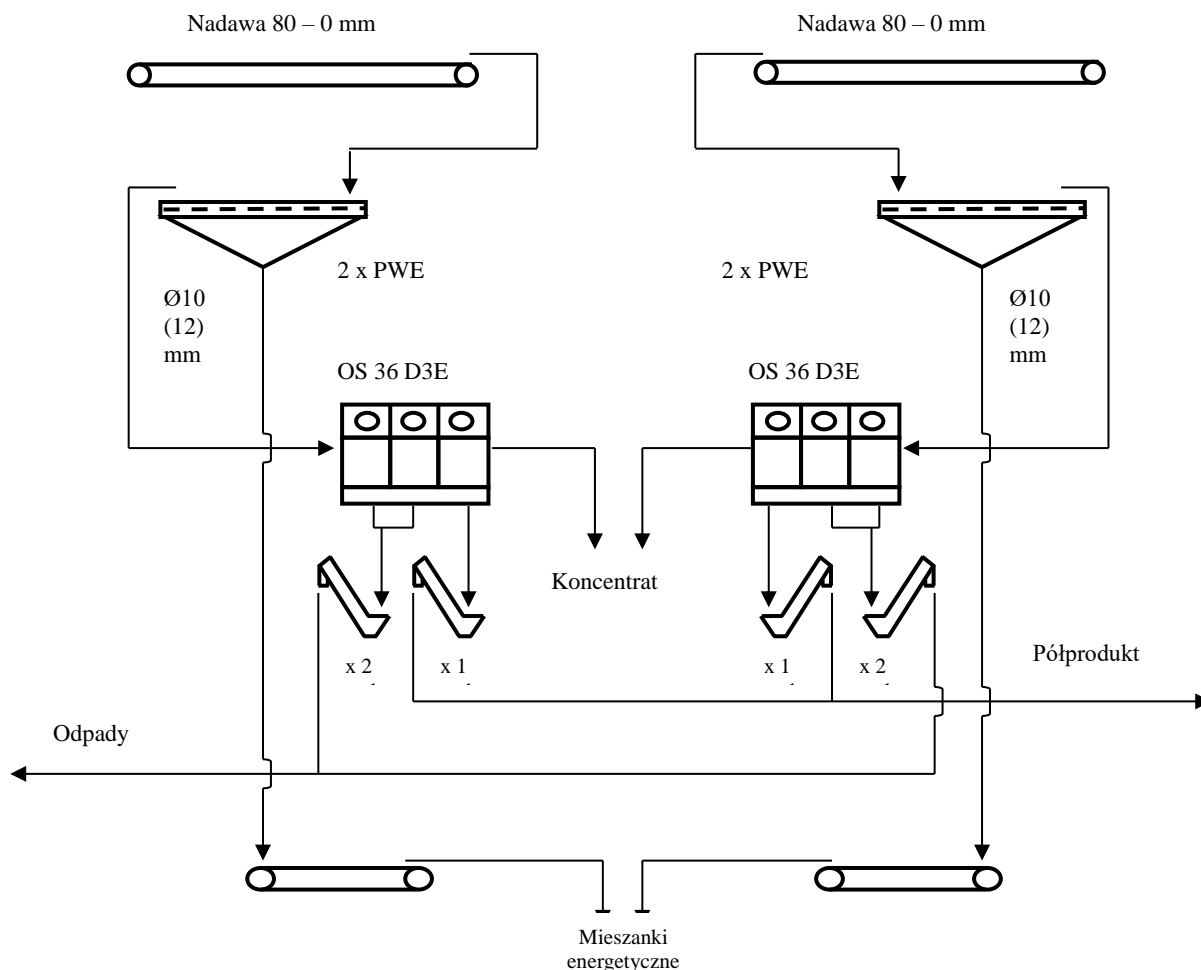
2. Stan przed modernizacją

Zakład Mechanicznej Przeróbki Węgla KWK Budryk posiada trzy osadzarki pulsacyjne do wzbogacania nadaw węglowych, w tym dwie osadzarki dwukorytowe OS36D3E oraz jedną osadzkę jednokorytową OM24L4E. Wszystkie osadzarki wyposażone są w system elektronicznego sterowania SSO Zakładu Automatyki BGG [10, 11].

Nadawę na osadzkę OS36D3E stanowi materiał o uziarnieniu 80–10 mm otrzymywany w wyniku klasyfikacji na czterech przesiewaczach PWE1-2,6x6. Produkt dolny przesiewaczy może być kierowany do zbiornika mialu surowego, zbiornika mieszanek energetycznych lub na zwały. Produkt górny

przesiewaczy dostarczany jest do osadzarek OS36 poprzez sita łukowe, pełniące obecnie rolę koryta spławnego, w którego obszarze umieszczono natryski wody górnej.

Na rysunku 2 przedstawiono uproszczony schemat osadzarkowego węzła wzbogacania z osadzarkami typu OS36.



Rys. 2. Schemat osadzarkowego węzła wzbogacania z osadzarką OS36D3E [10]

3. Wdrożenia osadzarek typu KOMAG w Zakładzie Mechanicznej Przeróbki Węgla KWK Budryk

Projekt ośmiu osadzarek dla Zakładu Mechanicznej Przeróbki Węgla KWK Budryk wykonano w 2017 r. w Zakładzie Systemów Przeróbczych Instytutu Techniki Górniczej KOMAG. Wdrożenia osadzarek OS18 i OM20 dla węgla energetycznego i koksującego zaprojektowanych w ITG KOMAG i uruchomionych w 2019 i 2020 r. przedstawiono na poniższych przykładach.

Systemy wzbogacania w osadzarkach zostały uruchomione w kolejności przedstawionej w tabeli 1.



Uruchomienia osadzarek KWK Budryk

Tabela 1

Lp.	Typ osadzarki	Typ nadawy	Nr urządzenia	Uruchomienie
1	Osadzarka mialowa OM20	Przerost z osadzarek OS18, 12-0 mm	4.707B	04.2019 r.
2	Osadzarka średnioziarnowa OS18L	Węgiel typu 35, 70-1 mm	4.604B	04.2019 r.
3	Osadzarka średnioziarnowa OS18P	Węgiel typu 35, 70-1 mm	4.604C	04.2019 r.
4	Osadzarka średnioziarnowa OS18L	Węgiel typu 34, 70-20 mm	4.504A	05.2019 r.
5	Osadzarka średnioziarnowa OS18P	Węgiel typu 34, 70-20 mm	4.504B	05.2019 r.
6	Osadzarka średnioziarnowa OS18L	Węgiel typu 35, 70-1 mm	4.604A	04.2020 r.
7	Osadzarka średnioziarnowa OS18P	Węgiel typu 34, 70-20 mm	4.504C	07.2020 r.
8	Osadzarka mialowa OM20	Przerost z osadzarek OS18, 12-0 mm	4.707A	09.2020 r.

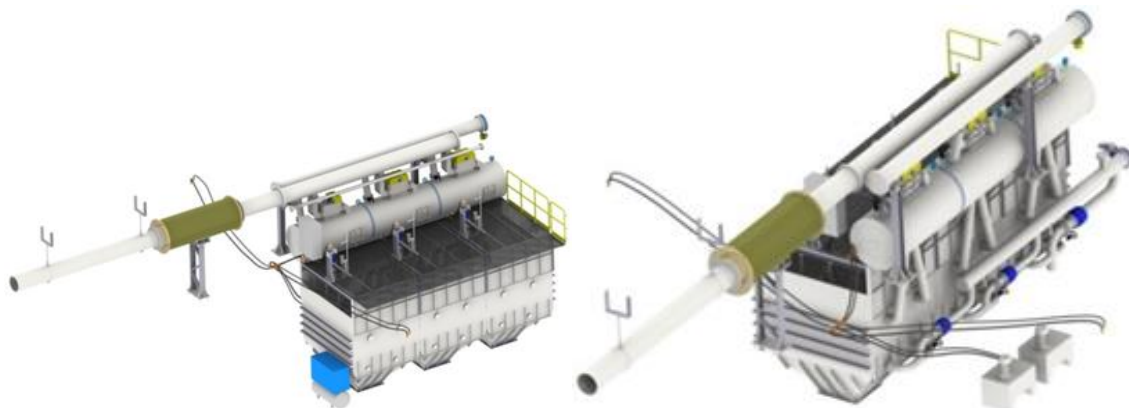
System wzbogacania węgla typu 34 i typu 35

Nowe trójproduktowe osadzarki OS18 L i P, oraz OM20 wyprodukowała firma Fugor Sp. z o.o., zostały zabudowane przez firmę Pemug Sp. z o.o. Zastąpiły one dwie wyeksploatowane trójproduktowe osadzarki średnioziarnowe OS36 oraz jedną OM24 typu KOMAG.

Modernizacja Zakładu Mechanicznej Przeróbki KWK Budryk polegała na dostosowaniu zakładu do trójproduktowego wzbogacania węgla typu 34 oraz 35 wraz z możliwością zwiększenia obciążenia węzła wzbogacania mialu do 1500 t/h brutto.

W ZPMW KWK Budryk zainstalowano 6 osadzarek średnioziarnowych OS18, wzbogacających w klasie ziarnowej 70-1 mm (70-20 mm) (rys. 3), zaprojektowanych do wydajności do 250 t/h.

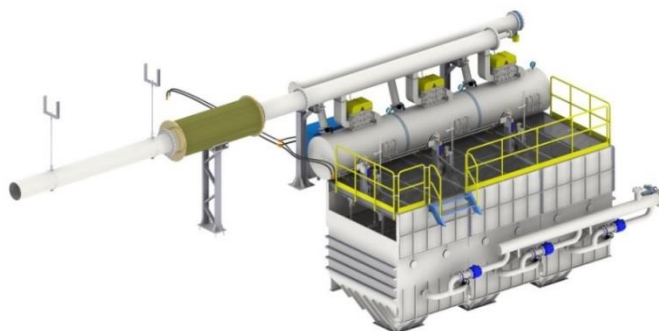
Trzy z nich wzbogacają węgiel kamienny typu 34 (nr 4.504A, nr 4.504B, nr 4.504C), a pozostałe trzy węgiel kamienny typu 35 (nr 4.604A, nr 4.604B, nr 4.604C).



Rys. 3. Osadzarki średnioziarnowe OS18L i OS18P KWK Budryk [9]

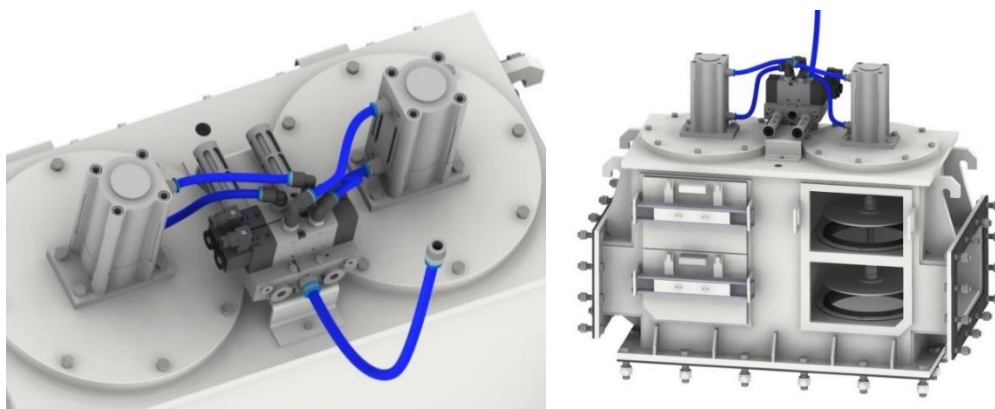
System wzbogacania wtórnego

Konstrukcja układu doprowadzania nadawy do wtórnego wzbogacania [12] umożliwia pracę jedynie jednej osadzarki. W osadzarkach miałowych wtórnych OM20 (rys. 4), wzbogacany jest materiał w klasie ziarnowej 12-0 mm z maksymalną wydajnością do 250 t/h. Zastosowano w nich pokład z sit gumowych.

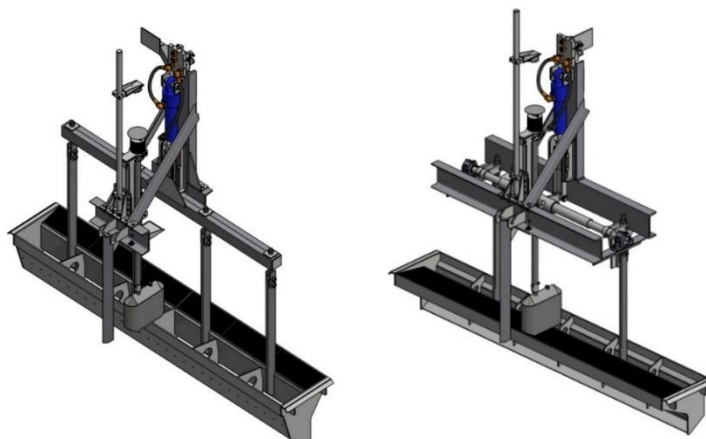


Rys. 4. Osadzarka miałowa OM20 KWK Budryk [9]

W osadzarkach średnioziarnowych OS18 oraz miałowych OM20 zastosowano nowe rozwiązanie zaworu pulsacyjnego mające na celu poprawę ich możliwości regulacyjnych oraz korzystniejsze wyniki wzbogacania (rys. 5). Zastosowano również zasuwowe układy odprowadzenia produktu, które zastąpiły wcześniej stosowane klawiszowe układy odbiorcze (rys. 6).



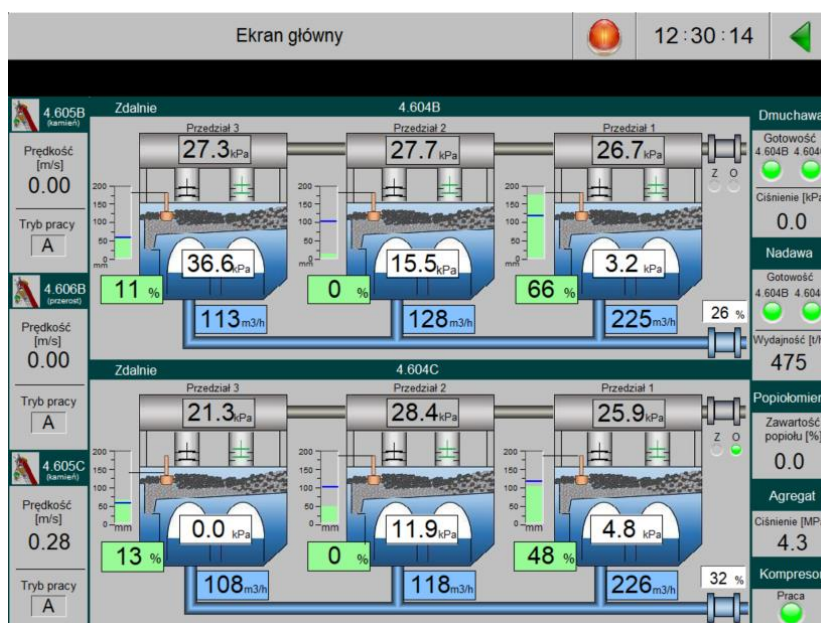
Rys. 5. Zawór pulsacyjny typu KOMAG zastosowany w osadzarkach KWK Budryk [12]



Rys. 6. Układ odprowadzenia produktu osadzarki OS18 oraz OM20 KWK Budryk [12]

System sterowania

Zmodernizowane systemy węzła wzbogacania kopalni Budryk, zostały wyposażone w nowoczesny system sterowania węzłem osadzarkowym KOGA SSWO (rys. 7).



Rys. 7. Panel operatorski systemu sterowania węzłem osadzarkowym KOGA [źródło: opracowanie własne]

Układ sterowania węzłem sterowania w KWK Budryk charakteryzuje się hierarchiczną, rozproszoną budową, gdzie poziom najniższy stanowią czujniki w pojedynczym przedziale osadzarki, a poziom najwyższy sterownik nadrzędny.

Sterownik nadrzędny zarządza pracą urządzeń nadawczych dostarczających nadawę do osadzarki, jak również realizujący blokady technologiczne, służące do bezpiecznego zatrzymania całego lub częściowego węzła technologicznego. Sterowniki lokalne zarządzają pracą dwóch osadzarek. Sterowniki te łączą się z rozproszonymi układami IO zainstalowanymi w każdym przedziale osadzarki.

Takie rozproszone układy sterowania pozwalają na wprowadzenie zmian sprzętowych, programowych, konfiguracyjnych i wizualizacyjnych bez konieczności zatrzymania produkcji.



Ważną cechą takiego układu jest również decentralizacja układu sterowania, co ułatwia zapewnienie bezpieczeństwa procesu produkcyjnego i nadzoru.

Pośród wielu funkcji systemu umożliwia on między innymi:

- sterowanie procesem pulsacji,
- automatyczną regulację odbioru produktów ciężkich uwzględniającą pomiar otwarcia przepustu,
- sterowanie prędkością przenośników kubelkowych,
- pomiar i rejestrację parametrów monitorowanych.

System umożliwia wyświetlanie aktualnej zawartości popiołu oraz wyliczenie wartości opałowej produkowanego koncentratu węglowego.

4. Badania osadzarek

Analizy laboratoryjne

Pobrane próbki wykwartowano i przetransportowano do zaplecza laboratoryjnego Zakładu Systemów Przeróbczych, w którym poddano je kolejnym analizom.

Badania laboratoryjne zrealizowane zostały zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005 z wykorzystaniem aparatury pomiarowej zapewniającej spójność pomiarową. W badaniach wykorzystano nadzorowany sprzęt pomiarowy w postaci wag HR 120, WPT 15H2, B200, pieca komorowego PM-6/1100A oraz kalorymetru AC 350.

Obliczenia oraz wyznaczenie podstawowych parametrów procesu rozdziału (gęstość rozdziału, rozproszenie prawdopodobne, imperfekcja) wykonano zgodnie z normą PN-G-07020:1997.

W uzyskanych frakcjach gęstościowych nadawy i produktów wzbogacania oznaczono zawartości popiołu zgodnie z normą PN-ISO 1171:2002. W nadawach i produktach wzbogacania oznaczono również ciepło spalania i wyliczono wartość opałową zgodnie z normą PN-ISO 1928:2002.

Analizę granulometryczną nadawy wykonano na sitach o otworach 20; 16; 10; 6; 3 i 0,5 mm, uzyskując klasy ziarnowe > 20; 20-16; 16-10; 10-6,3; 6,3-3; 3-0,5 oraz 0,5-0 mm. Powyższą analizę wykonano zgodnie z normą PN-ISO 1953:1999.

Analizom gęstościowym w klasie ziarnowej 0,5 mm poddano nadawę oraz produkty wzbogacania w cieczach ciężkich o gęstości 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8 oraz 2,0 g/cm³ uzyskując frakcje gęstościowe <1,3; 1,3-1,4; 1,4-1,5; 1,5-1,6; 1,6-1,7; 1,7-1,8; 1,8-2,0 oraz >2,0 g/cm³. Analizy gęstościowe wykonano zgodnie z normą PN-G-04559:1997.

Zawartość popiołu i wartość opałową podano w stanie analitycznym. Do obliczenia wartości opałowej przyjęto wilgoć analityczną na poziomie 3% dla wszystkich analizowanych próbek.

Badania dokładności wzbogacania

Celem badań było określenie skuteczności procesu trójproduktowego wzbogacania grawitacyjnego w nowo zabudowanych osadzarkach średnioziarnowych OS18 (nr 4.504A, nr 4.504B, nr 4.504C) pracujących równolegle w systemie wzbogacającym węgiel typu 34, oraz osadzarkach średnioziarnowych OS18 (nr 4.604A, nr 4.604B, nr 4.604C) pracujących równolegle w systemie wzbogacającym węgiel typu 35.

**Bilans produktów wzbogacania osadzarki OS18 (typu 34)**

Tabela 2

Produkt	Nadawa	Produkt koncentratowy	Produkt pośredni	Produkt odpadowy
Udział, %	100	29,5	5,5	65
Udział, t/h	200	59	11	130
Popiół, %	62,72	15,05	55,49	85,25

Określona została również skuteczność procesu wzbogacania wtórnego w osadzarkach OM20, dla których nadawą jest skruszony produkt przerostowy zainstalowanej w KWK Budryk, w oparciu o wyniki analiz laboratoryjnych, pobranych prób przemysłowych nadawy i produktów wzbogacania, wykonanych w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG.

Bilans produktów wzbogacania osadzarki OM 20 4.707B

Tabela 3

Produkt	Nadawa	Produkt koncentratowy	Produkt pośredni	Produkt odpadowy
Udział, %	100,00	16,24	5,06	78,71
Udział, t/h	70,0	11,4	3,5	55,1
Popiół, %	43,47	12,98	47,40	49,50

W osadzarkach średnioziarnowych OS 18 uzyskano współczynniki imperfekcji na poziomie:
 I st. rozdziału - $I_1=0,158-0,200$, przy gęstości rozdziału wynoszącej $\Delta_1=1,636-1,999 \text{ g/cm}^3$,
 II st. rozdziału - $I_2=0,172-0,186$, przy gęstości rozdziału wynoszącej $\Delta_2=1,395-1,818 \text{ g/cm}^3$.
 Średnia wartość wskaźnika imperfekcji dla badanych osadzarek wyniosła $I=0,169$.

Wyniki dokładności wzbogacania w osadzarkach OS18 oraz OM20

Tabela 4

Parametr	Osadzarka średnioziarnowa OS18			Osadzarka średnioziarnowa OS18			Osadzarka mialowa OM20	
	Węgiel typu 34			Węgiel typu 35			Półprodukt	
Oznaczenie	4.504A	4.504B	4.504C	4.604A	4.604B	4.604C	4.707A	4.707B
Gęstość rozdziału dr, g/cm^3 I stopień	1,976	1,985	1,999	1,960	1,636	1,639	1,348	1,390
Gęstość rozdziału dr, g/cm^3 II stopień	1,794	1,554	1,395	1,410	1,818	1,752	-	1,609
Imperfekcja I stopień	0,183	0,146	0,177	0,172	0,190	0,197	0,359	0,210
Imperfekcja II stopień	0,169	0,193	0,099	0,200	0,158	0,149	-	0,121
Średnia imperfekcja	0,176	0,170	0,138	0,186	0,174	0,173	0,180	0,166

W osadzarce miałowej OM 20 (4.707B) (rys.8) uzyskano współczynniki imperfekcji na poziomie: $I_1=0,210$, przy gęstości rozdziału wynoszącej $\Delta_1=1,390 \text{ g/cm}^3$ dla I st. rozdziału, $I_2=0,121$, przy gęstości rozdziału wynoszącej $\Delta_2=1,609 \text{ g/cm}^3$ dla II st. rozdziału.

Średnia wartość wskaźnika imperfekcji dla badanych osadzarek wyniosła $I=0,173$.

Dla osadzarki OM20 (4.707A) nie określono imperfekcji dla II stopnia rozdziału, z uwagi na śladowe ilości produktu koncentratowego.



Rys. 8. Osadzarka miałowa OM20 KWK Budryk [źródło: opracowanie własne]

5. Podsumowanie

Prace prowadzone przez ITG KOMAG realizowane we współpracy z innymi jednostkami badawczo-rozwojowymi [13, 14, 15, 16, 17, 18], producentami, a w głównej mierze ich użytkownikami [19, 20, 21], zaowocowały powstaniem innowacyjnych rozwiązań technologiczno-konstrukcyjnych osadzarek [22]. Rozwojowi konstrukcyjnemu osadzarek pulsacyjnych typu KOMAG podlegały wszystkie podzespoły, co dało efekty w postaci wzrostu wydajności, poprawy wskaźników dokładności wzbogacania, zmniejszenia zużycia wody technologicznej [23, 24]. Uzyskano zmniejszenie pola powierzchni zabudowy osadzarek, co skutkuje obniżeniem masy.

Poprawę jakości koncentratu węglowego o zadanych parametrach technologicznych osiągnięto między innymi dzięki: modernizacji układu doprowadzenia nadawy na osadzarkę, jak i modernizację układu doprowadzenia powietrza roboczego, automatycznemu sterowaniu mediami oraz modyfikacji zespołu odbioru produktu ciężkiego. Dodatkowo wprowadzenie własnych systemów sterowania osadzarką KOGA [25, 26, 27, 28, 29, 30] umożliwiło zwiększoną kontrolę prowadzenie procesu wzbogacania.

Wnioski z badań osadzarek średnioziarnowych OS18

Przeprowadzone badania technologiczne wykazy prawidłową pracę osadzarek średnioziarnowych OS18, w warunkach ciągłego ruchu Zakładu Przerobczego KWK Budryk.

Uzyskano korzystne wyniki współczynników imperfekcji wahające się w przedziale od $I=0,138$ do $I=0,186$. Osadzarki były pracowały z nominalnym obciążeniem wynoszącym 250 t/h, co korzystnie wpłynęło na przebieg procesu wzbogacania materiału i wyniki rozdziału.

Wnioski z badań osadzarek mialowych OM20

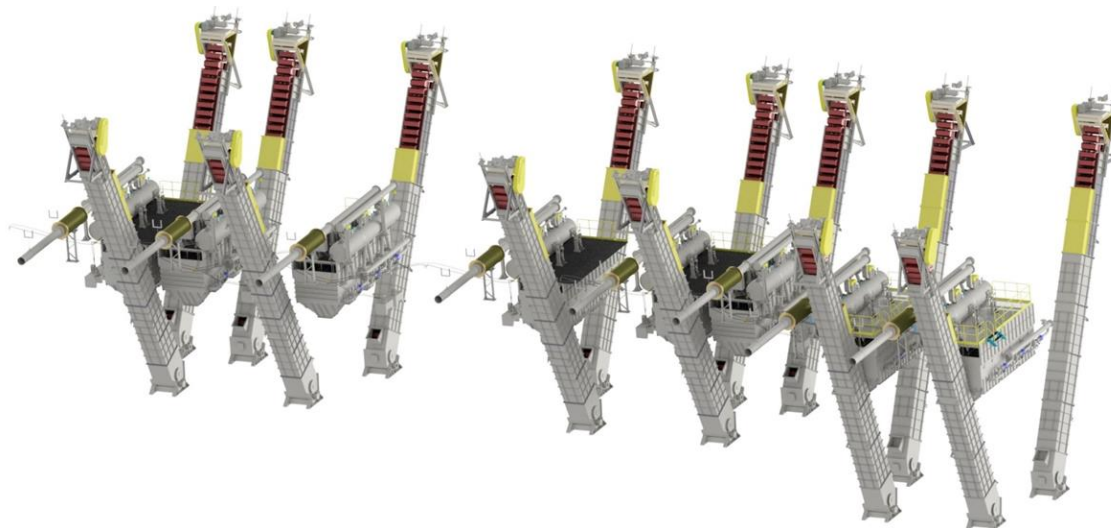
W trakcie badania stwierdzono bardzo niskie, w odniesieniu do rozmiarów osadzarki OM20, obciążenie nadawą zawierające się w przedziale 20-30 t/h, odpowiadające 8-12% nominalnemu obciążeniu wynoszącemu 250 t/h, niekorzystnie wpłynęło na przebieg procesu wzbogacania materiału i wyniki rozdziału.

Z uwagi na znaczną ilość ziaren najdrobniejszych, spowodowanych kruszeniem ziaren nadawy przed jej wzbogacaniem oraz bardzo niskie jednostkowe obciążenie, wynoszące 1,5 t/h na 1 m² powierzchni roboczej, produkt odpadowy jak i produkt pośredni odbierane były wyłącznie w postaci przepadu ziaren przez elastyczne gumowe sita o rozmiarach otworów 4 x15 mm.

Poprawę jakości koncentratu węglowego o zadanych parametrach technologicznych (wzrost wydajności, poprawa wskaźników dokładności wzbogacania, zmniejszenie zużycia wody) osiągnięto między innymi dzięki:

- modernizacji układu doprowadzenia nadawy na osadzarki (przesiewacze odmulające),
- zainstalowaniu systemów sterowania osadzarką KOGASTER,
- zautomatyzowaniu sterowania mediami,
- modyfikacji zespołu odbioru produktu ciężkiego,
- modernizacji urządzeń współpracujących, w tym przesiewaczy i przenośników kubekowych.

Prace modernizacyjne systemów wzbogacania KWK Budryk (rys. 9) prowadzone przez ITG KOMAG realizowano we współpracy z użytkowaniem, co zaowocowało powstaniem innowacyjnych rozwiązań technologiczno-konstrukcyjnych.



Rys. 9. Układ przestrzenny modernizowanych węzłów wzbogacania KWK Budryk
[źródło: opracowanie własne]



References

1. Blaschke St.: Przeróbka mechaniczna kopalin. Wydawnictwo Śląsk. Katowice 1982.
2. Kowol D., Matusiak P.: Improving the quality of hard coal products using the state-of-the-art KOMAG solutions in a pulsating jig nod. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 641, Mineral Engineering Conference (MEC 2019) 16–19 September 2019, Kocierz, Beskid Mały, Poland
3. Matusiak P., Kowol D., Jędo A.: Rozwój konstrukcji i technologii w osadzarkach pulsacyjnych typu KOMAG do wzbogacania węgla kamiennego i innych surowców mineralnych, KOMEKO 2011. W: Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo - Jakość - Efektywność, ITG KOMAG, Gliwice 2011, s. 73-86.
4. Matusiak P., Kowol D.: Rozwój osadzarek pulsacyjnych typu KOMAG. Maszyny Górnicze 2018 nr 2, s. 40-52, ISSN 2450-9442.
5. Osoba, M. Polskie osadzarki wodne pulsacyjne do wzbogacania surowców mineralnych, Inżynieria Mineralna - Journal of the Polish Mineral Engineering Society, 2014, pp. 287-294 (in Polish).
6. Matusiak P., Kowol D., Łagódka M.: Nowe wdrożenia wzbogacalników pulsacyjnych typu KOMAG. KOMEKO 2016, Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo - Jakość - Efektywność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2016 s. 175-189, ISBN 978-83-60708-91-0.
7. Matusiak P., Kowol D.: Maszyny do przeróbki mechanicznej konstruowane w ITG KOMAG. Maszyny Górnicze 2013 nr 2, s. 71-76, ISSN 0209-3693.
8. Matusiak P., Kowol D.: Możliwości poprawy parametrów jakościowych i ilościowych produktów w węźle wzbogacania osadzarkowego. KOMEKO 2012, Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo - Jakość - Efektywność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2012, s. 115-124.
9. Matusiak P., Kowol D.: State-of-the-art pulsating jigs of KOMAG type. Materiały na konferencję: IMTech 2019, Innovative Mining Technologies, Scientific and Technical Conference, Szczyrk, Poland, 25-27 March 2019 s. 1-10, (IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2019 vol. 545) ISSN 1757-899X.
10. Matusiak P. i inni.: Opracowanie koncepcji osadzarki średnioziarnowe OS wraz z urządzeniami współpracującymi na przykładzie wytypowanego zakładu przerobczego, ITG KOMAG, Gliwice 2013. Materiały niepublikowane.
11. Matusiak P. i inni.: „Opracowanie koncepcji osadzarki miałowej OM wraz z urządzeniami współpracującymi na przykładzie wytypowanego zakładu przerobczego”, ITG KOMAG, Gliwice 2013. Materiały niepublikowane.
12. Kowol D., Matusiak P., Łagódka M.: Możliwości zwiększenia efektywności procesu produkcji miałów węgla koksowych poprzez wzrost dokładności wtórnego wzbogacania półproduktu w osadzarkach pulsacyjnych. Masz. Gór. 2018 nr 2 s. 53-64, ISSN 2450-9442.
13. Gouri Charan T., Chattopadhyay U. S., Singh K. M. P, Kabiraj S., Haldar D. D.: Pilot-Scale Baum Jig Washing for Beneficiation of a High-Ash Indian Noncoking Coal, Volume 29, Pages 130-139, 2009.
14. Surowiak A.: Evaluation of the results of coal jigging process. E3S Web of Conferences 18, 01030 (2017), Mineral Engineering Conference MEC 2017.



15. Brożek, M.; Surowiak, A. Argument of separation at upgrading in the JIG, *Archives of Mining Sciences*, 2010, vol. 55 iss. 1, pp. 1–40.
16. Surowiak, A. Influence of particle density distributions of their settling velocity for narrow size fractions, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi = Mineral Resources Management*, 2014, vol. 30 iss.. 1, pp. 105–122 (in Polish).
17. Surowiak, A., Foszcz, D., and Niedoba, T. (2019). Evaluation of jig work on the basis of granulometric analysis of particle size fractions of beneficiation products in purpose of process optimization, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 641, Mineral Engineering Conference MEC2019.
18. Tripathy, A., Panda, L., Sahoo, A.K., Biswal, S.K., Dwari, R.K. and Sahu, A.K. (2016). Statistical optimization study of jiggling process on beneficiation of fine size high ash Indian non-coking coal, *Advanced Powder Technology*, 27, pp. 1219-1224.
19. Gawliński A., Jendrysik S., Kowol D., Rogala-Rojek J., Stankiewicz K., Woszczyński M.: Doświadczenia z badań i wdrożenia systemu sterowania osadzarką pulsacyjną OS36 w KWK Budryk. KOMEKO 2011, Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo - Jakość - Efektywność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2011 s. 137-144.
20. Pielot, J. (2017). Wtórne wzbogacanie węgla kamiennego w osadzarkach i cyklonach wodnych, *Inżynieria Mineralna - Journal of the Polish Mineral Engineering Society*, 2(40), pp. 139–144 (in Polish).
21. Heyduk, A. and Pielot, J. (2014). Economical efficiency assessment of an application of on-line feed particle size analysis to the coal cleaning systems in jigs, *Inżynieria mineralna - Journal of the Polish mineral engineering society*, 2(34), pp. 217-228.
22. Kowol D. i in.: Przegląd rozwiązań konstrukcyjnych zespołów rozrządu powietrza pulsacyjnego w osadzarkach pulsacyjnych. W: *Automatyzacja Procesów Przeróbki Kopalni*, Materiały konferencyjne, Szczyrk 2009.
23. Kowol D.: Badania dynamiki kształtowania się warstw gęstościowych w osadzare przemysłowej. *Masz. Gór.* 2012 nr 1 s. 32-37.
24. Kowol D., Łagódka M.: Badania rozkładu gęstościowego wzbogacanego materiału w strefie rozdziału/odbioru osadzarki pulsacyjnej. KOMEKO 2012, Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo - Jakość - Efektywność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2012 s. 125-137.
25. Jendrysik S., Jasiulek D., Stankiewicz K., Babczyński J.: Implementation of a jig control system at BUDRYK Coal Mine IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 679 2019.
26. Jendrysik S., Kost G.: Control of bucket conveyor's output. *Mechatronics 2017 - Ideas for Industrial Applications*, Editors: Jerzy Świder, Sławomir Kciuk, Maciej Trojnacki, *Advances in Intelligent Systems and Computing* 934, Springer Nature Switzerland AG 2019 s. 192-200, ISBN 978-3-030-15857-6; ISSN 2194-5365.
27. Jendrysik S., Stankiewicz K., Jasiulek D.: Innowacyjne rozwiązania ITG KOMAG w zakresie automatyzacji węzłów osadzarkowych. *Masz. Gór.* 2018 nr 2 s. 65-77, ISSN 2450-9442.
28. Jendrysik S., Woszczyński M., Stankiewicz K., Gawliński A.: Układ sterowania węzłem osadzarkowym. KOMEKO 2013, Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo - Jakość - Efektywność,



Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2013 s. 179-187; 0,53 ark. wyd., ISBN 978-83-60708-71-2.

29. Król J., Krzak Ł., Jendrysik S., Stankiewicz K., Woszczyński M.: Wdrożenie układu sterowania węzłem osadzarkowym w KWK "Sośnica". KOMEKO 2016, Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo - Jakość - Efektywność, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2016 s. 227-237; 0,77 ark. wyd., ISBN 978-83-60708-91
30. Rogala-Rojek J., Stankiewicz K., Jendrysik J.: SCADA class software of the KOGA control system of jig beneficiation node. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 545, Innovative Mining Technologies IMTech 2019 Scientific and Technical Conference 25–27 March 2019, Szczyrk, Poland.