



Wzbogacanie węgla kamiennego w Polsce

Hard coal preparation in Poland

Zofia BLASCHKE ¹⁾

¹⁾ Dr inż.; ul. Radzikowskiego 81/62, 31-315 Kraków; tel.: (+48-12) 638-20-82, e-mail: stanbla@min-pan.krakow.pl

RECENZENCI: dr hab. inż. Eugeniusz MOKRZYCKI, prof. AGH; dr inż. Zbigniew GRUDZIŃSKI

Streszczenie

W artykule przedstawiono zakres wzbogacania węgla w Polsce. Omówiono typowe układy technologiczne stosowane do wzbogacania węgla energetycznego o uziarnieniu + 20 (10) mm i miałów energetycznych oraz układ technologiczny wzbogacania węgla koksowego. Wymieniono również stosowane środki techniczne.

Summary

The paper presents the scope of technology of hard coal preparation in Poland. Typical technological schemes used for steam coal of coarse grains +20 (10) mm, and coal fines are presented. The technological schemes for coking coal is also included. The most important equipment and facilities are described.

1. Wprowadzenie

W Polsce wydobywa się węgle różnych typów. Największy udział w wydobyciu ma węgiel do celów energetycznych. Jest to głównie węgiel płomienny i gazowo-płomienny. Do celów energetycznych wykorzystuje się również węgiel gazowy i przerosty wydzielone podczas wzbogacania węgla do koksovania. Do koksovania wydobywa się węgiel gazowo-koksowy i węgiel ortokoksowy.

Jakość węgla w złożu jest dobra lub bardzo dobra. Urobek węglowy kierowany do zakładów wzbogacania ma niekorzystny (z punktu widzenia przeróbki) skład ziarnowy. Przeważają sortymenty drobne. Udział w urobku ziarn mniejszych od 20 mm wynosi najczęściej 70 – 80%. Urobek a zwłaszcza sortymenty grube są nadmiernie zanieczyszczone skałą płonną pochodzącą z przybierki spągu lub stropu oraz z robót w kamieniu. Występujące w Polsce węgle kamienne są łatwo lub średnio wzbogacalne i można uzyskać ekonomicznie uzasadnione koncentraty o zawartości popiołu umożliwiającej spalanie węgla bez zagrożeń dla środowiska z powodu nadmiernego zapylenia.

Ze względu na obecność w węglu siarki organicznej tylko w wyjątkowych przypadkach można metodami przeróbki mechanicznej uzyskać koncentraty węglowe, których spalanie spowoduje emisję SO₂ mniejszą od 200 g/GJ. Nie ma możliwości produkcji takich koncentratów w ilościach potrzebnych dla energetyki zawodowej.

Poprzez mieszanie węgla z różnych kopalń, można dla wszystkich elektrowni zabezpieczyć węgiel, którego spalanie nie przekroczy wskaźnika emisji SO₂ = 870 g/GJ.

Zakres wzbogacania węgla jest związany z wymaganiami odbiorców. I tak, węgiel do koksovania jest wzbogacany w pełnym zakresie uziarnienia.

1. Introduction

Various types of coal are being mined in Poland. Coal for power generation takes the greatest share in total output. That is mainly flame and gas-flame coal. Also gas coal is used for power generation purposes as well as middlings separated during preparation of coals for coking. Gas-coking and ortho-coking coals are mined for coking purposes.

The coal quality in situ is good or very good. The run-of-mine directed to coal preparation plants has unfavourable (from the viewpoint of washing) grain composition. Fine coal is dominating. The share of grain less than 20 mm in the run-of-mine is mostly 70 – 80%. The gotten and especially coarse coal is excessively impurified with waste rock coming from roof ripping or dinting or from work executed in stone. The Polish hard coals can be easily or medium enriched and it is possible to obtain economically viable concentrates of the ash content, which enables the coal burning without environmental hazards of excessive dust concentration.

Due to the presence of organic sulphur in coal only in exceptional cases such concentrates can be obtained by means of mechanical processing the burning of which will decrease the SO₂ emission lower than 200 g/GJ. Such concentrates cannot be produced in the quantities sufficient for power industry.

By means of mixing coals of different mines it is possible to provide the coal the burning of which will not exceed the SO₂ emission index of 870 g/GJ for all power stations (Blaschke..., 1999).

The range of coal washing is connected with the requirements of the customers. Thus coking coal is washed in its complete volume that had been mined. Steam coal of the grain size +20 mm is washed at all mines. Steam fines are washed in pre-determined

Węgiel do celów energetycznych o uziarnieniu +20 mm jest wzbogacany we wszystkich kopalniach. Miały energetyczne są wzbogacane w ograniczonej ilości. W części kopalń w istniejących zakładach przerobczych obniżono dolną granicę wielkości uziarnienia z 20 do 10 mm co pozwala na wzbogacenie części miałków. Przy części kopalń wybudowano zakłady wzbogacania miałków. Wydajność zakładów nie zawsze jednak odpowiada wielkości wydobywania. Ogółem wzbogaca się około 50% produkowanych miałków.

2. Technologia wzbogacania węgla energetycznego

Proces wzbogacania węgla o uziarnieniu +20 mm realizuje się w separatorach z cieczą ciężką zawieszoną. Jako obciążnika używa się magnetytu. Typowy schemat technologii wzbogacania węgla energetycznego o uziarnieniu +20 mm przedstawiono na rys. 1.

Węgiel surowy jest kierowany do klasyfikacji wstępnej na przesiewaczach wibracyjnych o ruchu kołowym PWK-1 (1) wyposażonych w sita o otworach 200 mm. Ziarna większe od 200 mm są kierowane do kruszenia w kruszarkach szczękowych KWK-200 U (2). Następnie węgiel jest kierowany na przesiewacz PZ 2675 (3) wyposażony w sita szczelinowe o szerokości szczeliny 20 mm. Klasę ziarnową 200-20 mm kieruje się do odmulania na przesiewaczu o ruchu kołowym WK-1 (4) a następnie do wzbogacania w separatorze DISA - 2S-300 (7). Regulacja i pomiar gęstości cieczy ciężkiej odbywa się automatycznie. Koncentrat odwadnia się i pozbawia obciążnika kolejno na sitach nieruchomych (8) i przesiewaczach z natryskami wodnymi (9). Przesącz kieruje się do rekuperatorów magnetycznych MR - 9/204 (10, 11) gdzie odzyskuje się magnetyt. Odwodniony koncentrat kieruje się do klasyfikacji końcowej (12, 13) na sortymenty: Kostka, Orzech i Groszek. W przypadku braku zapotrzebowania na sortymenty grube lub średnie można węgiel kruszyć (17) i podawać go do zbiornika miału surowego. Odwodnione i pozbawione obciążnika odpady kieruje się do zbiornika odpadów i wywozi na składowisko.

Zakład pracuje z zamkniętym obiegiem wody technologicznej. Przesącz z przesiewacza odmulającego (4) jest kierowany na sito (5). Przesącz z sita 5 razem z produktem niemagnetycznym z separatora (11) jest kierowany do rzędza klasyfikacyjnego (14) z którego wylew jest zwracany na sito (5). Produkt wstępnie odwodniony na sicie (5) jest odwadniany na przesiewaczu wibracyjnym o ruchu prostoliniowym (6). Odwodniony produkt jest kierowany do zbiornika miału. Przelew z rzędza klasyfikacyjnego jest kierowany do zagęszczania i filtracji.

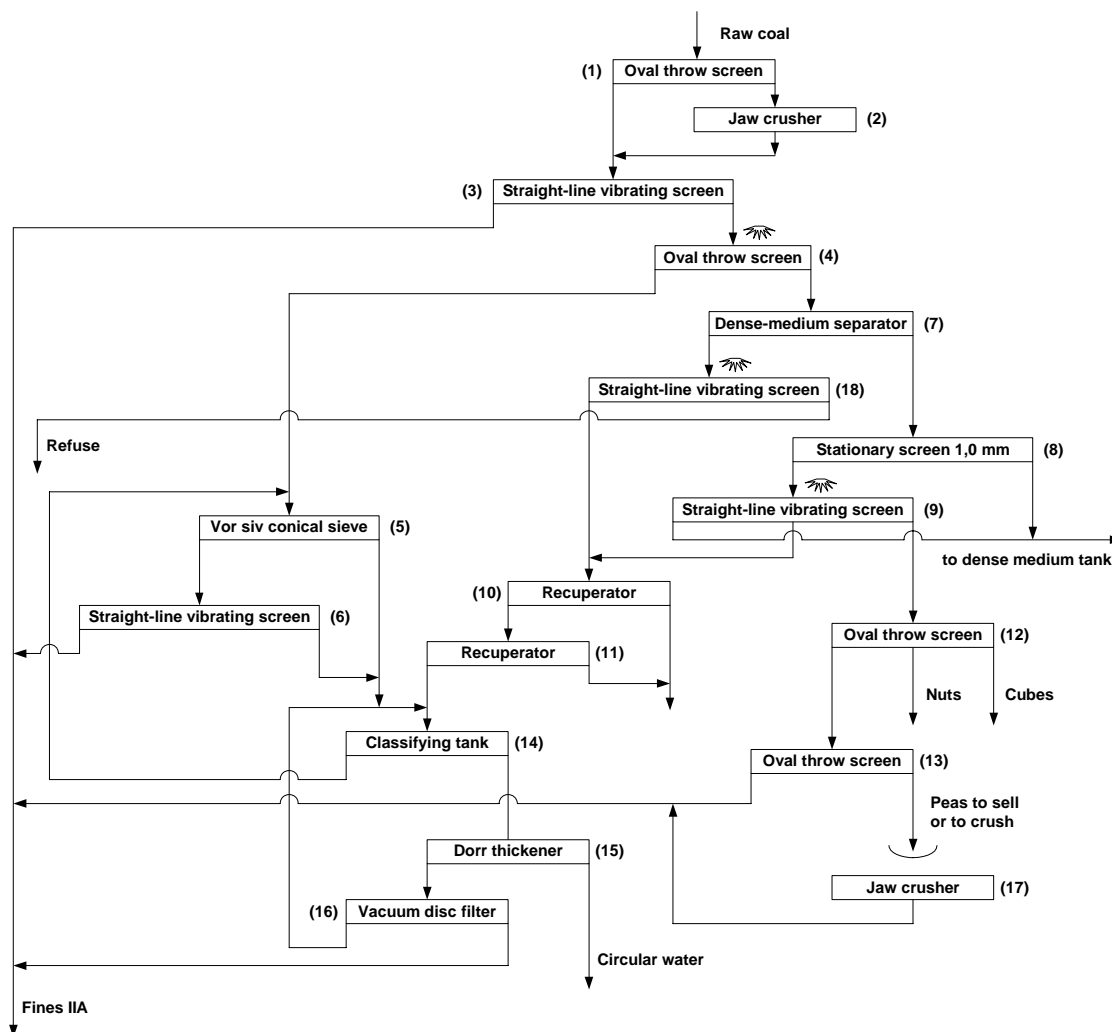
volumes. In some of the mines at their coal preparation plants the lower limit of grain size has been reduced from 20 to 10 mm what allows washing of some of the fines (Blaschke..., 1989). At some of the mines, plants have been constructed for washing of steam fines. The throughput of the plants does not, anyhow, always responds to the production volume. In total about 50% of produced steam coal fines are being washed.

2. Technology of steam coal washing

The process of coal washing of the grain size +20 mm is realised in dense medium separators. Magnetite is used as a thickener. A typical technological flow sheet of steam coal washing with the grain size +20 mm is presented in Fig. 1 (Sztaba..., 1997).

The raw coal is directed for pre-classification at vibration PWK-1 (1) screens with a rotary movement provided with screens of 200 mm. Grains greater than 200 mm are directed for crushing at KWK-200U (2) jaw crushers. Then the coal is forwarded to PZ 2675 (3) screen equipped with slotted sieves of the slot's width 20 mm. The grain class +20-200 mm is forwarded for de-sliming at the screen with rotary motion WK-1 (4) and then for treatment in DISA - 2S-300 (7) classifiers. The regulation and measurement of dense medium thickness is done automatically. The concentrate is dewatered and the thickness is got rid off on stable screens (8) and screens with water sprays (9). Filtrate is directed to magnetic recuperator MR - 9/204 (10, 11) where the magnetite is recovered. Dewatered concentrate is sent for final classification (12, 13) into size grades: cobbles, nuts, peas. In case there is lack of demand for coarse or middle size grades the coal can be crushed (17) and sent to raw coal bins. The rejects that had been dewatered and from which the magnetite had been recovered are sent to waste bins and transported into waste piles.

The plant operates with a closed water technological circuit. The filtrate from the de-sliming screen (4) is sent to a sieve (5). The filtrate from the sieve (5), together with the non-magnetic product from the separator (11) is directed to a classification sump (14) from which the overflow is sent back to the sieve (5). The product, initially dewatered on the sieve (5) is then dewatered on vibrating screens with linear motion (6). The dewatered product is directed to the fine coal bin. The overflow from the classification sump is sent for thickening and filtration.



Rys. 1
Schemat technologiczny wzbogacania węgla
o uziarnieniu +20 mm

Fig. 1
The technological scheme of the steam coal
preparation plant

Proces zagęszczania odbywa się w zagęszczaczach promieniowych a filtracja na filtrach próżniowych tarczowych (16). Placek filtracyjny kieruje się do zbiornika miazgi surowego.

Kontrolę produktów handlowych prowadzi się przy użyciu systemu do ciągłego pomiaru jakości węgla „AIFA-03”.

Ciągi technologiczne wzbogacania węgla o uziarnieniu +20 mm są praktycznie jednakowe we wszystkich płuczkach węglowych. Poszczególne zakłady różnią się wyposażeniem technicznym np. mają zamontowane różnego typu separatory DISA, przesiewacze lub filtry. Zakłady w początkowym okresie ich eksploatacji były wyposażone w urządzenia produkcji krajowej. W sposób ciągły prowadzi się modernizację zakładów przerobczych. W ramach modernizacji w wielu przypadkach w miejsce zużytych urządzeń produkcji krajowej montuje się urządzenia importowane. Najczęściej wymienia się

The thickening process is realised in radial thickeners and filtration at disc vacuum filters (16). Filtration cake is directed to raw coal bin.

The control of commercial products is carried out with the use of a continuous system of coal quality measurement “AIFA-03”.

Technological circuits for treatment of coal with grain size +20 mm are practically identical in all coal washing plants. Particular plants differ one from another in technical equipment. They have, for instance, installed different types of DISA separators, screens or filter.

The plants at their beginning period of operation used to be equipped with Polish machines. Modernisation of the plants is being done on current basis. Within the modernisation in many cases foreign make equipment is being installed in the place of the Polish one. Most frequently, screens are being replaced for initiation classification (3) in

przesiewacze do klasyfikacji wstępnej (3) zastępując przesiewacze produkcji krajowej przesiewaczami z importu (Niemcy, USA).

Jakość produktów handlowych (sortymentów grubych i średnich) jest bardzo dobra. Średnia zawartość popiołu wynosi około 6%, siarki poniżej 0,64% a wartość opałowa ~ 28 000 kJ/kg.

W zakresie wzbogacania miałow energetycznych obserwuje się znaczne zróżnicowanie technologii. miały wzbogaca się głównie w osadzarkach pulsacyjnych, które są produkcji krajowej lub z importu (Baum, Humboldt, Allmineral) ale również w hydrocyklonach (Water Only) (4 zakłady), w hydrocyklonach z cieczą ciężką zawiesinową (1 zakład), w wzbogacalnikach Barrel'a (2 zakłady), wzbogacalnikach wibrofluidalnych (1 zakład).

Koncentraty z osadzarek odwadnia się wstępnie na sitach OSO a następnie w wirówkach sitowych produkcji krajowej (WOW, Nael-3) lub importowanych (Niemcy, Anglia, USA, Australia). Koncentraty drobnouziarnione odwadnia się na filtrach próżniowych, filtrach ciśnieniowych Andritz lub wirówkach bezsitowych (Bird). Drobnouziarnione odpady odwadnia się na prasach filtracyjnych produkcji krajowej lub na prasach filtracyjnych taśmowych importowanych (typu Andritz, typu Pieralisi). Muły o uziarnieniu +0,1 mm (+0,04 mm) wzbogaca się na spiralach (5 zakładów), flotacyjnie (2 zakłady).

W pozostałych przypadkach miały kieruje się do procesu klasyfikacji, zagęszczania i filtracji.

Zakłady wzbogacania miałow zostały wybudowane w ostatnich kilku latach. Były to bardzo kosztowne inwestycje. W budowie większości zakładów uczestniczyły firmy zagraniczne. Zakłady wyposażone zostały w nowoczesne środki techniczne importowane z Niemiec, Austrii, Australii, USA, Anglii i innych krajów. Część zakładów pracuje w pełnej automatyce.

Na rysunku 2 przedstawiono układ technologiczny wzbogacania i odsiarczania miału.

Klasa ziarnowa 30 – 0 mm, wydzielona w klasyfikacji wstępnej, w zakładzie wzbogacania ziarn grubych jest kierowana na przesiewacze typu Livella (1), gdzie wydziela się dwie klasy ziarnowe 30 – 2,0 i 2,0 – 0 mm. Klasę ziarnową 30 – 2 mm wzbogaca się w osadzarkach firmy Allmineral. Zamontowana osadzarka jest trójproduktowa ale obecnie pracuje jako dwuproduktowa. Odpady z osadzarki kieruje się na składowisko. Koncentrat z osadzarki odwadnia się na przesiewaczu (3) wibracyjnym dwupokładowym (\varnothing 10, \varnothing 2). Klasę ziarnową 30 – 10 mm kieruje się do zbiornika koncentratu. Klasę ziarnową 10 – 2 mm kieruje się do odwadniania w wirówce wibracyjnej.

Klasę ziarnową 2,0 – 0 razem z przesączem z przesiewacza (1) klasyfikuje się w hydrocyklo-

which case Polish make screens are replaced with those from imports (Germany, USA).

The quality of commercial products (coarse and medium grain sizes) is very good. The average ash content is 6%, sulphur below 0,64% and thermal value ~ 28 000kJ/kg.

With regard to washing of steam coal fines one can observe a considerable differentiation in technologies. Fines are washed mainly in pulsation jigs both of Polish make and from imports (Baum, Humboldt, Allmineral) but also in hydro-cyclones (Water only) (4 plants), in hydro-cyclones with dense medium (1 plant) and in Barrel's separators (2 plants), vibration-fluidal washers (1 plant).

Concentrates from jigs are preliminary dewatered at vor siv conical sieves and then sieve centrifuges of home production (WOW, Nael-3) or from imports (Germany, England, USA, Australia). Concentrates of fine coal are dewatered at vacuum filters; Andritz pressure filters or sieve-less centrifuges (Bird). Fine-grained wastes are dewatered at filter presses of home production or at belt filter presses from imports (Andritz or Pieralisi type). Slimes with grain size + 0,1 mm (+0,04 mm) are treated at spirals (5 plants), and in flotation (4 plants).

In remaining cases, slimes are directed for classification process, thickening and filtration.

Fine coal preparation plants have been constructed within the latest few years. Those were very advantageous investments. In construction of majority of those new plants foreign companies were participating. The plants have been equipped with modern technical means imported from Germany, Austria, Australia, USA, England and other countries. Some of those plants are fully automated.

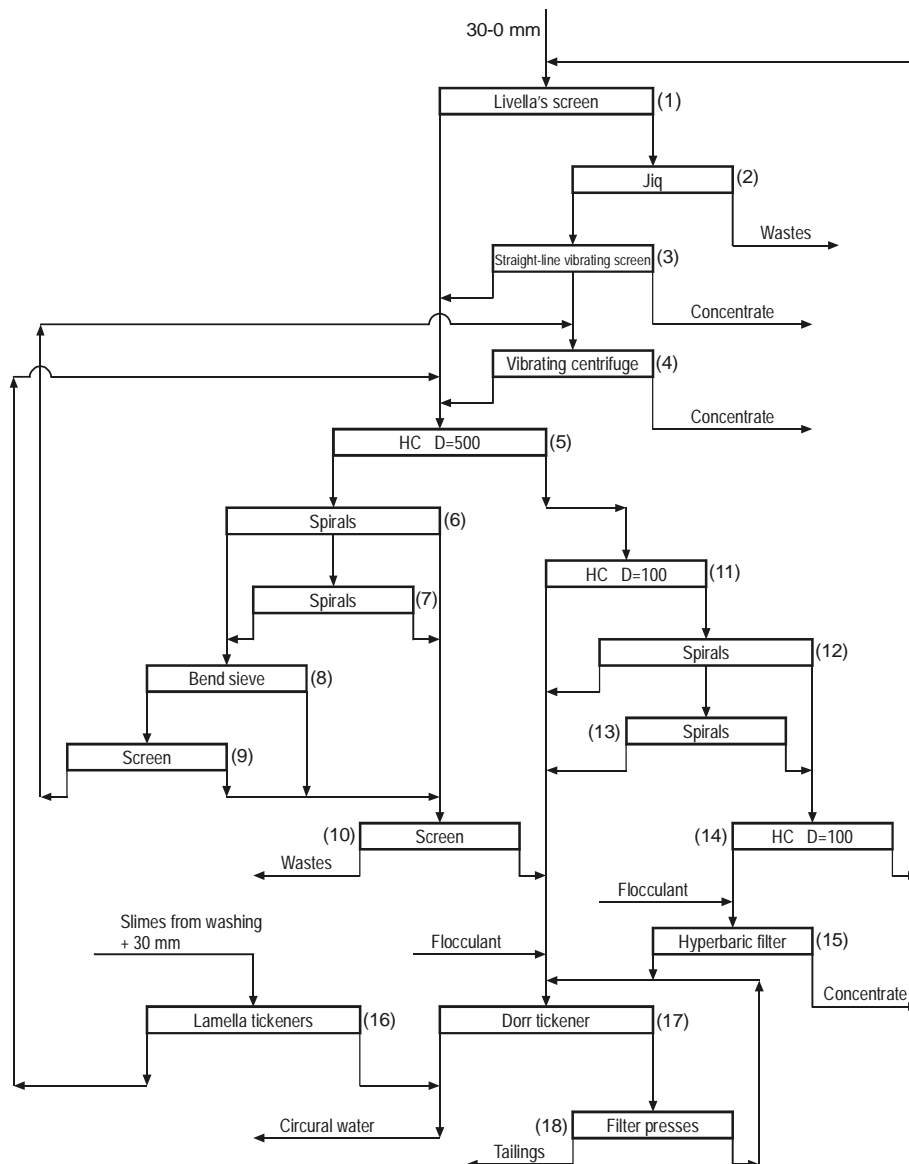
Fig. 2 presents technological flow sheet of washing and desulphurisation of fines.

Grain size +30 mm, separated in initial classification in the plant of coarse grain sizes treatment is directed for Livell (1) screen where two grain sizes are separated +2,0 – 30 mm, and –2,0 mm. The grain size +2 – 30 mm is washed in Allmineral jigs. The installed jig is a three product machine but at present, it operates as a two-product one. The reject from the jig is sent to a waste pile. Concentrate from the jig is de-watered at the double deck vibrating screen (\varnothing 10, \varnothing 2) (3). The grain size +10 – 30 mm is directed to a concentrate tank. The grain size +2 – 10 mm is forwarded to dewatering at vibrating centrifuge.

The grain size –2,0 mm together with filtrate from the screen (1) is treated in Hölter hydro-cyclones D = 500 with the separation limit grain size 0,5 mm. The overflow is treated in hydrocyclones D = 150 mm with the separation limit gains size

nach $D = 500$ firmy Hölder przy ziarnie podziałowym $0,5$ mm. Przelew klasyfikuje się na hydrocyklonach $D = 150$ mm przy ziarnie podziałowym $0,04$ mm. Klasy ziarnowe $2,0 - 0$ mm i $0,5 - 0,04$ mm wzbogaca się na spiralach. Koncentrat o uziarnieniu $2,0 - 0,5$ mm odwadnia się kolejno na sicie łukowym (8), przesiewaczu (9) i w wirówkach (4).

$0,04$ mm. Grain sizes $+0,5 - 2,0$ mm and $+0,04 - 0,5$ mm are treated at spirals. Concentrate of grain size $+0,5 - 2,0$ mm is dewatered successively at bend sieve (8), screen (9) and centrifuges (4).



Rys. 2
Schemat technologiczny wzbogacania i odsiarczania
miału węgla energetycznego

Fig. 2
The technological scheme of the coal fines preparation
and desulphurization plants

Odpady $2,0 - 0,5$ mm odwadnia się na przesiewaczu i kieruje na składowisko.

Koncentrat o uziarnieniu $0,5 - 0,04$ mm zagęszcza się w hydrocyklonach $D = 100$ i odwadnia w filtrach hiperbarycznych firmy Andritz. Przelew z hydrocyklonów $D = 150$, odpady ze spirali (11) i (12) oraz przesącz z przesiewacza (10) są kierowane do zagęszczacza promieniowego typu Dorra.

Rejects $+0,5 - 2,0$ mm are dewatered at a screen are directed for a waste pile.

Concentrate of grain size $+0,04 - 0,5$ mm is thickened in hydrocyclones $D = 100$ and dewatered at hyper-baric filters by Andritz. Overflow from hydrocyclones $D = 100$, rejects from the spirals (11) and (12) and filtrate from the screen (10) are sent to Dorr radial thickeners. The sediment is dewatered at

Osad odwadnia się na prasach filtracyjnych (18). Zakład został wybudowany w kooperacji z firmą Montan Consulting GmbH Dortmund.

3. Technologia wzbogacania węgla koksowego

Węgiel koksowy jest wzbogacany w pełnym zakresie uziarnienia. Węgiel o uziarnieniu +20 mm wzbogaca się w osadzarkach ziarnowych lub separatorach typu DISA. Miałby wzbogaca się w osadzarkach. W procesie wzbogacania grawitacyjnego wydziela się trzy produkty: koncentrat, przerosty i odpady. Przerosty wykorzystuje się jako węgiel energetyczny. Istnieje również możliwość kruszenia przerostów i powtórnego wzbogacania.

Muły (>0,5 (0,3) mm) wzbogaca się metodą flotacji pianowej we flotownikach produkcji krajowej (PA-38, PA-6X, IZ-5, IZ-12, FLOKOB-12, FLOKOB-24, FLOKOB-40) lub importowanych (Denver, Allmineral). Koncentraty flotacyjne odwadnia się na filtrach próżniowych. Obecnie w kilku zakładach zastępuje się filtry próżniowe wirówkami z importu. Modernizacja węzła odwadniania ma na celu wyeliminowanie procesu suszenia.

Odpady flotacyjne zagęszcza się w zagęszczaczach promieniowych typu Dorra. Osad jest odwadniany w prasach filtracyjnych produkcji krajowej lub na taśmowych prasach filtracyjnych.

Typowy dla wzbogacania węgla koksowego schemat technologiczny przedstawiono na rys. 3.

filter presses (18). The plant has been constructed in co-operation with the Montan Consulting GmbH Dortmund (Blaschke..., 1994).

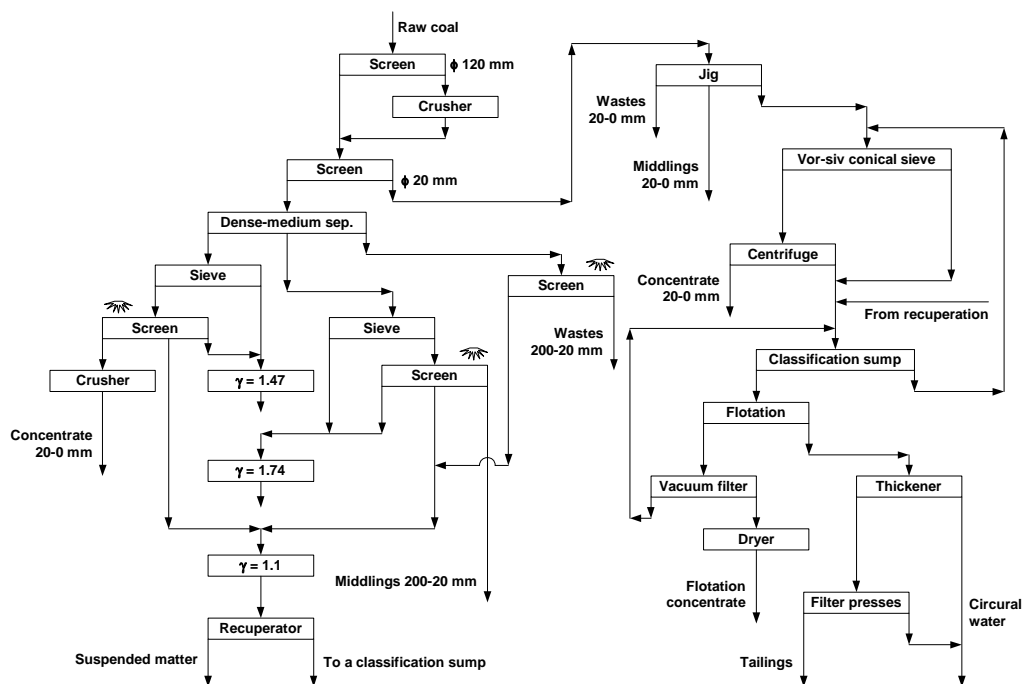
3. Technologies of coking coal preparation

Coking coal is treated in full range of grain sizes. Coal of grain sizes +20 mm is treated in grain jigs or DISA separators. Fines are washed in jigs. In the process of gravity, separation three products are being separated: concentrate, middlings and rejects. Middlings are used as steam coal. There is also a possibility of crushing of middlings and their re-treatment.

Slimes +0,5, (0,3) mm are washed by foam flotation methods in flotation machines of home production (PA-38, PA-6X, IZ-5, IZ-12, FLOKOB-12, FLOKOB-24, FLOKOB-40) or imported ones (Denver, Allmineral). Flotation concentrates are de-watered at vacuum filters. At present vacuum filters in several plants are being replaced with imported centrifuges. Modernisation of the dewatering nod is targeted at elimination of drying process.

Flotation tailings are thickened in Dorr radial thickeners. The sediment is dewatered at home production filter presses or at belt filter presses.

A typical technological flow sheet of steam coking coal washing with is presented in Fig. 3.



Rys. 3
Schemat technologiczny wzbogacania węgla koksowego

Fig.3
The technological schema of the coking coal preparation plant

4. Perspektywy rozwoju przeróbki węgla

Rosnące stale wymagania odnośnie ochrony środowiska oraz rosnące koszty transportu będą sprzyjały rozwojowi wzbogacania węgla.

W najbliższym okresie poszerzy się zakres wzbogacania mialów ponieważ jest w budowie duży zakład wzbogacania mialów przy KWK „Piast” oraz zostaną wykorzystane do wzbogacania mialów zakłady przerobcze istniejące przy likwidowanych kopalniach, miały z KWK „Janina” będą wzbogacane w Zakładzie Wzbogacania i Odsiarczania Mialów przy KWK „Siersza”.

W zakładach przerobczych będą czynione działania w celu poprawienia dokładności wzbogacania a także muszą być podjęte inwestycje pozwalające na przygotowywanie mieszanek o stabilnych parametrach jakościowych.

4. Prospects of coal preparation development

The ever-growing requirements by environment protection and transport costs will favour a development of coal preparation (Blaschke..., 1993).

In the future the modernisation of the plants will be done continuously.

Within the oncoming period the scope of fines washing will be extended since a large plant for fines washing is being constructed at “Piast” mine and the existing plants for fine steam coal washing at the mines that have been liquidated will be used by other mines. Fines from “Janina” mines will be treated at Coal Preparation and Desulphurisation Plant at “Siersza” mine.

Actions will be taken in coal preparation plants to improve accuracy of washing and investments allowing for preparation of mixtures with stable quality parameters.

5. Literatura — References

1. Blaschke, Z. 1989. *Study of fine power coal washability*. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*. 5(3): pp. 627–645. Kraków: Wydawnictwo PAN.
2. Blaschke, Z. & Gawlik L. 1993. *Optimal Quality of Coal Concentrates for Power Industry; Proc. Intern. Symp., Energex'93 The 5th International Energy Conference*. Seoul, Korea.
3. Blaschke, Z. & Blaschke, Zb. 1994. *The congress technical tours to coal preparation plants. New trends in coal preparation technologies and equipment. Proceedings of the 12th International Coal Preparation Congress*. Cracow, Poland, 23–27 may 1994: pp. 973-979. Gordon and Breach Publishers.
4. Sztaba, K. & Blaschke, Z. 1997. *The possibilities and principles of application of enriched coals as ecological fuels in average Polish conditions*. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi* 13(4): pp. 461–469. Kraków: Wydawnictwo PAN.
5. Blaschke, Z. 1999. *The quality of hard power coal in the light of environment protection regulations*. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi* 15(4): pp. 59–70. Kraków: Wydawnictwo PAN.
6. Blaschke Z. 2000. *Coal preparation in Poland: Present practice and perspectives. Proceedings of the American-Polish mining symposium: Mining in the New Millenium Challenges and Opportunities*. pp. 231-236 . Balkema, Rotterdam, Brookfield.