

Wibroakustyczna diagnostyka stanu technicznego łożysk tocznych

Streszczenie

W artykule przedstawiono metodologię diagnozowania stanu technicznego łożysk tocznych na podstawie analizy widma sygnałów wibroakustycznych mierzonych na obudowie łożysk. Przedstawiono rodzaje uszkodzeń łożysk tocznych wraz z krótkim ich opisem oraz pokazano tablicę diagnostycznych kryteriów, na podstawie których można określać miejsca występowania tych uszkodzeń. Opisana metoda ma charakter uniwersalny i może być stosowana do diagnozowania stanu technicznego łożysk w dowolnych maszynach obrotowych pracujących w różnych gałęziach przemysłowych.

Summary

Methodology of diagnosing the rolling bearings technical condition on the basis of analyzing the vibration-and-acoustic spectrum measured on bearings casing was presented. Types of rolling bearings damages with a short description were given as well as a diagnostics table of criteria, which enable to identify the places of damages occurrence was shown. The described method has a universal character and can be used for diagnosing of technical condition of bearings in any rotational machine operating in any of industrial branches.

1. Wstęp

Łożyska toczne występują w prawie wszystkich rodzajach maszyn obrotowych w różnych gałęziach przemysłu. Diagnozowanie stanu łożysk, jakości ich wykonania i montażu, wielkości zużycia eksploatacyjnego, czy wręcz poziomu degradacji własności materiałowych poszczególnych elementów na podstawie analizy sygnałów wibroakustycznych stało się w ostatnich latach ogólnie przyjętym standardem.

W pracy [1] wskazuje się, że na skrócenie okresu użytkowania łożyska tocznego mogą mieć wpływ w 36% zbyt ubogie smarowania, w 14% zanieczyszczenia, w 16% błędy montażowe i eksploatacyjne, w tym niewspółosiowość, erozja elektryczna, niewłaściwy montaż oraz drgania występujące w czasie postoju, a wywołane przez sąsiadujące urządzenia lub maszyny. Powszechnie stosowaną metodą zapobiegania tego rodzaju awariom, jest planowa wymiana łożysk, które przepracowały założoną liczbę cykli. Praktyka jednakże pokazuje, że większość łożysk może pracować od 2-5 razy dłużej od zakładanej.

W pracy [1] wskazuje się, że aż 34% łożysk tocznych demontowano zbyt wcześnie wskutek braku oceny rzeczywistego stanu technicznego. Dlatego też w ostatnich czasach przyjmuje się eksploatację łożysk tocznych na podstawie ich stanu technicznego, do określenia którego stosuje się modele diagnostyczne. Podczas budowy diagnostycznego modelu maszyn wykorzystywanych w różnych gałęziach przemysłu często powstają problemy związane z przyjęciem ogólnego modelu diagnostycznego dla grupy tych samych maszyn.

Najbardziej ogólnym podejściem do tego zagadnienia jest budowa modeli dla węzłów mających jednakowo fizyczny układ sił wymuszających. Takimi węzłami są na przykład łożyska toczne czy ślizgowe, gdzie większość defektów powstaje na powierzchniach trących i dla tych węzłów można posłużyć się tym samym diagnostycznym modelem.

Praca niniejsza podaje algorytm diagnozowania stanu technicznego łożyska tocznego na podstawie analizy widma i obwiedni drgań mierzonych na obudowie maszyny. Opisany algorytm diagnozowania stanu technicznego łożyska ma charakter uniwersalny i może być stosowany praktycznie we wszystkich gałęziach przemysłowych.

2. Podstawowe rodzaje uszkodzeń łożysk tocznych

Podstawowymi formami zużycia łożysk według [3] są:

- zużycie spowodowane cząstkami ściernymi polegające na słabych wgnieceniach na bieżniach i elementach tocznych,
- zużycie spowodowane niedostatecznym smarowaniem, objawiające się wypolerowanymi na wysoki połysk bieżniami, a po pewnym czasie niebiesko-brązowym odbarwieniem,
- zużycie spowodowane drganiami, objawiające się podłużnymi wgnieceniami w łożyskach walcowych, okrągłymi wgłębieniami w łożyskach kulkowych (wgłębienia w łożyskach są na dnie świejące, błyszczące lub rdzawe),

- wgniecenia na obu pierścieniach odpowiednio do rozstawu elementów tocznych spowodowane wadliwą zabudową i przeciążeniem,
- słabe wgniecenia na bieżniach i na elementach tocznych spowodowane obcymi cząsteczkami,
- żłobki i odbarwienia na wałeczkach i bieżniach na wejściu do obciążonej strefy łożyska z powodu ślizgania się wałeczków na bieżniach,
- korozja cierna powstała przy ruchu względnym pomiędzy łożyskiem a wałem lub oprawą,
- ciemnobrązowe lub szaro-czarne żłobki, albo kraterzy na powierzchniach bieżnych i na elementach tocznych spowodowane w wyniku przepływu prądu,
- łuszczenie w postaci silnie odcisniętego śladu współpracy na powierzchniach bieżnych w wyniku napięcia wstępnego,
- łuszczenie w postaci silnie odcisniętego śladu współpracy na dwóch diametralnie przeciwległych odcinkach bieżni jednego z obu pierścieni z łuszczeniem w tych zakresach z powodu odkształcenia owalnego,
- łuszczenie w wyniku niewspółosiowości łożyska kulkowego z rozpoznawalnymi śladami współpracy na dwóch diagonalnie przeciwległych miejscach,
- łuszczenie w wyniku korozji czarnej,
- łuszczenia w postaci bardzo błyszczących lub skorodowanych marszczeń albo kraterów spowodowane drganiami w stanie bezruchu lub ciemne wypalone kraterzy powstałe w wyniku przepływu prądu,
- pęknięcia spowodowane korozją cierną na pierścieniu wewnętrznym i podłużne pęknięcia na pierścieniu zewnętrznym wraz z korozją cierną,
- pęknięcia lub wyłamania z reguły na powierzchniach bocznych w wyniku niefachowego obchodzenia się.

Defekty wykonawcze łożysk występują w postaci odstępstw wymiarowych elementów tocznych i trajektorii ich ruchu od teoretycznych. Są to owalność i kręwdziowanie podczas toczenia, odstępstwa wymiarowe elementów tocznych, itp. Wszystko to wpływa na drgania łożyskowanego wału. Oprócz tego pogorszenie parametrów chropowatości powierzchni zmienia poziom wysokoczęstotliwościowych drgań i hałasu łożyska wywołanych siłami tarcia.

Defekty montażu łożyska i maszyny jako całości spowodowane są niezachowaniem tolerancji wykonawczych powierzchni montażowych łożysk, co często wywołuje powstawanie dodatkowych sił promieniowych działających na elementy toczne, wywołane wstępnym radialnym naciągami. Może to być spowodowane przekoszeniem wewnętrznego lub zewnętrznego pierścienia, nieosiowością wałów, niesymetrią pierścieni łożysk lub wału.

Defekty eksploatacyjne łożysk pojawiają się w wyniku niedostatecznego smarowania, erozji powierzchni tocznych, rakowin, tarcia, uszkodzenia separatora. W początkowym etapie rozwoju tych uszkodzeń ich wpływ na drgania wału jest bardzo mały, zmienia jedynie wielkość i własności sił tarcia, co jest powodem zwiększenia amplitud wysokoczęstotliwościowych drgań i szumu, dodatkowo wywołanych mikroudarowymi oddziaływaniami. Zarodkowane defekty eksploatacyjne mogą nie zmienić poziomu drgań i hałasu, a wywołać jedynie modulację wysokoczęstotliwościowych składowych lub pojawić się w formie udarowych impulsów w charakterystyce czasowej. Przy znacznych uszkodzeniach zmienia się geometria powierzchni tocznych, co jest powodem wzrostu amplitud średnioczęstotliwościowych drgań łożysk tocznych. Przy dalszym wzroście uszkodzeń wzrasta niskoczęstotliwościowa amplituda drgań wału, co powoduje wzrost nisko i średniczęstotliwościowych drgań całej maszyny. W początkowym stadium uszkodzenia łożyska drgania maszyny na niskich częstotliwościach mogą ulec obniżeniu, z powodu zaburzenia nieokresowości drgań. Jednakże w pasmach średnio- i wysokoczęstotliwościowych obserwuje się szybki wzrost amplitud drgań.

Najbardziej groźnymi uszkodzeniami łożysk są rakowiny pojawiające się jednocześnie w różnych miejscach powierzchni tocznych, powodujące pojawienie się rozrywających sił separatora, a także wżery i pitting na elementach tocznych, prowadzące do ściernego uszkodzenia separatora.

Innym rodzajem eksploatacyjnego uszkodzenia łożyska jest zużycie ściernie spowodowane pogorszeniem się jakości środka smarnego z powodu jego zanieczyszczenia czy też starzenia się. Ten etap budowy diagnostycznego modelu polega na przeprowadzeniu analizy składowych drgań i hałasu łożyska, które pojawiają się i rosną w wyniku rozwoju typowych defektów.

3. Diagnostyczny model uszkodzeń łożysk tocznych

W celu zbudowania diagnostycznego modelu dowolnego węzła maszyny lub urządzenia konieczne jest zrealizowanie następujących czynności:

1. Określenie typowych defektów, od których zależy resurs węzła maszyny, na podstawie analizy statystycznej odchyleń.
2. Przeprowadzenie analizy funkcjonalnościowej maszyny (węzła kinematycznego) z oceną sił wymuszających drgania i hałas.
3. Ocenienie wpływu defektów na parametry drgań lub akustycznego hałasu i wybranie tych, które niosą największą informację o uszkodzeniu.

4. Ocenienie wpływu warunków pracy na parametry maszyny i wybór takich które w znacznym stopniu zależą od powstałych defektów, natomiast słabo od warunków normalnej eksploatacji.
5. Wybór optymalnego zestawu diagnostycznych parametrów dla kontroli rozwoju wszystkich typowych defektów, mających wpływ na resurs diagnostowanego węzła lub całej maszyny.
6. Wyznaczenie progowych wielkości diagnostycznych parametrów dla każdego rodzaju defektu.

Podczas budowy diagnostycznego modelu łożyska konieczna jest znajomość korelacji pomiędzy rodzajem uszkodzenia a wibroakustycznym symptomem, rozumianym tutaj jako objaw uszkodzenia; zjawisko, dzięki któremu zaobserwuje się uszkodzenie, nie występujące w obiekcie zdającym [4].

3.1. Wibroakustyczne symptomy uszkodzenia łożysk tocznych

Opisane wcześniej rodzaje uszkodzeń łożysk tocznych można wykryć przy zastosowaniu analizy spektralnej widma drgań i hałasu łożyska. Analizę widma przeprowadza się na podstawie zmierzonego sygnału czasowego w paśmie do 20 kHz. Przyjmuje się umownie, że sygnał niskoczęstotliwościowy – WN to sygnał w paśmie poniżej 200÷300 Hz, sygnał średniczęstotliwościowy – WS to sygnał w paśmie od 200÷300 do 1÷3 kHz i wreszcie sygnał wysokoczęstotliwościowy – WW to sygnał powyżej 1÷3 kHz.

W celu wyznaczenia charakterystycznych częstotliwości uszkodzenia elementów łożyska konieczna jest znajomość następujących jego parametrów:

- z – liczba elementów tocznych w rzędzie,
- n – względna prędkość obrotowa pierścieni łożyska, obr/min,
- D_o – średnica elementów tocznych,
- d_m – średnica podziałowa, mm,
- α – kąt działania łożyska.

Dane te pozwalają wyznaczyć charakterystyczne częstotliwości uszkodzenia [5]:

- a) częstotliwość charakterystyczna dla uszkodzenia pierścienia zewnętrznego, Hz:

$$f_{pz} = \frac{z}{2} \cdot \frac{n}{60} \cdot \left(1 - \frac{D_o}{d_m} \cdot \cos \alpha \right) \quad (1)$$

- b) częstotliwość charakterystyczną dla uszkodzenia pierścienia wewnętrznego, Hz:

$$f_{pw} = \frac{z}{2} \cdot \frac{n}{60} \cdot \left(1 + \frac{D_o}{d_m} \cdot \cos \alpha \right) \quad (2)$$

- c) częstotliwość charakterystyczną dla uszkodzenia elementów tocznych, Hz:

$$f_{ET} = 2 \cdot \frac{D_o}{d_m} \cdot \frac{n}{60} \cdot \left[1 - \left(\frac{D_o}{d_m} \cdot \cos \alpha \right)^2 \right] \quad (3)$$

- d) częstotliwość charakterystyczną dla uszkodzenia koszyka, Hz:

$$f_k = \frac{1}{2} \cdot \frac{n}{60} \cdot \left(1 - \frac{D_o}{d_m} \cdot \cos \alpha \right) \quad (4)$$

- e) częstotliwość pracy łożyskowanego wału:

$$f_w = \frac{n}{60} \quad (5)$$

W praktyce należy korzystać z gotowych programów firm produkujących łożyska toczne, np. program ATLAS firmy SKF. Podają one charakterystyczne częstotliwości uszkodzenia elementów łożyska. Korzystanie z gotowych programów podyktowane jest faktem, że w praktyce trudno jest wyznaczyć kąt działania łożyska, przy wyznaczeniu którego można popełnić dość duży błąd.

Rodzaj defektów łożysk tocznych określa się na podstawie analizy widma drgań obudowy i widma obwiedni. Obwiednie wyznacza się w paśmie o częstotliwościach powyżej 10 kHz, w którym nie występują znaczące składowe. Obwiednie wyznacza się wykorzystując przekształcenie Hilberta, następnie tworzy się sygnał analityczny, którego moduł jest poszukiwany obwiednią sygnału wyjściowego.

Rodzaje defektów identyfikuje się na podstawie pięciu głównych i kilkunastu pomocniczych grup harmonicznych spektrum widma i obwiedni. Główną grupę, w kolejności malejącego prawdopodobieństwa ich pojawienia się w widmie obwiedni, stanowią:

- harmoniczne o częstotliwościach będących krotnością częstotliwości pracy łożyskowanego wału $k \cdot f_w$,
- harmoniczne o częstotliwościach będących krotnością uszkodzenia pierścienia zewnętrznego łożyska $k \cdot f_{pz}$,
- harmoniczne o częstotliwościach będących krotnością uszkodzenia pierścienia wewnętrznego łożyska $k \cdot f_{pw}$,
- harmoniczne o częstotliwościach będących krotnością uszkodzenia koszyka $k \cdot f_k$,
- harmoniczne będące krotnością uszkodzenia elementu tocznego $k \cdot f_{ET}$,

gdzie k to krotność harmonik.

Liczba pomocniczych grup harmonik wynosi kilkanaście, jednakże w praktyce występują bardzo rzadko. Najbardziej prawdopodobnymi z nich są harmoniczne o częstotliwościach bliskich częstotliwości pracy wału łożyskowanego $k \cdot f_w^*$, gdzie f_w^* może różnić się od f_w mniej niż 10%, a także harmoniczne o częstotliwościach $k \cdot (f_w - f_k)$, gdzie $(f_w - f_k)$ – częstotliwość odtaczania koszyka obracającego się pierścienia łożyska.

3.2. Tablica zależności pomiędzy symptomem a rodzajem uszkodzenia łożyska

Wiarygodność identyfikacji rodzaju uszkodzenia podczas diagnozowania łożyska w warunkach eksploatacyjnych zależy od spełnienia dwóch warunków. Pierwszy warunek związany jest z pozyskiwaniem diagnostycznych informacji podczas eksploatacji nowego wężła łożyskowego lub po kapitalnym jego remoncie. Wpływ defektów montażowych może zmienić diagnostyczne parametry powstałe poza uszkodzeniem łożyska. Drugi warunek związany jest z rzędem harmonik w widmie obwiedni przyjmowanym do określania rodzaju i miejsca powstania defektu. Jeśli pominiemy wpływ w początkowym etapie eksploatacji defektów montażowych, to trafność miejsca i rodzaju uszkodzenia w łożysku sięga 100%, pod warunkiem przeprowadzenia identyfikacji uszkodzenia na podstawie harmonicznym $k \cdot f_{PZ}$, $k \cdot f_{PW}$ lub $k \cdot f_{ET}$. Na podstawie rzędu tych harmonik identyfikuje się rakowiny odpowiednio na zewnętrznym i wewnętrznym pierścieniu, elementach tocznych.

Niższą wiarygodność (rzędu 90-95%) identyfikacji uszkodzeń realizuje się na podstawie rzędu harmonik $k \cdot f_K$, $k \cdot (f_W - f_K)$, $k \cdot f_W^*$, a jeszcze mniejszą wiarygodność prawidłowej identyfikacji uzyskuje się na podstawie rzędu harmonik $k \cdot f_W$. Przy wysokiej efektywności wykrywania i identyfikacji rodzajów i wielkości rozwoju słabych i średnich defektów łożysk tocznych czułość metody obwiedni wysokoczęstotliwościowych losowych drgań może ulec obniżeniu podczas wykrywania silnie

rozwinętych defektów. Dlatego też dla podwyższenia wiarygodności i prawdopodobieństwa prawidłowego wykrywania silnie rozwinętych defektów i obniżenie prawdopodobieństwa ich niezidentyfikowania, stosuje się spektralną analizę w zakresie niskich i średnich częstotliwości.

Ponieważ zadanie opisanie wszystkich możliwych ogólnych reguł diagnozowania jest bardzo złożone, dlatego też w praktyce rozpatruje się tylko główne grupy symptomów, które z wysokim stopniem pewności identyfikują typy defektów od 70-80% przypadków.

W tabeli 1 zestawiono diagnostyczne kryteria identyfikujące uszkodzenia w linii pracującego łożyskowego wału na podstawie długoletnich doświadczeń autora i literatury [6].

4. Przykłady zastosowania aplikacji w warunkach przemysłowych

Przykładem zastosowania metodologii wykrywania nieprawidłowej pracy łożyska tocznego może być przypadek ustalenia przyczyn wzrostu amplitudy szczytowej przyspieszenia drgań, ujawniający się podczas ciągłego drganiowego monitorowania stanu technicznego przekładni napędu młyna cementu w Cementowni Nowiny sp. z o.o. Przekładnia napędzająca młyn cementu typ WB-161-10, którego schemat pokazano na rysunku 1, posiada układ ciągłego monitorowania oparty na pomiarze amplitudy szczytowej przyspieszeń

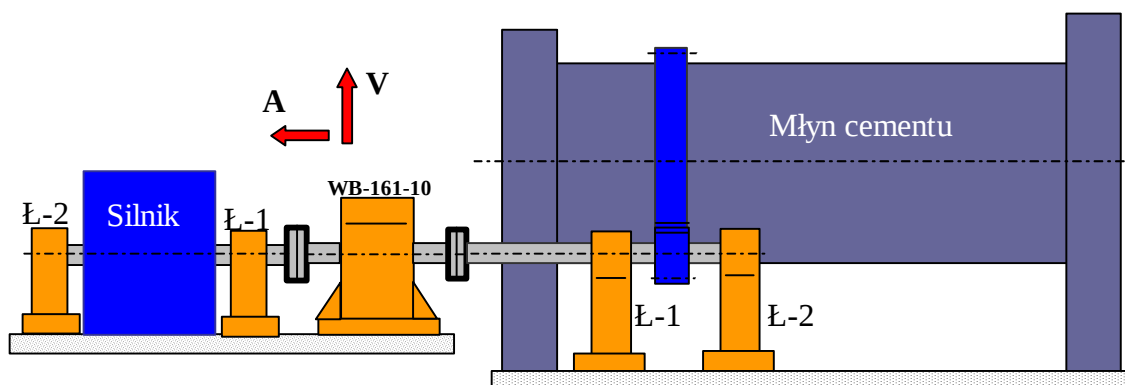
Diagnostyczne kryteria identyfikujące uszkodzenia w linii wału

Tabela 1

Rodzaj defektu	Diagnostyczne kryteria w widmie drgań		Diagnostyczne kryteria w widmie obwiedni wysokoczęstotliwościowych drgań	
	Główne	Uzupełniające	Główne	Uzupełniające
1. Bicie wału	$k \cdot f_W$	brak wzrostu WW	$k \cdot f_W$, $k < 10$	brak wzrostu WW
2. Niejednorodny promieniowy wcisk	$2 \cdot f_W$	$2 \cdot f_W$ brak wzrostu WW	$2 \cdot f_W$	$2 \cdot k \cdot f_W$ brak wzrostu WW
3. Przekoszenie pierścienia zewnętrznego	$2 \cdot f_{PZ}$	$2 \cdot k \cdot f_{PZ}$ brak wzrostu WW	$2 \cdot f_{PZ}$	$2 \cdot k \cdot f_{PZ}$ brak wzrostu WW
4. Uszkodzenie pierścienia zewnętrznego	f_{PZ}	$k \cdot f_{PZ}$, $k \leq 3$	f_{PZ}	$k \cdot f_{PZ}$, $k \leq 3$ wzrost WW
5. Rakowiny, pęknięcia na pierścieniu zewnętrznym	$k \cdot f_{PZ}$, $k > 3$	wzrost WW	$k \cdot f_{PZ}$, $k > 3$	wzrost WW
6. Uszkodzenie pierścienia wewnętrznego	$k \cdot f_W$	f_{PW} , wzrost WW	$k \cdot f_W$	f_W wzrost WW
7. Rakowiny, pęknięcia na pierścieniu wewnętrznym	$k \cdot f_{PW}$	$k \cdot f_W$ wzrost WW	$k_1 \cdot f_{PW} \pm k_2 \cdot f_W$	$k \cdot f_W$ wzrost WW
8. Uszkodzenie tocznych elementów koszyka	f_K , $(f_W - f_K)$	$k \cdot f_K$, $k \cdot (f_W - f_K)$ wzrost WW	f_K , $(f_W - f_K)$	$k \cdot f_K$, $k \cdot (f_W - f_K)$ wzrost WW
9. Rakowiny i odlupania elementów tocznych	$2 \cdot k \cdot f_{ET}$	$k_1 \cdot f_{ET} \pm k_2 \cdot f_K$ wzrost WW	$2 \cdot k_1 \cdot f_{ET} \pm k_2 \cdot f_K$	$k_1 \cdot f_{ET} \pm k_2 \cdot f_K$ wzrost WW
10. Niewyważenie wału	f_W	Brak $k \cdot f_W$ brak wzrostu WW	brak $k \cdot f_W$ $k > 1$	brak wzrostu WW
11. Defekty węzłów mocujących	wzrost WN ($0.5 \cdot f_W$)	są inne defekty	nie określa się	
12. Defekty smarowania	wzrost WW	-	wzrost WW	brak wyraźnych składowych
13. Defekty sprzęgła	$k \cdot f_W$, $k > 7$	brak wzrostu WW	$k \cdot f_W$, $k \geq 10$	brak wzrostu WW

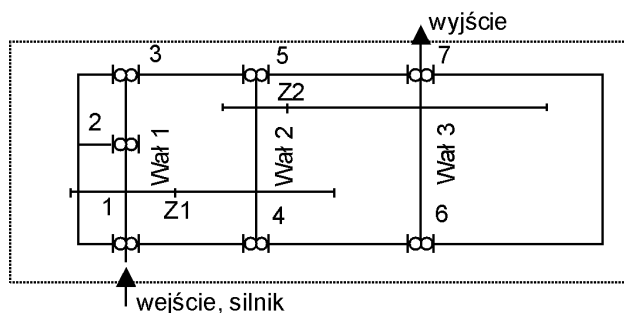
drgań na każdej obudowie łożysk.

Rys.3. Widmo drgań przekładni wyznaczone w punkcie 5



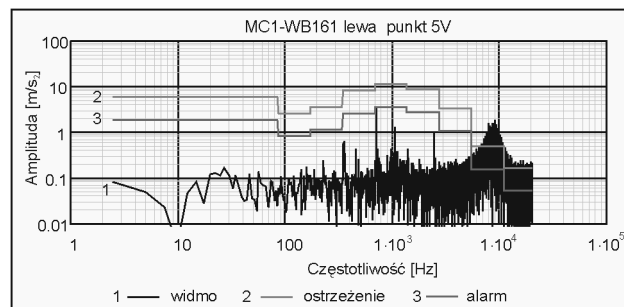
Rys.1. Schemat układu napędowego młyna cementu

Układ ciągłego monitorowania mierzy amplitudę szczytową przyspieszenia drgań w paśmie od 2 Hz do 2 kHz w czasie rzeczywistym co 10 minut, zapisując dane w pamięci układu pomiarowego. W czasie dwóch tygodni zaobserwowano skokowy wzrost amplitudy do wartości 41 m/s^2 , która to wartość przekracza próg ostrzegawczy o wartości $31,5 \text{ m/s}^2$. Ponadto nie zaobserwowano wzrostu poziomu drgań w założonym okresie pomiarowym. Na rysunku 2 pokazano schemat kinematyczny przekładni z zaznaczonymi rodzajami pracujących łożysk tocznych.



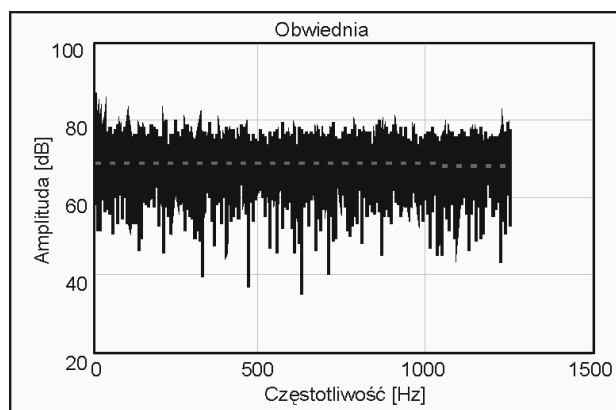
Rys.2. Schemat kinematyczny przekładni

Stwierdzono przekroczenie progu ostrzegawczego w linii 4-5 wału nr 2 amplitud szczytowych przyspieszenia. Rysunek 3 przedstawia przebieg widma drgań zmierzonych w punkcie 5 w kierunku V przekładni napędowej młyna. Analiza widma pokazuje znaczne przekroczenie dopuszczalnych progów w paśmie od 6 do 20 kHz. Zgodnie z przyjętą umową przedstawioną w punkcie 3.1 odpowiada to wzrostowi widma drgań w paśmie wysokiej częstotliwości.



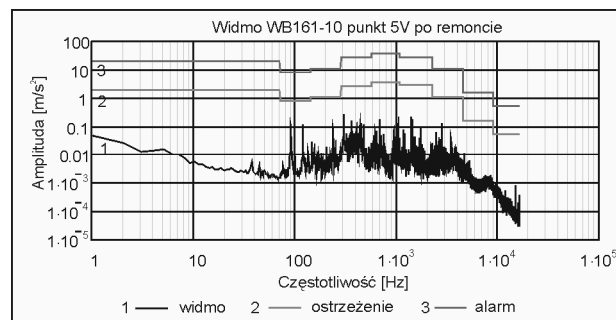
w kierunku V

Charakter widma w paśmie wysokim nie zawiera dominujących składowych. Zgodnie z tabelą 1, z dużym prawdopodobieństwem założyć należy przypadek 12 z kryteriów defektów łożyska, tj. skąpe jego smarowanie. Rysunek 4 przedstawia przebieg widma obwiedni sygnału w paśmie od 10 do 20 kHz.



Rys.4. Widmo obwiedni sygnału zmierzonego w punkcie 5 V

Brak w widmie obwiedni dominujących składowych potwierdza jako przyczynę wzrostu wartości szczytowej amplitudy przyspieszenia drgań, skąpe smarowanie łożyska nr 5. W wyniku przeczyszczenia układów smarowania natryskowego łożysk uzyskano widmo drgań pokazane na rysunku 5.



Rys.5. Widmo drgań w punkcie 5 V przekładni po czyszczeniu układu smarowania

5. Wnioski końcowe

Praktyka diagnostyki stanu technicznego łożysk tocznych z zastosowaniem analizy sygnałów wibroakustycznych wykazała jej skuteczność w identyfikacji, jak i wskazywaniu przyczyn niesprawności łożysk.

Analiza widma obwiedni drgań w pasmach wysokich pozwala na wczesne i skuteczne wykrywanie początków uszkodzeń elementów łożysk, takich jak pierścieni czy też elementów tocznych wywołanych rakowinami, pęknięciami czy też zużyciem ściernym.

Opracowane diagnostyczne kryteria podane w tabeli 1 mogą być podstawą do opracowania systemu doradczego, wspomagającego niedoświadczonego diagnostę w trafnej interpretacji symptomów świadczących o uszkodzeniu łożysk tocznych.

Literatura

1. Rao B.K.N (edytor): Handbook of Condition Monitoring, chap. 5. Elsevier Advanced Technology, Oxford, UK 1996.

2. Niziński S., Michalak R.: Diagnostyka obiektów technicznych. Biblioteka Problemów Eksploatacji. Warszawa-Sulejówek-Olsztyn-Radom, 2002.
3. SKF Poradnik Obsługi Technicznej Łożysk. Publikacja 4100 PL. Copyright SKF 1994.
4. Żółtowski B.: Podstawy Diagnostyki Maszyn. Bydgoszcz, 1996.
5. Żółtowski B., Cempel C. i inni: Inżynieria Diagnostyki Maszyn. Biblioteka Problemów Eksploatacji PTDT, Warszawa, Bydgoszcz, Radom 2004.
6. Баркова Н.А.: Введение в виброакустическую диагностику роторных машин и оборудования. Санкт-Петербург 2003.

Praca wykonana w ramach projektu badawczego zamawianego nr PW-004/ITE/07/2005 w latach 2005-2007.

Artykuł wpłynął do redakcji w maju 2006 r.

Recenzent: prof.dr inż. Włodzimierz Sikora

Działalność i możliwości badawcze Laboratorium Badań Stosowanych CMG KOMAG

Streszczenie

W artykule przedstawiono przebieg rozwoju Laboratorium, zaprezentowano jego możliwości badawcze oraz obszar działania. Zwrócono uwagę na obowiązujący w Laboratorium system jakości, prezentując proces przygotowania do akredytacji.

Summary

Development of the Laboratory was presented and its technical testing abilities were given. An attention was drawn to the quality system which is in force in the Laboratory by presentation of its preparation to accreditation.

Laboratorium powstało w 2001 roku jako Zakład Badań Stosowanych, który miał za zadanie stanowić zaplecze badawcze dla prac naukowych oraz konstrukcyjnych prowadzonych w CMG KOMAG.

Początkowo główny obszar działania stanowiły pomiary wielkości mechanicznych, hydraulicznych oraz pneumatycznych. Wykonywano także szereg specjalistycznych badań obudów zmechanizowanych. Zakład dysponował również stanowiskiem badawczym górniczych urządzeń odpylających. Z czasem zakres prac został poszerzony o pomiary wibroakustyczne oraz badania energoelektronicznych systemów napędowych. Laboratorium, realizując szereg prac na hali badawczej, od początku miało charakter mobilnego laboratorium wyjazdowego. Wdrożono system zarządzania jakością zgodny z normą PN-EN ISO 9001:2001, który miał zapewnić powtarzalność i poprawność procesów realizowanych podczas prac badawczych [PN-EN ISO 9001:2001 Systemy zarządzania jakością. Wymagania].

Z czasem wykształciły się dwa główne kierunki działania Laboratorium: prace badawcze stanowiące zaplecze prac naukowych i konstrukcyjnych oraz prace usługowe. W zakresie prac usługowych dominowały pomiary hałasu i drgań na stanowisku pracy oraz pomiary hałasu w środowisku. Duża liczba prac badawczych z tego zakresu stymulowała rozwój dziedziny wibroakustyki, pracownicy uczestniczyli w specjalistycznych szkoleniach i zdobywali bogate doświadczenie. W lipcu 2004 roku zaplecze aparaturowe wzbogacono o nowoczesny wibroakustyczny system pomiarowy firmy Bruel&Kjaer umożliwiający pomiar m.in. natężenia dźwięku (rys. 1 i 2).

Wszystko to sprawiło, że coraz śmielej zaczęto myśleć o akredytacji Laboratorium. Proces przygotowania do auditu Polskiego Centrum Akredytacji trwał rok czasu, a rozpoczął się we wrześniu 2004 roku. W ramach prac związanych z wprowadzeniem w życie

systemu jakości opartego o normę PN-EN ISO/IEC 17025:2001 opracowano własną Księgę Jakości Laboratorium, procedury i instrukcje ogólne oraz procedury badawcze [PN-EN ISO/IEC 17025:2001 Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących].

Od dnia 15.06.2005 r. w Laboratorium funkcjonują dwa systemy jakości, oparte o normy: PN-EN ISO 9001:2001 oraz PN-EN ISO/IEC 17025:2001. W cztery miesiące po wprowadzeniu do stosowania nowego systemu jakości auditorzy Polskiego Centrum Akredytacji, po przeprowadzeniu badań auditowych, potwierdzili kompetencje Laboratorium (rys. 3) do prowadzenia prac badawczych z zakresu pomiarów hałasu, drgań i oświetlenia. Zakres akredytacji obejmuje trzynaście metodyk badawczych.

W Deklaracji Kierownika Laboratorium, zawartej w Księdze Jakości, można przeczytać, iż „celem Laboratorium jest realizacja na najwyższym poziomie usług badawczych zgodnych z wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17025:2001”. Uzyskanie akredytacji zwiększa zaufanie Klientów do Laboratorium, co skutkuje wymiernymi korzyściami w postaci podpisania długoterminowych umów o współpracy z partnerami z przemysłu.

Realizowane są prace praktycznie z całego zakresu działania Laboratorium. We współpracy z Zakładem Badań Atestacyjnych prowadzone są kompleksowe badania maszyn i urządzeń górniczych. Wykonywane pomiary, prowadzone na powierzchni oraz w podziemiach kopalń, obejmują poziom mocy akustycznej, hałas na stanowisku pracy, poziom dźwięku sygnalizatora, drgania przenoszone przez układ ręka-ramię, drgania ogólne przenoszone przez kręgosłup operatora, siłę uciągu i hamowania, natężenie oświetlenia projektora oraz pole widzenia operatora. Pomiary wykonywane są za pomocą aparatury wzorcowanej i sprawdzanej za pomocą wewnętrznych wzorców Laboratorium.



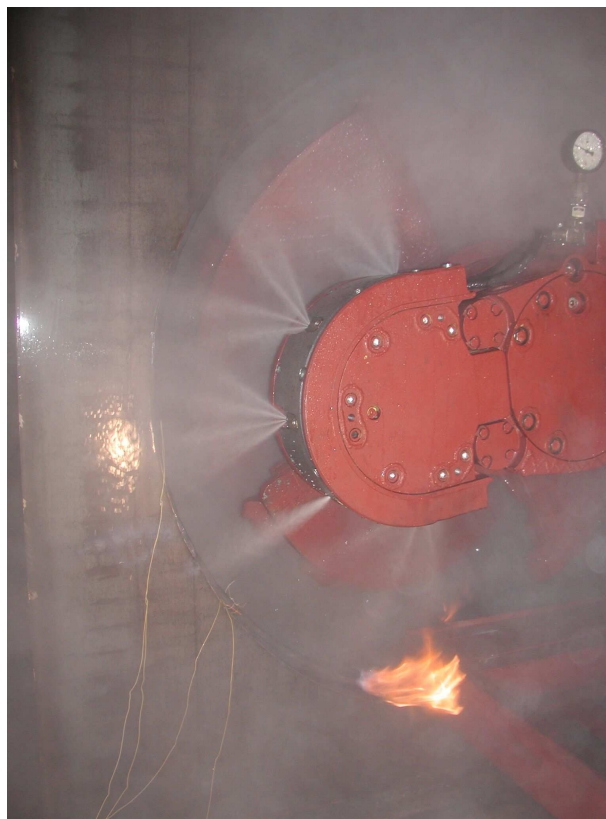
Rys.1. Sonda do pomiaru natężenia dźwięku produkcji Bruel&Kjaer



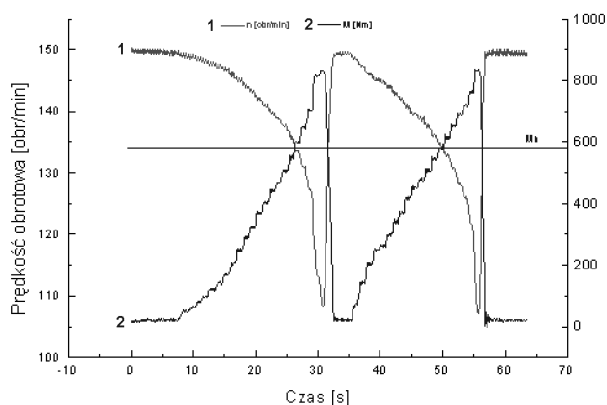
Rys.3. Certyfikat akredytacji laboratorium badawczego



Rys.2. System do pomiarów wibroakustycznych produkcji Bruel&Kjaer



Rys.4. Widok procesu gaszenia zapalonego gazu podczas badań instalacji zraszającej



Rys.5. Przykładowy przebieg momentu i prędkości obrotowej badanego silnika

W ramach doskonalenia warsztatu pomiarowego pracownicy uczestniczyli w specjalistycznym szkoleniu, we współpracy z Politechniką Śląską, na temat szacowania niepewności wyników pomiarów. Opracowano także instrukcję w ramach dokumentacji systemu jakości precyzującą sposób szacowania niepewności [Instrukcja IO-BT/03 Szacowanie niepewności pomiaru].

Laboratorium uczestniczy także w pracach rozwojowych CMG KOMAG, odpowiadając za część pomiarowo-badawczą. Jedną z ciekawszych prac był projekt celowy „Nowoczesny układ napędowy do pojazdów szynowych”, realizowany we współpracy z firmami ENEL oraz ENERGOMECHANIK [Sprawozdanie z badań 96/BT/2005 Badania laboratoryjne układu sterowania]. W ramach pracy zostało przygotowane stanowisko badawcze oraz przeprowadzone zostały próby ruchowe układu napędowego, podczas których rejestrowano przebieg momentu i prędkości obrotowej (rys. 5).

W ramach realizacji projektu celowego „System zewnętrznego zraszania kombajnu ścianowego zapewniający bezpieczną eksploatację w warunkach zagrożenia metanowego” przeprowadzono we współpra-

cy z Kopalnią Doświadczalną „Barbara” Głównego Instytutu Górnictwa szereg badań doświadczalnej zraszającej instalacji powietrzno-wodnej, zabudowanej na ramieniu typu R-200N oraz na organie urabiającym, jako rozwiązanie przeznaczone do stosowania w kombajnie ścianowym typu KSW-460 NE. Badania zostały przeprowadzone na nowatorskim stanowisku badawczym [Sprawozdanie z badań 100/BT/2005 Badania stanowiskowe funkcjonalności systemu zraszania].

Badania składały się z dwóch części. W części pierwszej sprawdzano skuteczność gaszenia zapalnego gazu, natomiast część druga badań miała za zadania wykazać skuteczność zapobiegania zapłonowi. Wyniki prób dla doświadczalnej zraszającej instalacji powietrzno-wodnej porównywano z wynikami instalacji zraszającej wodnej, standardowo stosowanej w tego typu kombajnach (rys. 4).

Laboratorium stale modernizuje i rozbudowuje swoją bazę aparaturową. W 2005 roku został złożony projekt o dofinansowanie z funduszy strukturalnych „Modernizacja stanowisk badawczych do badań urządzeń hydrauliki górniczej i napędów”, który został pozytywnie rozpatrzony. Obecnie trwają prace związane z realizacją projektu.

W roku 2006 Laboratorium po raz pierwszy wzięło udział w porównaniach międzylaboratoryjnych i badaniach biegłości. W celach jakościowych na obecny rok zamieszczono rozszerzenie zakresu akredytacji o pomiary temperatury metodą stykową i bezstykową.

Działania naszego zespołu, zgodnie z misją CMG KOMAG, są ukierunkowane na innowacyjne rozwiązania dla gospodarki oraz zdobywanie satysfakcji Klienta poprzez stałe podnoszenie kwalifikacji i jakości naszych usług.

Artykuł wpłynął do redakcji w maju 2006 r.

Postęp w technologii i technice przeróbki mechanicznej węgla w polskich kopalniach

Streszczenie

W artykule scharakteryzowano zmiany w technologii i technice przeróbki mechanicznej węgla w Polsce. Zwrócono uwagę na dotychczasowe wymagania energetyki, koksownictwa i eksportu, co do jakości użytkowanych węgla, które ukształtowały obecny stan tej przeróbki. Na tle rosnących obecnie wymagań wysuwanych przez odbiorców węgla kamiennych, przedstawiono kierunki unowocześniania techniki przeróbki, które są odpowiedzią na presję ze strony ekologii, ekonomiki i bezpieczeństwa pracy. Obserwowany na przestrzeni ostatnich dekad postęp w technice przeróbki obejmuje podstawowe operacje przeróbcze i dotyczy zarówno rozwiązań technologicznych, maszyn i urządzeń, jak i zakresu stosowania chemicznych środków wspomagających. Wiele z tych rozwiązań znajduje zastosowanie w projektach modernizacji przeróbki mechanicznej polskich kopalń węgla kamiennego, w których Główny Instytut Górnictwa uczestniczy od szeregu lat.

Summary

Changes in technology of mechanical coal processing in Poland were characterized in the paper. An attention was drawn to the present requirements of power industry, coke industry and export as regards the quality of coal, which conditions the preset state of coal processing technology. Directions of coal processing modernization which are a reaction for increasing press from ecology, economy and work safety were presented. The advance in coal processing technology, observed in last decades, includes main washing operations and concerns technological solutions of machines and equipment as well as chemical agents that support the process. Many of that solutions were implemented in modernization projects in mechanical coal processing in the Polish hard coal mines, in which Central Mining Institute is involved from many years.

1. Wprowadzenie

Światowa Rada Energetyczna w opublikowanym latem 2004 r. studium pt. „Zrównoważony globalny rozwój energetyczny. Przypadek węgla” [1] podkreśliła, że węgiel będzie nadal stanowił podstawę rozwoju gospodarczego i społecznego, gdyż jest dyspozycyjny w skali globalnej, dostępny w formie energii elektrycznej oraz akceptowalny tzn. odpowiadający rozwojowym, ekologicznym i socjalnym aspiracjom społeczeństwa. Podobnie było i w przeszłości, a okres ostatnich stu lat można nazwać wiekiem węgla.

Od wielu już dekad produkcja węgla na świecie stale rośnie, a prognozy na przyszłość zakładają dalszy wzrost zapotrzebowania na węgiel i utrzymanie jego priorytetowej pozycji. Przykładowo do roku 2030 przewiduje się zwiększenie zapotrzebowania na ten pierwotny nośnik energii do 5,1 mld toe (ton oleju ekwiwalentnego), czyli o około 53% w porównaniu z rokiem 2000. W analizowanych prognozach węgiel jawi się jako paliwo energetyczne do produkcji energii elektrycznej. W rozpatrywanym okresie do roku 2030, około 72% tej energii będzie wytwarzane z węgla w bardzo nowoczesny sposób, z zastosowaniem technologii czy-

stego węgla (clean coal technology). Istotą tych technologii jest to, że ukierunkowane są one na uzyskanie bardzo wysokich sprawności przetwarzania węgla, dzięki czemu możliwa jest drastyczna redukcja emisji CO₂.

Ze sprawnością energetycznego przetwarzania węgla związany jest poziom emisji dwutlenku węgla, na który mają wpływ określone działania techniczne. Rodzaj tych działań technicznych i ich wpływ na redukcję emisji CO₂ scharakteryzowano poniżej [2]:

- do 5% poprzez podnoszenie jakości węgla drogą jego głębokiego wzbogacania,
- do 22% w wyniku podniesienia sprawności układów energetycznych,
- do 25% jako wynik stosowania zaawansowanych technologii w tym i zgazowania,
- do 99% poprzez zastosowanie wychwytywania np. drogą sekwestracji tego gazu w utwory geologiczne lub podmorskie pustki poeksploatacyjne.

Dzięki poprawie jakości węgla – co możliwe jest poprzez wykorzystanie metod przeróbczych, które są efektywne i tanie w eksploatacji, można znacząco obniżyć emisję dwutlenku węgla podczas jego spalania. W pozostałych, wymienionych powyżej, działa-

niach technicznych możliwa jest znacznie większa redukcja emisji CO₂, wymaga ona jednak stosowania bardziej skomplikowanych, kosztowniejszych metod termicznej utylizacji węgla. Metodami przeróbczymi można dokonać również drastycznej redukcji zawartości substancji mineralnej, siarki i innych zanieczyszczeń w węglu, zanim zostanie on poddany energetycznemu przetwarzaniu. Jest to istotne w świetle rosnących obustrzeń, co do emisji pyłów i gazów do atmosfery.

W Polsce zasadnicza część węgla użytkowana jest w energetyce. Pozostała część wykorzystywana jest w różnych gałęziach przemysłu. W procesach przemysłowych stosuje się węgle o wysokiej jakości dostosowanej do specyfiki procesu. Bardzo wysokiej jakości wymagany jest też węgiel przez odbiorców zagranicznych. Wysoką jakość węgla wsadowych uzyskuje się wykorzystując nowoczesne technologie i techniki przeróbcze. Tak więc metody przeróbcze ze względu na swoje możliwości i niskie koszty ruchowe, stanowią ważny element technologii czystego węgla, bowiem z czystego, wzbogaconego węgla możliwa jest produkcja czystej energii.

Poprzez stosowanie technologii czystego węgla, węgiel może być i będzie czystszy, stając się ważnym pomostem do zrównoważonej przyszłości. Taką perspektywę i wizję przedstawia Światowa Rada Energetyczna u progu rozpoczynającego się XXI wieku, który postrzegany jest jako przełomowy. Ta właśnie perspektywa uwypukla rolę czystego węgla jako surowca energetycznego do wytwarzania energii elektrycznej, jak i w niedalekiej przyszłości surowca chemicznego do pozyskiwania syntetycznych paliw transportowych.

Ważną funkcję w waloryzacji tego surowca nadal pełnić będą metody przeróbcze; stąd potrzeba doskonalenia technologii i techniki przeróbki mechanicznej węgla w Polsce.

2. Przeróbka mechaniczna węgla w Polsce w liczbach

W 1990 roku było czynnych 70 kopalń, które dysponowały 91 zakładami przeróbczymi. W zakładach tych funkcjonowały:

- 84 płuczki ziarnowe o zakresie wzbogacania +(10)20 mm,
- 28 płuczek miałowych o zakresie wzbogacania 0,5-(10)20 mm,
- 4 płuczki (sekcje) miałowe do wzbogacania miałów energetycznych,
- 22 oddziały flotacji.

Typowym dla węgla energetycznych był model wzbogacania, obejmujący klasy ziarnowe powyżej (10)20 mm. Węgle te poddawane były wzbogacaniu w całości.

Miały energetyczne wzbogacane były w niewielkich ilościach; 7,4 mln ton, co stanowiło około 5% produkcji netto. Łączny udział koncentratów z mechanicznego wzbogacania w produkcji netto wynosił około 40%. Średnia wartość opałowa miałów energetycznych była 20,63 GJ/Mg, a miałów zużywanych w energetyce zawodowej nie przekraczała 19,66 GJ/Mg. Węgle kokso-we typów 34.2-42 wzbogacane były w pełnym zakresie uziarnienia z flotacją włącznie, natomiast dla węgla typu 34.1 obowiązywał nie pełny zakres wzbogacania, z reguły bez flotacji.

Średnia wydajność zakładu przeróbczego wynosiła 786 Mg/h. Łączne zatrudnienie w zakładach przeróbczych wynosiło 26602 pracowników.

Podjęte w górnictwie działania restrukturyzacyjne miały na celu dostosowanie zdolności produkcyjnych do obecnych i prognozowanych potrzeb rynkowych. W związku z tym zlikwidowano wiele zakładów przeróbczych w zamykanych kopalniach węgla kamiennego.

W latach 1990-2000 zlikwidowano łącznie 42 zakłady przeróbcze. W tym samym czasie przystąpiono do budowy nowych zakładów przeróbczych oraz do modernizacji tych zakładów, które miały szansę na rentowną produkcję. Wybudowano 12 nowych zakładów lub oddziałów wzbogacania i odsiarczania miałów energetycznych, wybudowano 7 nowych oddziałów flotacji oraz modernizowano 15 istniejących dużych zakładów przeróbczych. Przyrost nowych zdolności produkcyjnych w zakresie wzbogacania miałów energetycznych „per saldo”, wyniósł 75000 Mg/d. Odpowiada to możliwości wzbogacania około 18-20 mln ton miałów w ciągu roku.

Modernizacja przeróbki w zakresie uziarnienia poniżej (10)20 mm i uruchomienie nowych mocy produkcyjnych zaowocowało poprawą jakości węgla kierowanego do energetyki:

- wzrosła średnia wartość opałowa węgla kamiennego kierowanego do energetyki z 20,63 GJ/Mg w roku 1990 do 22,28 GJ/Mg w roku 2000 i do 22,6 GJ/Mg w roku 2005,
- wzrosła średnia wartość opałowa węgla dla energetyki zawodowej z 19,6 GJ/Mg w roku 1990 do 21,29 GJ/Mg w roku 2000 i do 21,5 GJ/Mg w roku 2005.

Znacznie korzystniejsze były parametry jakościowe węgla kierowanych na eksport. Ich wartość opałowa od wielu już lat przekracza poziom 26 GJ/Mg. W wyniku działań restrukturyzacyjnych [3, 4] górnictwo węgla kamiennego w 2004 roku dysponowało 42 zakładami o łącznej wydajności około 45000 Mg/h. Zakłady te dysponowały:

- 43 płuczkami ziarnowymi o zakresie wzbogacania +(10)20 mm,

- 31 płuczkami miałowymi o zakresie wzbogacania 0,5(3)-(10)20 mm,
- 15 oddziałami flotacji.

Wydajność tych zakładów wzrosła do około 1050 Mg/h. Wzrósł również udział w produkcji netto koncentratów z mechanicznego wzbogacania węgla do około 54% w 2004 roku w porównaniu z rokiem 1990, w którym udział ten był około 40%. Zatrudnienie w zakładach przeróbczych obniżyło się o 55,4% w stosunku do 1990 roku i wynosiło 11859 pracowników w 2004 r.

Budowa nowych i modernizacja istniejących zakładów przeróbczych przyniosła unowocześnienie technologii i wyposażenia maszynowego, wprowadzono do praktyki szereg nowych maszyn i urządzeń, wybudowano też kilka nowych zakładów w oparciu o technologie z Niemiec i Wielkiej Brytanii. W realizację tych przemian Główny Instytut Górnictwa wniósł znaczący wkład. Można więc stwierdzić, że w okresie ostatnich dekad w przeróbce mechanicznej węgla nastąpiły korzystne zmiany.

3. Uwarunkowania geologiczno-górnictwa a obecny kształt przeróbki mechanicznej węgla

Dotychczasowy model kopalni węgla kamiennego w Polsce zakładał silne i „krótkie” powiązanie zakładu wydobywczego z przeróbką mechaniczną. W ramach każdej kopalni funkcjonuje tylko jeden zakład przeróbczy. Model taki wywarł wpływ na projektowanie i eksploatację zakładów przeróbczych, a tym samym na ich stan. Projektowa wydajność i czas pracy zakładu była dość mocno dopasowana do możliwości transportowych szybu wydobywczego i harmonogramu jego ruchu. Przy braku dostatecznej pojemności zbiorników lub zwałów węgla surowego występują określone skutki: albo mamy przestoje szybu przy dłuższej przerwie w eksploatacji zakładu przeróbczego, albo nierównomierne obciążenie głównych jego węzłów technologicznych. Wyeliminowanie tych negatywnych skutków ma częściowo miejsce w rozwiązaniach technicznych, jakie przyjęto dla zakładów przeróbczych wybudowanych w ostatnich latach, w których zastosowano zbiorniki węgla surowego o bardzo dużych pojemnościach. Te właśnie rozwiązania, aczkolwiek kosztowne, należy preferować w projektach.

Między zakładem wydobywczym a zakładem przeróbczym nigdy nie budowano zbiorników o bardzo dużych pojemnościach z myślą o uśrednianiu i stabilizacji jakościowo-ilościowej urobku surowego. Skutkiem tego nadawa do zakładu przeróbczego zmieniała się w takt zmian warunków eksploatacji. Ta sytuacja była charakterystyczna, gdy w danej kopalni prowadzono eksploatację w wielu ścianach wydobywczych i w różnych pokładach, różniących się jakością węgla, głównie

zawartością skały towarzyszącej. Sytuacja w tym zakresie uległa korzystnej zmianie. W ramach optymalizacji procesów eksploatacji węgla i zmniejszania kosztów tych procesów ogranicza się liczbę czynnych ścian do dwóch lub trzech, a liczbę poziomów wydobywczych do dwóch. Warunkiem tego powinna być poprawa stabilizacji jakości wydobywanego urobku.

Innym parametrem rzutującym na procesy przeróbcze a wynikającym z uwarunkowań górniczych jest uziarnienie urobku. Jest ono funkcją przyjętego sposobu eksploatacji, twardości węgla, zależy jednak w pierwszej kolejności od charakterystyki technicznej kombajnu. Obecnie stwierdza się w urobku węglowym np. kopalń węgla koksowych, bardzo wysoką zawartość klas ziarnowych: 0-20 mm i 0-0,5 mm, która przekroczyła już poziom 70% i 20%. Wysoka zawartość drobnych i najdrobniejszych ziarn we wzbogacanym urobku, powiększona jeszcze o najdrobniejsze ziarna, powstałe wskutek jego rozmywania i degradacji w ośrodku wodnym utrudnia odwadnianie koncentratów węglowych i uzyskanie oczekiwanego poziomu zawartości wilgoci w produkcie finalnym. Optymalizacja procesu urabiania węgla ze względu na wychód najdrobniejszych ziarn w urobku kierowanym do zakładu przeróbczego (optymalizacja techniki urabiania kombajnami ścianowymi, zmiana urządzeń urabiających itp.) dałaby znaczące zmiany w technologii przeróbki.

Analizując wpływ wybranych czynników geologiczno-górnictwa na kształt przeróbki mechanicznej węgla nie można pominąć zawartości skały płonnej w nadawie do zakładu przeróbczego. Jej obecność w nadawie, aczkolwiek nieunikniona, pogarsza procesy rozdziału, zwiększa awaryjność maszyn oraz podnosi koszty przeróbki. Wysoką zawartość skały obserwuje się w urobku o uziarnieniu powyżej (80)100 mm. Ze względu na procesy przeróbcze oraz ochronę maszyn i urządzeń niezbędne jest ograniczenie jej zawartości w urobku już na dole kopalni, „u źródła”, co możliwe jest między innymi poprzez: prowadzenie eksploatacji pokładów przy ograniczeniu do minimum robót kamiennych i udostępniających, eksploatację pokładów z zastosowaniem odpowiedniego sprzętu technicznego, ograniczenie opadu warstw stropowych, stosowanie urządzeń do wstępnego odkamieniania urobku oraz wykorzystanie skały płonnej do robót technologicznych na dole. W wielu kopalniach eksploatuje się pokłady węglowe należące do różnych typów technologicznych. Budowa na dole zbiorników węgla surowego, dla oddzielnego gromadzenia węgla np. energetycznych i koksowych jest uzasadniona i byłaby z korzyścią dla procesów wzbogacania oraz ekonomiki kopalni.

Analiza uwarunkowań geologiczno-górnictwa potwierdza ich wpływ na kształt procesów przeróbki mechanicznej węgla, wskazuje również na możliwości racjonalizacji przedsięwzięć technicznych w tym zakresie.

4. Postęp w przeróbce mechanicznej węgla w Polsce

W okresie ostatnich dekad w przeróbce mechanicznej węgla nastąpiły duże zmiany. Objęły one zarówno technologię, jak i wyposażenie maszynowe i dotyczą niemal wszystkie podstawowe węzły technologiczne zakładu przerobczego. W miejsce dotychczasowych rozwiązań weszły nowoczesne i efektywniejsze technologie, jak również wysoko wydajne i bardziej niezawodne maszyny i urządzenia. Zastosowanie znalazły również zupełnie nowe maszyny dotąd nie stosowane w polskich zakładach przerobczych. Również w obszarze zarządzania stwierdza się postęp. O postępie w przeróbce mechanicznej węgla w Polsce zadecydowało kilka czynników:

- rosnące wymagania jakościowe odbiorców węgla z energetyki, przemysłu, eksportu uzasadnione względami ochrony środowiska i ekonomicznymi,
- konieczność zmniejszenia negatywnego oddziaływania przeróbki mechanicznej na środowisko,
- potrzeba doskonalenia i racjonalizacji i zmian na lepsze w zakresie produkcji węgla i bezpieczeństwa pracy,
- presja informacji o rozwiązaniach stosowanych za granicą.

W tym miejscu należy podkreślić pozytywną rolę jednostek badawczo-rozwojowych skupionych w Zintegrowanym Instytucie Naukowo-Technologicznym w obszarze Paliwa-Bezpieczeństwo-Środowisko w tworzeniu tego postępu i obecnego wizerunku polskiej przeróbki węgla, który dostrzegany jest również i za granicą. Ścisła współpraca w tym zakresie jest pożądana.

Poniżej przedstawiono zmiany, jakie dokonały się w rozwiązaniach technologiczno-maszynowych w zakładach przerobczych. Uwagi skoncentrowano na kilku podstawowych zagadnieniach, analizując drogę surowego urobku węglowego od zrębu szybu do załadunku w formie już zwaloryzowanej.

4.1. Przygotowanie urobku węglowego

Wydobyty w kopalni węgiel kierowany jest wpierrw na przesiewacze wibracyjne lub rusztowe, na których prowadzony jest rozdział w granicach 65/80/120/150/200. Produkt górny z przesiewaczy kierowany jest na taśmę przebieńczą, gdzie usuwane są zanieczyszczenia, a potem poddawany jest kruszeniu do uziarnienia w zakresie 65-200 mm. Dla węgla koksowych urobek przed kruszeniem poddawany jest selektywnemu rozdziałowi celem wydzielania. Produkt dolny wyżej wymienionych przesiewaczy wraz z górnym kierowany jest do zbiorników magazynujących. Ich pojemność jest mocno zróżnicowana od kilkuset do kilkanaście

tysięcy m³. To rozwiązanie stosowane jest bez zmian od wielu lat w polskich zakładach.

Zmiany jakości urobku surowego zostały uwzględnione w nowych zakładach przerobczych, wyposażając je w zbiorniki o bardzo dużych pojemnościach. Niezależnie od powyższego poprzez wyposażenie zakładów przerobczych w duże zbiorniki uśredniające, byłaby możliwość gromadzenia urobku o zróżnicowanych właściwościach technologicznych. Pozytywne wyniki pracy kruszarek selektywnych Bradford przemawiają za ich stosowaniem w zakładach przerobczych, w których wzbogaca się węgle ortokoksowe, jak również w zakładach wzbogacających węgle typu 34.2, jeśli tylko charakterystyka urobku na to pozwala.

4.2. Klasyfikacja wstępna

Przygotowany jak wyżej urobek poddawany jest klasyfikacji wstępnej przy otworach sit 6/8/10/20 mm z wykorzystaniem wysoko wydajnych przesiewaczy wibracyjnych o ruchu prostoliniowym, kołowym lub eliptycznym.

Postęp w klasyfikacji wstępnej zaznaczył się z chwilą wprowadzenia do praktyki jednopokładowych, szeroko wymiarowych przesiewaczy nowej generacji typu PZ konstrukcji CMG KOMAG. Są to przesiewacze o linii rzeszota wielokrotnie łamanej. Charakteryzują się bardzo dużą wydajnością i skutecznością przesiewania, dzięki przyjęciu zasady cienkowarstwowego ruchu materiału na sicie. Ich wysoka skuteczność pozwoliła na obniżenie granicy klasyfikacji i tym samym zakresu wzbogacania węgla.

Dużym postępem w technologii klasyfikacji wstępnej węgla na sucho są przesiewacze typu Liwell, pracujące przy niskiej granicy klasyfikacji. W Polsce przesiewacze te przyjęte zostały do wydzielania bardzo drobnych węgla o uziarnieniu poniżej 3(5) mm z miałow węglowych, poddawanych wzbogacaniu w osadzarkach. Pozytywnym wynikiem nowego rozwiązania było ograniczenie ilości najdrobniejszych ziarn kierowanych do osadzarki, a tym samym do obiegu wodno-mułowego i do węgla odwadniania.

4.3. Wzbogacanie węgla średnio i gruboziarnistych

Wzbogacanie węgla średnio i gruboziarnistych prowadzone jest w wzbogacalnikach c.c. oraz rzadziej w osadzarkach. Głównie przyjęły się wzbogacalniki produkcji krajowej, dwu i trójproduktowe typu DISA 1S, DISA 2S i DISA 3S. Dla węgla koksowych, technologia opracowana na początku lat siedemdziesiątych zakładała, wzbogacanie trójproduktowe, dla węgla energetycznych przyjęło się wzbogacanie dwuproduktowe, z wyjątkiem niektórych przypadków dla węgla typu 33, gdzie stosuje się wzbogacanie trójproduktowe. Produkty pośrednie z reguły nie są poddawane dalszemu

wzbogacaniu, a po skruszeniu stanowią produkt finalny. Zmiany w tym węźle poszły w kierunku racjonalizacji rozwiązań konstrukcyjnych.

Nowością było opracowanie przez CMG KOMAG w latach osiemdziesiątych nowej konstrukcji wzbogacalników c.c. typu DISA KU, a w połowie lat dziewięćdziesiątych wzbogacalników typu DISA KR. W tych ostatnich poprzez zmianę geometrii kadzi i układu zasilania, uzyskano korzystniejsze warunki rozdziału węgla, przez co możliwe było również obniżenie dolnego wymiaru ziarn do 10(8) mm. Daje to określone korzyści w tych zakładach przeróbczych, w których nie ma możliwości wzbogacania miałów węglowych.

Ostatnio na bazie trójproduktowego wzbogacalnika z lat dziewięćdziesiątych powstał dwufunkcyjny wzbogacalnik zawieszinowy typu DISA 3/2 KR przystosowany do wzbogacania dwu lub trójproduktowego [5]. Wdrożony w jednym z zakładów przeróbczych węgla koksowego, może znaleźć zastosowanie tam gdzie przewiduje się wymianę wyeksploatowanych urządzeń. Korzystne zmiany, które zaszły w przeróbce mechanicznej węgla potwierdza również stosowanie nowoczesnych układów stabilizacji gęstości cieczy ciężkiej [6, 7]. Układy te wzbogacone w elementy wizualizacji ich pracy, pozwalają utrzymać gęstość cieczy ciężkiej na zadanych poziomach z wysoką dokładnością.

4.4. Wzbogacanie węgla drobnego

W polskich zakładach przeróbczych, do wzbogacania miałów węglowych stosowane są osadzarki pulsacyjne polskiej konstrukcji oraz w kilku przypadkach osadzarki niemieckie. Starsze konstrukcje osadzarek np. typu OBM miały komory powietrzne obok koryta roboczego, natomiast osadzarki nowej generacji np. typu OM mają wyżej wymienione komory pod pokładem sitowym w skrzyniach u dołu urządzenia, zgodnie z zasadą Batac. Sporadycznie stosowane są też cyklony z cieczą ciężką magnetytową oraz cyklony „water only”. Praca osadzarek jest zadawalająca dzięki stosowaniu w nich czystej wody oraz coraz doskonalszych systemów sterowania ich pracą. Dla węgla koksowego stosowane jest wzbogacanie trójproduktowe, dla węgla energetycznych stosowane jest, w większości przypadków, wzbogacanie dwuproduktowe. Przerosty z osadzarek nie są poddawane dalszemu wzbogacaniu, a po odwodnieniu, kierowane są do zbytu.

Powyższe rozwiązania technologiczne stosowane są niezmiennie od wielu lat. Obserwuje się natomiast zmiany, wprowadzane do samych konstrukcji osadzarek. Wprowadza się automatyczne sterowanie procesem wzbogacania zapewniające regulację odbioru produktu dolnego, stabilizację rozluźnienia łoża, dobór najkorzystniejszego kształtu cyklu pulsacji, regulację ilości wody dolnej, stabilizację zawartości popiołu w

półprodukcie i minimalne straty węgla w odpadach [6, 8, 9]. Wprowadza się również zmiany [10] w geometrii skrzyń, mocowaniu pokładów sitowych, w zaworach pulsacyjnych gdzie w miejsce zaworów obrotowych przyjmuje się zawory talerzowe oraz w kolektorach powietrznych. Po wielu doświadczeniach eksploatacyjnych przeważa obecnie koncepcja budowy osadzarek jednołożowych, o dużych szerokościach, podobnie jak urządzenia firmy KHD Humboldt o szerokościach dochodzących do 7 m.

Warto podkreślić, że w niektórych krajach, gdzie preferuje się cyklony z c.c., coraz częściej zwraca się uwagę na osadzarki wodne [11]. Podkreśla się też celowość stosowania osadzarek do bardzo drobnych węgli [11]. Postęp w zakresie konstrukcji osadzarek produkcji CMG KOMAG obrazuje poniższa tabela [10]:

Wyszczególnienie	1960	1970	2004
Typ osadzarki	OBM12	ODM18	OM20
Wydajność, Mg/h	125	250	500
Masa osadzarki, M	120	70	32
Zapotrzebowanie powietrza, m ³ /min.	200	140	80
Jednorazowe zużycie wody, m ³ /Mg	3,6	2,4	1,6
Wskaźniki imperfekcji	0,2	0,16	0,12
Wydajność jednostkowa, Mg/h/m ²	10,5	14	25
Jednostkowa zainstalowana moc, kW/Mg	0,5	0,4	0,22
Jednostkowa kubatura zabudowy, m ³ /Mg	22,4	5,6	3,2

4.5. Wzbogacanie mułów

Wzbogacanie mułów prowadzone jest obecnie w komorowych maszynach flotacyjnych mechanicznych typu IZ. W kilku przypadkach do flotacji mułów stosuje się maszyny bezwrtownikowe, pianowe, pneumatyczne. W niedługim czasie do praktyki przemysłowej wejdzie nowa generacja maszyn flotacyjnych, ze specjalnym obrotowym dyspergatorem, który łączy zalety urządzeń pneumatycznych i mechanicznych. Proces flotacji pianowej stosowany jest głównie dla węgla koksowego i coraz częściej, również dla węgla energetycznych. Od wejścia flotacji do praktyki w zakładach przeróbczych schemat tego procesu uległ korzystnej zmianie. Uproszczono węzeł przygotowania nadawy do flotacji, dzięki czemu nadawa ta charakteryzuje się niską koncentracją części stałych 80-100 kg/m³, a w przypadku gdy flotowana jest woda obiegowa, koncentracja ta jest jeszcze niższa i nie przekracza 80 kg/m³. Uziarnienie części stałych w nadawie również uległo korzystnemu obniżeniu i w praktyce jest poniżej 0,3(0,2) mm. Stosowane obecnie odczynniki flotacyjne stanowią mieszaninę organicznych związków chemicznych o bardzo skomplikowanej budowie, dostosowanej do właściwoś-

ci flotowanego mułu [12]. Znaczny postęp w procesie flotacji uwidacznia się jeśli chodzi o kontrolę i sterowanie procesem. Regułą jest obecnie monitoring parametrów ilościowo-jakościowych nadawy, jak i odpadów flotacyjnych np. zawartości popiołu, koncentracji części stałych, natężenia przepływu i poziomu mętów flotacyjnych. Uzyskane informacje stanowią podstawę do sterowania przebiegiem procesu flotacji (system FLOTASTER).

4.6. Gospodarka wodno-mułowa

Zawiesiny ze wzbogacania i odwadniania węgla poddawane są procesowi klasyfikacji, klarowania, flotacji i odwadniania. Układ technologiczny tych procesów i stosowanych maszyn decyduje o sprawności ekstrakcji najdrobniejszych ziarn z obiegu. Zmiany w tym zakresie polegały na uproszczeniu rozwiązań, eliminacji nieefektywnych urządzeń, rezygnacji z podbiegów i zawrotów mułów, skróceniu czasu przebywania mułów w obiegu i wyeliminowaniu wtórnej degradacji ziarnowej. Nie byłoby nowoczesnej gospodarki wodno-mułowej bez udziału w niej wysoko aktywnych chemicznych środków wspomagających. Od wielu lat na uwagę zasługują nowoczesne zautomatyzowane układy do bezpośredniego przygotowania roztworów roboczych flokulanta oraz do kontroli procesu klarowania sflokulowanych zawiesin w zagęszczaczach promieniowych [13]. Dla poprawnej pracy zagęszczaczy promieniowych przyjęło się automatyczne sterowanie obejmujące ochronę przeciążenia ramion wygarniacza, pomiar i stabilizację gęstości wylewu oraz kontrolę czystości przelewu.

4.7. Odwadnianie węgla drobnych i najdrobniejszych

Odwadnianie węgla drobnych jest tym procesem, w którym dokonano się w okresie ostatnich lat, najwięcej zmian, przede wszystkim w technice, ale również w technologii. W przypadku węgla energetycznych wynikało to z potrzeby poprawienia jakości i struktury węgla handlowego, zaś w przypadku węgla koksowych przede wszystkim z uwarunkowań ekologicznych [14].

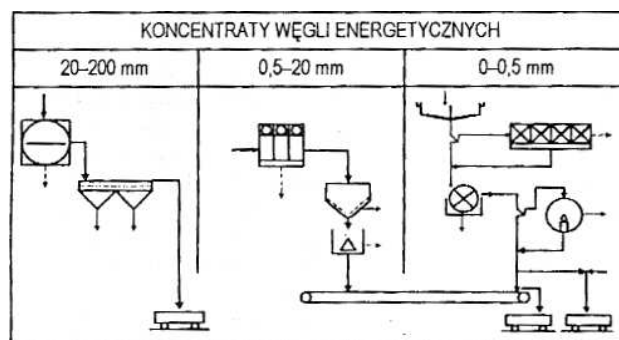
Odwadnianie drobnych węgla energetycznych i koksowych (miałów) prowadzi się dwustopniowo; wstępnie na sitach stałych OSO lub przesiewaczach i końcowo w wirówkach wiracyjnych typu WOW-1,3 przy liczbie wirowania około 80, względnie w wirówkach ślimakowych Nael 3A, przy liczbie wirowania około 160. W przypadku węgla koksowych koncentrat flotacyjny odwadniany jest na filtrach i w suszarkach bębnowych. Węgle drobne odwadniane są w tych samych klasach ziarnowych, w jakich poddawane są wzbogacaniu. Jest to standardowy układ technologiczny odwadniania stosowany dla węgla energetycznych i koksowych.

Pogarszająca się charakterystyka ziarnowa węgla drobnych wymusiła zmiany w ich odwadnianiu. W miejscach wirówek wiracyjnych zastosowano, w niektórych przypadkach nowoczesne wirówki ślimakowe typu EBR-42 produkcji firmy CMI pracujące przy liczbie wirowania około 250 z możliwością jej zwiększenia do 300.

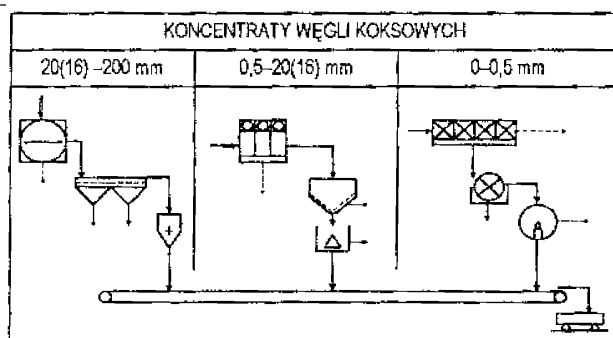
Postępem w technice odwadniania było wprowadzenie wirówek ślimakowych do odwadniania węgla o uziarnieniu poniżej 3 mm, w warunkach wysokich przyspieszeń odśrodkowych. W obu przypadkach uzyskano dużo korzystniejsze odwodnienie węgla w porównaniu ze stanem dotychczasowym oraz trwałą poprawą jakości produktów finalnych. Ma to również istotny wpływ na gospodarkę wodno-mułową zakładu przerobowego.

W dużo większym zakresie uwidacznia się postęp w odwadnianiu węgla koksowych, gdzie oprócz zmian w technice dokonują się zmiany w samej technologii. Zasadą tych zmian według koncepcji GIG jest to, że dla poszczególnych typów wirówek przygotowuje się odpowiednio wąskie klasy ziarnowe. I tak węgle o granulacji 0-20 mm odwadniane są w trzech klasach ziarnowych; klasa (2)3-20 mm odwadniana jest w wirówkach wiracyjnych lub ślimakowych, część klasy 0,5-(2)3 mm odwadniana jest w wirówkach ślimakowych, zaś koncentrat flotacyjny z pozostałą częścią klasy 0,5-(2)3 mm odwadniany jest w wirówkach sedymentacyjno-filtracyjnych.

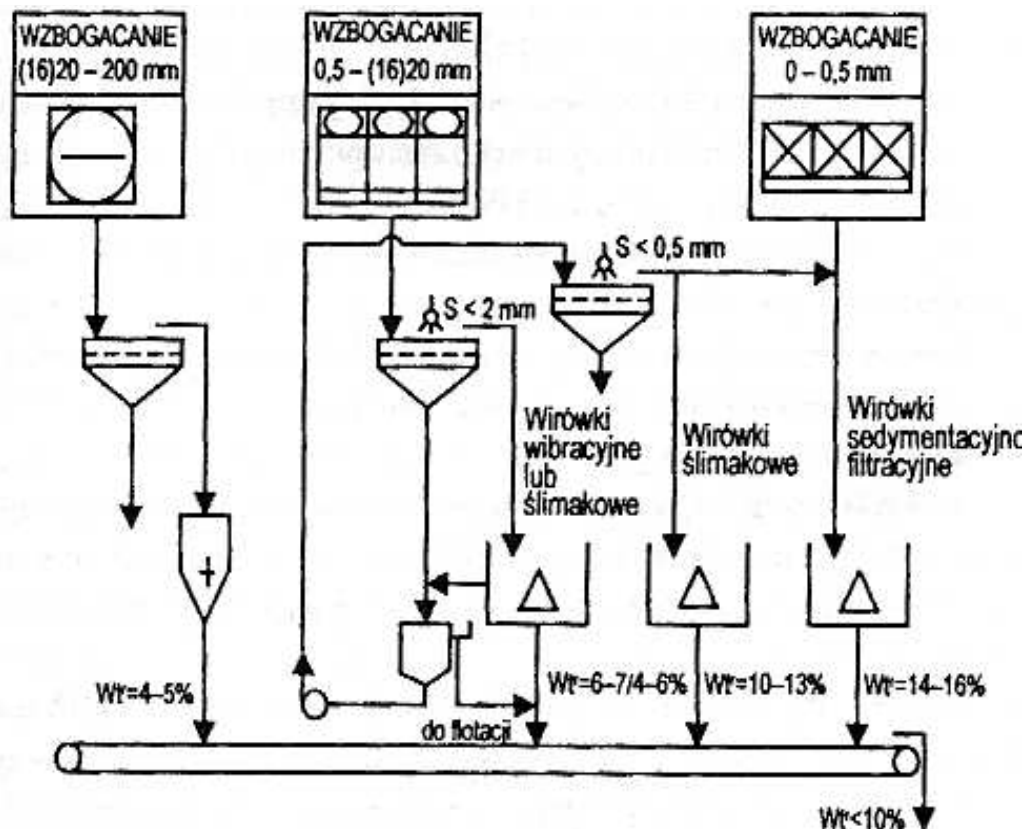
W porównaniu z odwadnianiem szerokiej klasy ziarnowej, odwadnianie w wąskich klasach jest znacznie korzystniejsze. Na uwagę zasługuje fakt, że technologia odwadniania węgla w wąskich klasach ziarnowych zdobywa sobie również miejsce w odwadnianiu węgla energetycznych, eliminując filtrację próżniową. Przykładowo na rysunkach 1 i 2 przedstawiono dotychczasowe rozwiązania przyjęte dla węgla energetycznych i koksowych, zaś na rysunku 3 pokazano rozwiązanie proponowane dla węgla koksowych.



Rys.1. Schemat odwadniania przyjęty dla węgla energetycznych



Rys.2. Schemat odwadniania typowy dla węgla koksowych



Rys.3. Układ technologiczny odwadniania proponowany dla koncentratów węgla koksowych

W latach osiemdziesiątych w kilku zakładach przeróbczych do odwadniania mułów surowych zastosowano filtry hiperbaryczne. Te oryginalne urządzenia ze względu na złe usytuowanie w schemacie technologicznym nie dały oczekiwanych rezultatów. Do tych filtrów należy powrócić.

4.8. Odwadnianie odpadów mułowych

Odpady mułowe, tj. odpady flotacyjne oraz ily o wysokiej zawartości popiołu po procesie klarowania i zagęszczania odwadniane są w prasach filtracyjnych komorowych, polskiej produkcji lub rzadziej w prasach taśmowo-sitowych pochodzących z zagranicy. Te ostatnie są wypierane z praktyki, gdyż dają osady wyżej zawilgocone (35-45%) niż prasy komorowe, które pozwalają uzyskać zbite placzki, o korzystnych właściwościach transportowych i niskiej zawartości wilgoci (20-

25%). Nowością w tym procesie w stosunku do stanu projektowego jest wprowadzenie nowych płyt z tworzywa sztucznego oraz zastosowanie nowych przegród filtracyjnych monofilamentowych, opracowanych według koncepcji GIG.

Postęp w odwadnianiu bardzo drobnych odpadów mułowych w prasach taśmowo-sitowych uwidocznił się w stosowaniu kombinacji flokulantów anionowych i kationowych. Ten sposób odwadniania pozwala obniżyć zawartość wilgoci w osadzie i zmniejszyć ilość części stałych w filtracie.

4.9. Przygotowanie sortymentów miałowych do załadunku

W zakładach przeróbczych węgla energetycznych po procesie wzbogacania węgla uzyskuje się kilka produktów miałowych o zróżnicowanej jakości. Dla otrzymania produktu finalnego o zadanych i stabilnych parametrach jakościowych stosuje się coraz powszechniej zautomatyzowane systemy tworzenia mieszanek energetycznych [6, 7, 15]. Bazą tej mieszanki jest miał surowy, do którego dodaje się w sposób kontrolowany określone ilości innych komponentów miałowych i mułowych.

Parametry jakościowe wszystkich komponentów, takie jak: zawartość popiołu lub wilgoci mierzone są albo on-line albo wprowadzone są do algorytmu z danych z analiz laboratoryjnych. Dane ilościowe uzyskiwane są z wag taśmowych.

Dalszym rozwinięciem systemów jest możliwość ich wizualizacji i przedstawiania pracy poszczególnych elementów na ekranie, włącznie z danymi o jakości ładowanego węgla i składników mieszanki, jak również możliwość archiwizacji danych.

Praktyka wykazała, że stosowanie tych systemów wpłynęło na poprawę efektywności procesu produkcyjnego. Dokonany w tym zakresie postęp w porównaniu z rozwiązaniami stosowanymi w projektach z lat siedemdziesiątych jest zdecydowany.

4.10. Odpylanie i ochrona przed hałasem

W zakładach przeróbczych wiele uwagi poświęca się zagadnieniu odpylania i ochronie przed hałasem. Dotychczasowe układy odpylające z reguły były mało sprawne i zawodne. Obecnie zagadnienie to przeżywa swój renesans; w wielu zakładach prowadzona jest modernizacja odpylania. Proponowane są obok mokrych metod odpylania [16] również suche filtracyjne, mimo, że są one kosztowne. Zauważalne są również zmiany, jeśli chodzi o walkę z hałasem. Przede wszystkim stosowane są nowoczesne maszyny i urządzenia, które emitują mniej hałasu niż urządzenia z lat siedemdziesiątych. Na stałe też weszła różnego rodzaju profilaktyka przeciwhałasowa.

4.11. Kontrola jakości

Duże zmiany na lepsze, widzi się w wyposażeniu kontroli technicznej jakości produkcji. Stosowane są już powszechnie układy on-line do monitoringu jakości nadawy do zakładu przeróbczego, jak i niektórych produktów finalnych [8, 17, 18]. Do pobierania próbek węgla do analiz chemicznych wyposaża się węzły załadunku przeróbczego w układy do zmechanizowanego pobierania próbek węgla i przygotowania z nich próbek laboratoryjnych [7]. Na stałe już stosowane są w kontroli technicznej urządzenia do pomiarów parametrów jakościowych węgla [8], co znacznie przyspiesza procedury oceny jakości produkcji. Brakuje natomiast w zakładach przeróbczych pełnego systemu kontroli jakości produkcji, który zapewniałby w sposób ciągły i zautomatyzowany pobieranie próbek węgla i przygotowanie z nich próbek analitycznych. Byłby to cenny element systemu zarządzania jakością, który od niedawna toruje sobie drogę w przeróbce.

4.12. Zarządzanie utrzymaniem ruchu

Bardzo ważnym zagadnieniem jest identyfikacja na bieżąco stanu maszyn i ich podzespołów oraz czasu eksploatacji. Wykorzystanie techniki komputerowej pozwoliłoby to zagadnienie w sposób kompleksowy rozwiązać. Również i w tym zakresie widzi się korzystne zmiany.

5. Podsumowanie

Światowa Rada Energetyczna w studium z 2004 r. pt. „Zrównoważony globalny rozwój energetyczny. Przypadek węgla” określa węgiel jako paliwo do produkcji energii elektrycznej spełniające wymagania zrównoważonego rozwoju energetycznego świata.

W perspektywie do roku 2030 około 72% energii będzie wytwarzane z węgla w nowoczesny sposób w oparciu o technologie czystego węgla (clean coal technology), które obejmują jego wydobywanie, wzbogacanie i utylizację.

W okresie ostatnich dekad w przeróbce mechanicznej węgla w Polsce zaszły duże zmiany ilościowe i jakościowe. Zmniejszeniu uległa liczba eksploatowanych zakładów przeróbczych z 91 w 1990 roku do 42 w roku 2004, zmniejszyło się zatrudnienie do 11859, wzrosła średnia wydajność zakładów do ponad 1000 Mg/h. Nastąpił również przyrost zdolności produkcyjnych w zakresie miałów, który wyniósł 75000 Mg/d, co zapewnia przeróbkę około 19 mln ton miału w ciągu roku.

Poprawie uległa też jakość miałów kierowanych do energetyki i energetyki zawodowej. Wartości opałowe tych miałów wynoszą odpowiednio: 22,6 GJ/Mg i 21,5 GJ/Mg. Zmiany te są wynikiem wprowadzania do praktyki nowoczesnych rozwiązań technologicznych i technicznych.

Obecny kształt i stan przeróbki mechanicznej węgla określają czynniki, takie jak: warunki geologiczno-górnice, wymagania rynku oraz względy ochrony środowiska naturalnego. One też stymulują postęp w produkcji węgla rynkowego.

Zmiany w przeróbce mechanicznej węgla dotyczą zarówno rozwiązań technologicznych, wyposażenia maszynowego oraz automatyzacji i obejmują podstawowe jej węzły technologiczne.

Zastosowane w węźle przygotowania i klasyfikacji wstępnej urządzenia np. kruszarki selektywne Bradford i przesiewacze PZ pozwalają znacząco zmniejszyć zawartość skały płonnej w węglu oraz obniżyć granice klasyfikacji, a przez to zwiększyć produkcję dobrego jakościowo węgla, tam gdzie nie ma możliwości wzbogacania miałów węglowych. Poprawiają też uziarnienie nadawy i proces jej wzbogacania w tych przypadkach, gdzie znajdują się osadzarki miałowe.

Korzystne zmiany należy odnotować w procesie wzbogacania miałów węglowych i odwadniania uzyskanych koncentratów węglowych. Obniżenie górnego wymiaru ziarn w nadawie daje poprawę procesu wzbogacania i wpływa korzystnie na pracę urządzeń odwadniających. Głębokie odwadnianie koncentratów miałowych w wąskich klasach ziarnowych, z zastoso-

waniem nowoczesnych i wysokoobrotowych wirówek ślimakowych oraz wirówek sedymentacyjno-filtracyjnych dla najdrobniejszych węgli, dla eliminacji procesu ich termicznego suszenia jest dobrym przykładem świadczącym o osiągniętym postępie.

Namacalny postęp uwidacznia się w gospodarce wodno-mułowej i flotacji najdrobniejszych węgli. Uproszczono schematy obiegów wodnych, wyeliminowano podobiegi i zawroty mułów, skrócono znacznie czas retencji mułów w obiegu, uproszczono sposób przygotowania nadawy do procesu flotacji, przez co stała się możliwa bezpośrednia flotacja wody obiegowej zawierającej tylko te ziarna, które wymagają wzbogacania.

Osiągnięcie postępu w przeróbce mechanicznej węgla nie byłoby możliwe bez automatyzacji i komputeryzacji podstawowych węzłów technologicznych. Monitoring jakości urobku węglowego, automatyczne sterowanie procesu wzbogacania węgla w cieczach ciężkich i w osadzarkach miałowych, sterowanie procesu flotacji i obiegu wodno-mułowego, a nade wszystko procesu tworzenia jednorodnych mieszanek miałowych, jak również monitoring i sterowanie jakości produktów finalnych zakładu przerobczego to te elementy, które wzbogacają technologię i technikę przeróbki mechanicznej węgla w Polsce i identyfikują cały proces produkcyjny w zakładach przerobczych.

Z uznaniem należy podkreślić fakt, że korzystne zmiany w technologii i technice w polskiej przeróbce mechanicznej węgla wprowadzone zostały głównie przez członków Zintegrowanego Instytutu Naukowo-Technologicznego w obszarze Paliwo-Bezpieczeństwo-Środowisko, jak również przez Politechnikę Śląską oraz PKiMSA CARBOAUTOMATYKA S.A.

Literatura

1. Gawlik L., Soliński J.: „Zrównoważony globalny rozwój energetyczny – przypadek węgla” Polityka Energetyczna, tom 7, zeszyt 2. Instytut GSMiE PAN, Kraków 2004.
2. Dubiński J.: Węgiel kamienny – paliwo z przyszłością w światowej gospodarce energetycznej. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej. Instytut GSMiE PAN, Kraków 2005.
3. Inżynieria Mineralna. Rocznik V, nr 2(13). Polskie Towarzystwo Przeróbki Kopalni, Kraków 2004.
4. Materiały własne GIG.
5. Borek S.: Dwufunkcyjny wzbogacalnik zawieszonowy DISA 3/2 KR-2600/ 2000 jako urządzenie do bezpośredniego wzbogacania trójproduktowego lub dwuproduktowego. Maszyny Górnicze nr 2(98) 2004.
6. Cierpisz S., Pielot J., Heyduk A., Joostberens J.: Komputerowe modele symulacyjne przebiegu procesów wzbogacania węgla. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2003.
7. Materiały PKiMSA CARBOAUTOMATYKA S.A.
8. Materiały CEiAG „EMAG”
9. Będkowski Z.: Zagadnienie automatyzacji procesu wzbogacania węgla w wodnych osadzarkach – doświadczenia, wnioski i opinie z aplikacji systemów sterowania Centrum EMAG. Mechanizacja i Automatyzacja, Górnictwo nr 6(413) 2005.
10. Osoba M.: Osadzarki wodne pulsacyjne typu KOMAG, maszyny sprawdzone w przeróbce surowców mineralnych. Maszyny Górnicze nr 4(104) 2005.
11. Diedonne V., Hewitt S., D. van Vyck.: Jigging the South Africa coals – a new challenge. XIV International Coal Preparation Congress and Exhibition, South Africa Institute of Mining and Metallurgy.
12. Sablik J.: Flotacja węgli kamiennych. Wydawnictwo GIG, Katowice 1998.
13. Materiały firmy Allied Colloids Ltd, Ciba.
14. Aleksa H.: Stan i kierunki rozwoju technologii odwadniania koncentratów węglowych. Przegląd Górniczy 9/2005.
15. Kolon S., Gniza D., Pitura D.: Możliwości automatyzacji systemów tworzenia mieszanek energetycznych na przykładzie istniejących instalacji. Polityka Energetyczna, tom 7, Zeszyt specjalny 2004.
16. Materiały CMG KOMAG.
17. Materiały firmy Wilpo.
18. Cierpisz S.: Monitoring i sterowanie jakości węgla w procesach jego wzbogacania. Maszyny Górnicze nr 2/98, 2004.

*Artykuł został ogłoszony na Konferencji
KOMEKO 2006*

Artykuł wpłynął do redakcji w kwietniu 2006

Osadzarki wodne pulsacyjne typu KOMAG do przeróbki kruszyw mineralnych

Streszczenie

W artykule przedstawiono nowe zastosowania wodnych osadzarek pulsacyjnych typu KOMAG w przemyśle kruszyw, w procesach pozyskiwania żwiru i piasku, z jednoczesnym wydzieleniem zanieczyszczeń organicznych i mineralnych. Opisano budowę i zasadę działania osadzarki do przeróbki kruszyw mineralnych. Pokazano zasadnicze zmiany konstrukcyjne wprowadzone po próbach i badaniach prototypu.

Summary

New application of water pulsating jigs of the KOMAG type in aggregates industry in processes for gravel and sand recovery with a simultaneous separation of organic mineral impurities. Structure and principle of operation of the jig used for minerals washing was described. Main design changes implemented after testing were presented.

1. Wprowadzenie

Podstawowe operacje przeróbcze w górnictwie węgla kamiennego oraz przemyśle kruszyw oparte są na rozdziale kopalin surowych, których składniki mineralne różnią się pomiędzy sobą gęstością ziaren i ich wymiarem. Wieloletnie doświadczenia CMG KOMAG w konstruowaniu i doborze technologicznym osadzarek do wzbogacania węgla surowego [1, 2, 3, 5, 6] pozwoliły na ukierunkowanie badań i rozwoju konstrukcji tych maszyn w celu ich zastosowania w przemyśle kruszyw do pozyskiwania żwiru i piasku, w klasie ziarnowej 32–2(0) mm, z równoczesnym wydzieleniem zanieczyszczeń organicznych i mineralnych.

W oparciu o przyznany w 2001 roku przez Komitet Badań Naukowych projekt celowy Nr 6 T07 045 2001 C/5462 pt. „Instalacja do produkcji naturalnych kruszyw płukanych – pulsacyjny klasyfikator kruszyw naturalnych” w Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG powstał prototyp klasyfikatora pulsacyjnego, który został zabudowany i uruchomiony w październiku 2002 r. w ciągu technologicznym kopalni kruszyw „Dębówko”, należącej do Szczecińskich Kopalń Surowców Mineralnych S.A. w Szczecinie.

Wykonane badania technologiczne procesu rozdziału żwiru i piasku z jednoczesną separacją zanieczyszczeń organicznych i mineralnych w warunkach laboratoryjnych i przemysłowych, potwierdziły celowość wykorzystania do tego procesu rozwiązań konstrukcyjnych sprawdzonych w przeróbce węgla kamiennego. Nowa generacja osadzarek typu KOMAG [4], pod nazwą „klasyfikator pulsacyjny”, została wdrożona do eksploatacji w 2005 roku na dwóch obiektach przemysłowych, w Żwirowni KSM sp. z o.o. w Borzęcinie, należącej do CEMEX Polska oraz Zakładzie Produkcji Kruszyw i Prefabrykatów w Suwałkach, należącym do PPMD KRUSZBET S.A.

2. Budowa i zasada działania prototypu osadzarki do przeróbki kruszyw mineralnych

Budowę prototypu wodnej osadzarki pulsacyjnej do przeróbki kruszyw mineralnych prezentuje rysunek 1. Składa się ona z korpusu złożonego z zespołu skrzyń środkowych (5), do których od góry przyspawano wodoszczelnie skrzynię górną z zsuwnią nadawczą (1), a od dołu przykręcono elementami łącznymi skrzynie dolne (7), (9) w kształcie ostrosłupów. Stanowią one wyloty dla piasku przepadającego przez ruszty sitowe (4), a zamocowane w nich zasuwy (8), (10) spełniają rolę regulatorów upustowych (po próbach i badaniach stwierdzono, że nie są one konieczne i w aktualnym rozwiązaniu z nich zrezygnowano).

Zespół skrzyń środkowych posiada komory powietrzne, które wraz z kolektorem powietrza roboczego (13), instalacją zasilającą i zaworem pulsacyjnym (12) tworzą układ pneumatyczno-hydrauliczny wytwarzający pulsację na pokładach sitowych osadzarki. Urządzeniem wzbudzającym pulsację powietrza roboczego jest zawór pulsacyjny (12) napędzany sprężonym powietrzem sterującym z odpowiedniej instalacji, który za pomocą swoich sekcji talerzowych, sterowanych z systemu elektronicznego sterowania SES (16), służy do cyklicznego dozowania powietrza roboczego do komór pulsacyjnych osadzarki.

Właściwą pracę układu pneumatyczno-hydraulicznego zapewniają odpowiednio dobrane urządzenia dodatkowe stanowiące wyposażenie osadzarki: sprężarka śrubowa S zasilająca zawory pulsacyjne w sprężone powietrze i dmuchawa powietrza roboczego D. Ruszty sitowe składające się z dwóch sekcji, kaskadowo zamocowanych bocznymi osłonami w skrzyni górnej i uchwyconych listwami w osi skrzyń środkowych, stanowią powtarzalne, wymienne ramy o wymiarach 0,5x1,0 m z sitami poliuretanowymi o odpowiednich otworach, umożliwiających pulsację i przesuwanie pulpy piaskowo-żwirowej wzdłuż koryta roboczego.

Osadzkę wyposażono w instalację wodną z przepustnicami wody dolnej (11) o napędzie ręcznym, połączonymi króćcami do skrzyń środkowych, których zadaniem jest utrzymywanie właściwego poziomu wody na rusztach koryta roboczego i początkowe napełnianie wodą w czasie rozruchu urządzenia. W końcowej części skrzyni górnej zakończonej blachą progową wykonano otwór odprowadzający produkt ciężki (żwir) i próg przelewowy odprowadzający odpady. Na końcu tej skrzyni zabudowano przepust żwiru (3) służący do ręcznego ustawiania szczeliny upustowej (z którego zrezygnowano po próbach i badaniach prototypu), odbieralnik żwiru (2) z zsuwnią odpadów oraz czujnik pływakowy (15) sterujący pracą odbieralnika. W osadzarce zastosowano system elektronicznego sterowania SES, produkcji PPU „MICRO” z Otmuchowa, w którym można nastawić bezstopniowo odpowiednie cykle pracy zaworu pulsacyjnego wytwarzającego ruch pulsacyjny wody na rusztach sitowych. System ten za pomocą impulsów elektrycznych podawanych przez czujnik pływakowy reguluje nadążnie prędkością obrotową wygarniacza w odbieralniku żwiru.

Zasada działania osadzarki opiera się na typowym procesie wzbogacania grawitacyjnego minerałów i polega na rozwarstwieniu w pulsacyjnym ośrodku wodnym odpowiednio przygotowanej nadawy według jej składu ziarnowego oraz gęstości składników. Materiał surowy stanowiący mieszanek żwirowo-piaskową doprowadzany jest zsuwnią nadawczą do skrzyni górnej (1), gdzie podlega pulsacji na rusztach sitowych (4) poszczególnych sekcji koryta roboczego. Pulsacja wywoływana jest cyklicznym dozowaniem sprężonego powietrza roboczego z kolektora (13) do komór pulsacyjnych osadzarki przez zawór pulsacyjny (12), wywołujący ruch wznoszenia i opadania materiału wzbogacanego na rusztach sitowych koryta. Wlot powietrza roboczego do komór pulsacyjnych następuje dwoma sekcjami talerzowymi, a wylot do atmosfery jedną.

Konstrukcja zaworu umożliwia realizację złożonego cyklu pulsacji wody, jak również regulację ilościową przepływającego powietrza roboczego za pomocą przepustnic ręcznych. Powietrze sprężone tzw. robocze, dostarczane jest do kolektora o odpowiedniej pojemności z dmuchawy o dobranych do danych warunków technologicznych parametrach technicznych ilości i ciśnienia. Powietrze sterujące, służące do uruchamiania zaworu pulsacyjnego wlotowo-wylotowego za pomocą siłowników pneumatycznych, dostarczane jest przez sprężarkę zabudowaną na zbiorniku wyrównawczym. Rozwarstwiona i pulsująca mieszanina materiału i wody, przesuwając się po rusztach sitowych koryta roboczego kolejnych sekcji, wędruje do wylotu skrzyni górnej (1), z której produkt ciężki (żwir), przechodząc przez przepust (3) ustawiany ręcznie, odbierany jest odbieralnikami (2) sterowanym z systemu SES.

Odprowadzenie odpadów (frakcji lekkiej) odbywa się zsuwnią znajdującą się powyżej odbieralnika żwiru, a produkt drobnoziarnisty, tj. piasek po przejściu przez szczeliny rusztów sitowych, opada do skrzyń dolnych (7), (9) i upustami (8), (10) z regulowaną szczeliną odprowadzany jest wraz z wodą na zewnątrz, do kolektora pulpy. Dla utrzymania właściwego poziomu wody w korycie roboczym, a tym samym dobrego rozwarstwienia materiału, osadzkę wyposażono w instalację wodną z przepustnicami klapowymi (11), w których szczelina otwarcia jest nastawiana ręcznie.

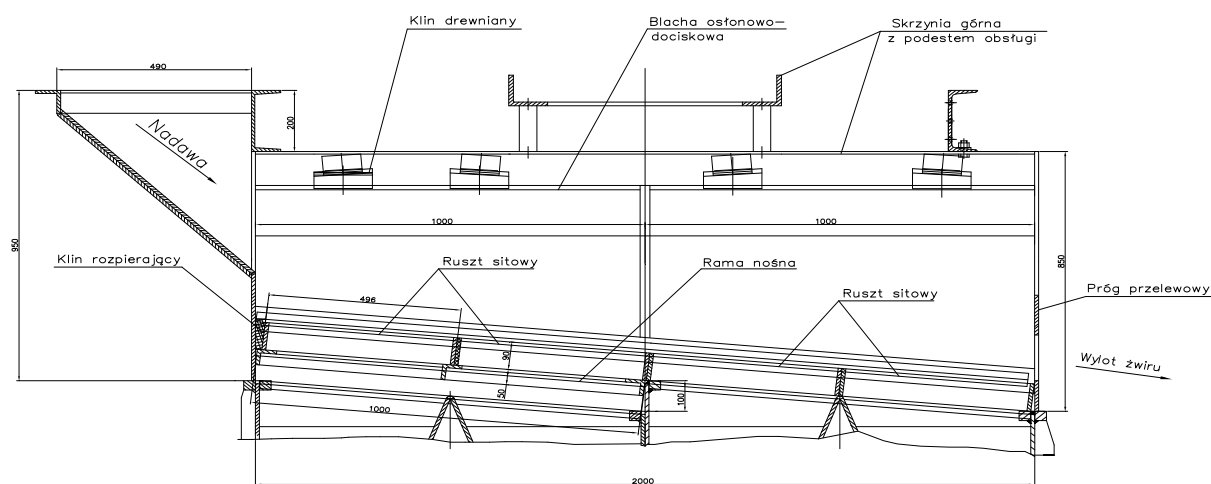
3. Zasadnicze zmiany konstrukcyjne w osadzarce do przeróbki kruszyw mineralnych wprowadzone po badaniach prototypu

Przeprowadzone próby i badania prototypu osadzarki do przeróbki kruszyw mineralnych pozwoliły na wprowadzenie szeregu zmian konstrukcyjnych mających na celu zwiększenie sprawności działania maszyny oraz poprawę przebiegu procesu pozyskiwania żwiru i piasku z jednoczesnym wydzieleniem zanieczyszczeń organicznych i mineralnych.

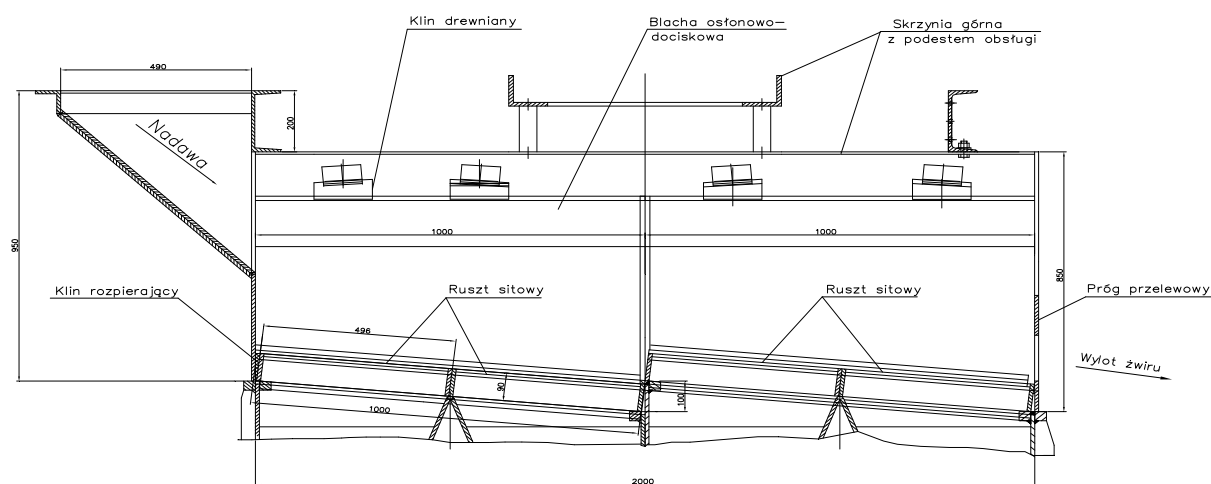
W celu zwiększenia skuteczności rozwarstwiania ziaren, w pierwszej części koryta roboczego osadzarki zrezygnowano z uskokowego (kaskadowego) montażu segmentów sitowych (rozwiązanie B) i zabudowano je w sposób dający jednolitą pochyloną płaszczyznę (rozwiązanie A), co przedstawiono na rysunku 2.

Dla ograniczenia hamującego oddziaływania progu na cząstki zanieczyszczeń organicznych i mineralnych przemieszczające się po warstwie zawierającej ziarna żwirowe oraz przesunięcia krawędzi przelewowej progu od strefy pulsacji i odbioru produktu żwirowego w korycie roboczym osadzarki zastosowano nową konstrukcję odbieralnika żwiru, co pokazano na rysunku 3, natomiast dla poprawy sprawności pracy układu odbioru produktów zastąpiono układ rolkowego prostoliniowego prowadzenia czujnika pływakowego rozwiązaniem z wahaczem dźwigniowym wykonującym ruch obrotowy względem osi, co przedstawiono na rysunku 4.

Jednocześnie wprowadzono zmiany w systemie elektronicznego sterowania, między innymi zabudowano dodatkowo układ automatycznej rewersyjnej pracy odbieralnika żwiru w przypadku jego zablokowania ziarnami o wymiarach > 32 mm, który pozwala na samoistne odblokowanie i dalszą pracę osadzarki bez konieczności ingerencji obsługi oraz rozszerzono możliwości włączenia osadzarki w układ zdalnego sterowania jej pracą w systemie blokad z innymi urządzeniami ciągu technologicznego.



Zabudowa rusztów w jednej płaszczyźnie



Zabudowa rusztów w układzie kaskadowym

Rys.2. Zabudowa pokładów sitowych w osadzarce do pozyskiwania żwiru i piasku:

A – zabudowa rusztów sitowych w jednej płaszczyźnie, B – zabudowa rusztów sitowych w układzie kaskadowym

4. Parametry techniczne osadzarki do przeróbki kruszyw mineralnych

Osadzarka wodna pulsacyjna do przeróbki kruszyw mineralnych przeznaczona jest do rozdziału nadawy żwirowo-piaskowej o granulacji 32-2(0) mm na dwa produkty: żwir i piasek oraz wydzielania z nich zanieczyszczeń mineralnych i organicznych, w warunkach eksploatacji w temperaturze otoczenia od -5°C do +35°C.

Parametry techniczne:

- wydajność: do 100 t/h
- granulacja nadawy: 32÷2(0) mm
- powierzchnia robocza łoża: 4 m²
- parametry powietrza roboczego pulsacyjnego: 20 m³/min/0,03 MPa
- parametry powietrza sterującego: 0,8 m³/min/0,5 MPa
- zasilanie elektryczne:
 - układ elektronicznego sterowania SES 0,2 kW/230 V

- napęd motoreduktora odbieralnika 4,0 kW/400 V
- wentylator dodatkowego chłodzenia napędu 0,2 kW/230 V
- obwody sterowania 24 V
- masa całkowita z kolektorem powietrza roboczego: około 9000 kg

5. Wdrożenia przemysłowe

Pozytywne wyniki prób i badań prototypu wodnej osadzarki pulsacyjnej do przeróbki kruszyw mineralnych pozwoliły na jej wdrożenie do eksploatacji w 2005 roku na dwóch obiektach przemysłowych. W nowo wybudowanej Żwirowni KSM sp. z o.o. w Borzęcinie, należącej do CEMEX Polska osadzarka pracuje oczyszczając głównie z zanieczyszczeń organicznych nadawę żwirowo-piaskową w klasie ziarnowej 16–2 mm. Realizatorem inwestycji w tym przypadku była firma Vibro-Eco-Tech sp. z o.o. ze Stanicy koło Gliwic.



Rys.5. Widok osadzarki typu KOMAG w Żwirowni KSM Borzęcin



Rys.6. Widok osadzarki typu KOMAG w Zakładzie Produkcji Kruszyw i Prefabrykatów w Suwałkach

W Zakładzie Produkcji Kruszyw i Prefabrykatów w Suwałkach, należącym do PPMD KRUSZBET S.A., w którym w ramach projektu „Linia technologiczna do produkcji betonu i urządzenie do oczyszczania kruszyw z zanieczyszczeń” dofinansowanego przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (Fundusze Strukturalne – Sektorowy Program Operacyjny – Wzrost Konkurencyjności Przedsiębiorstw) zrealizowanego w okresie od 1.04.2005 r. do 31.10.2005 r., wybudowano nowy układ technologiczny, a osadzarka pracuje oczyszczając nadawę żwirowo-piaskową w klasie ziarnowej 32-2 mm z występujących w niej głównie zanieczyszczeń mineralnych.

6. Podsumowanie

Zastosowane rozwiązania konstrukcyjne osadzarki typu KOMAG do przeróbki kruszyw mineralnych umożliwiają jej zabudowę i eksploatację w ciągu technologicznym dowolnego zakładu produkcji kruszywa, z przeznaczeniem do oczyszczania nadawy żwirowo-piaskowej o uziarnieniu 32–2 mm z zanieczyszczeń organicznych i mineralnych. Osadzarka ta pozwala na produkcję piasku i żwiru spełniającego wymagania norm jakościowych oraz dostosowanie parametrów technologicznych produktów do wymagań rynku. Zastosowane w niej innowacyjne rozwiązanie systemu elektronicznego sterowania i zaworu pulsacyjnego nowej generacji umożliwia dobór parametrów cyklu pulsacji wody do zmiennych parametrów technologicznych nadawy żwirowo-piaskowej, automatyczne sterowanie i kontrolę procesu technologicznego oraz bezobsługową eksploatację. Dzięki temu uzyskuje się wysoką skuteczność rozdziału produktów oraz wydzielania zanieczyszczeń, tym samym uzyskując wysoką klasę czystości produktów finalnych.

Dotychczasowa eksploatacja pozwoliła na osiągnięcie skuteczności wydzielania wyżej wymienionych zanieczyszczeń na poziomie 90% przy ilości podawanej nadawy około 100 t/h. Pozwala to na zastoso-

wanie osadzarki typu KOMAG jako rozwiązania alternatywnego dla dostępnych dotąd w tej klasie wyrobów z importu. Niewątpliwą jej zaletą jest stosunkowo niska cena oraz możliwość dostosowania konstrukcji do wymagań konkretnego odbiorcy, pod względem warunków przestrzennych miejsca zabudowy oraz oczekiwanej wydajności i jakości produktów handlowych, co daje gwarancję wysokiej funkcjonalności.

Literatura

1. Będkowski Z.: Aktualny poziom i perspektywy automatyzacji procesów przeróbki węgla metodą wzbogacania w wodnych osadzarkach pulsacyjnych. Automatyzacja Procesów Przeróbki Kopalin, X Konferencja, Politechnika Śląska, Szczyrk 2004.
2. Będkowski Z.: Aspekt ekonomiczny postępu technicznego w dziedzinie stosowanych urządzeń sterowania procesem wzbogacania węgla w osadzarkach węglowych typu KOMAG. Automatyzacja Procesów Przeróbki Kopalin, X Konferencja, Politechnika Śląska, Szczyrk 2004.
3. Głowiak S., Jędo A., Śmiejek Z.: Polska wodna osadzarka pulsacyjna sterowana elektronicznie – 25 lat istnienia produktu w krajowych i zagranicznych instalacjach przerobczych. KOMEKO 2004 – materiały konferencyjne, CMG KOMAG, Ustroń 2004.
4. Osoba M., Lutyński A.: Nowa generacja osadzarek pulsacyjnych typu KOMAG do pozyskiwania żwiru i piasku. KOMEKO 2004 – materiały konferencyjne, CMG KOMAG, Ustroń 2004.
5. Osoba M.: Osadzarki wodne pulsacyjne typu KOMAG – maszyny sprawdzone w przeróbce surowców mineralnych. Maszyny Górnicze nr 4/2005.
6. Prace własne CMG KOMAG, Gliwice 1998-2005.

Artykuł został wygłoszony na Konferencji KOMEKO 2006

Artykuł wpłynął do redakcji w kwietniu 2006 r.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Aleksander Lutyński

Sprawność i skuteczność wzbogacania trójproduktowego w osadzarkach typu KOMAG ze zmodernizowanym układem odbioru na przykładzie KWK „Rydułtowy-Anna”

Streszczenie

W artykule opisano sprawność i skuteczność wzbogacania trójproduktowego w osadzarkach typu KOMAG ze zmodernizowanym układem odbioru na przykładzie KWK „Rydułtowy-Anna”. Na szczególną uwagę zasługuje przedsięwzięcie zrealizowane w KWK „Rydułtowy-Anna” RI, nie tylko z uwagi na szeroki zakres zaplanowanych prac, czy merytoryczny udział kilku podwykonawców w realizacji poszczególnych zadań, ale przede wszystkim ze względu na ścisłą współpracę specjalistów CMG KOMAG i Centrum EMAG i to zarówno na etapie sporządzania wstępnych założeń technicznych, jak i projektów wykonawczych i rozruchu technologicznego obiektu.

Summary

Efficiency of three-product washing process on KOMAG jigs together with modernized receiving system was describe on an example of “Rydułtowy-Anna” Colliery. Special attention should be paid on the project realized in Rydułtowy-Anna” Colliery RI, not only because of wide work front or participation of few sub-contractors to realize some special tasks but first of all due to a close collaboration of KOMAG’s specialists with EMAG both at the stage of preparation of initial technical assumptions and at the stage of startup operations.

1. Wstęp

Pomimo trudnej sytuacji ekonomicznej kopalń i związanych z górnictwem ośrodków naukowo-badawczych, nie tylko nie zostały wstrzymane prace badawczo-rozwojowe, ale wręcz dokonany został znaczący postęp i rozwój rozwiązań technicznych w wielu dziedzinach techniki górniczej. Przyczyniły się do tego - „ocalałe” po przekształceniach restrukturyzacyjnych w branży górniczej - nieliczne ośrodki naukowo-badawcze oraz nowo powstałe firmy prywatne, najczęściej zatrudniające pracowników o sporym potencjale wiedzy i doświadczeń, zdobytych i ugruntowanych w trakcie wieloletniej praktyki w danej specjalności. Dzięki temu nie zostały zaprzepaszczone wcześniejsze osiągnięcia polskiej myśli technicznej, również i w tak ważnej dyscyplinie przeróbki mechanicznej surowca, jaką jest wzbogacanie węgla w wodnych osadzarkach pulsacyjnych.

Wiodącym w kraju ośrodkiem badawczym, specjalizującym się w konstrukcji m.in. osadzarek węglowych jest Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG – Gliwice. Przewaga osadzarek typu KOMAG uwidacznia się zwłaszcza w aplikacjach w starych zakładach przerobczych, gdzie ze względu na zwykle duże zagęszczenie przestrzenne urządzeń – niemożliwe jest dodatkowe wkomponowanie „przygotowalni” nadawy, niezbędnej dla właściwego działania układów odbioru stosowanego w osadzarkach typu Allmineral. Należy również podkreślić konieczność poniesienia niewspółmiernie wysokich kosztów takiej inwestycji w stosunku do efektów ekonomicznych.

Napływające z różnych źródeł informacje pozwalają domniemywać, że wyniki produkcyjne zakładów stosujących osadzarki zachodnich firm są porównywalne z uzyskiwanymi w osadzarkach typu KOMAG. Przyczyny tego szybkiego „zrównania” poziomu technicznego z konkurencyjnymi rozwiązaniami należy upatrywać przede wszystkim w ciągłym dążeniu konstruktorów KOMAG-u do podnoszenia sprawności technologicznej maszyn, poprzez wprowadzanie istotnych modernizacji poszczególnych elementów wykonawczych osadzarki oraz urządzeń otoczenia technologicznego (zawory powietrza roboczego).

Nie mniejsze znaczenie dla wzrostu efektywności procesu wzbogacania węgla w osadzarkach typu KOMAG mają również osiągnięte dotychczas wyniki prac naukowo-badawczych w ramach przyjętego przez Centrum EMAG programu rozwoju zaawansowanych systemów i urządzeń sterowania pracą osadzarek. Szereg instalowanych od kilku lat systemów automatykacji częściowej i kompleksowej pracy węzła technologicznego osadzarek jest świadectwem konsekwentnej realizacji celu, zapoczątkowanego w latach 80. przemysłowym wdrożeniem (wspólnie z CMG KOMAG) urządzenia sterowania odbiorem produktu ciężkiego typu PULS 84. Z powyższych względów większość osadzarek pracujących w polskim przemyśle węglowym (zarówno w obiektach starych zakładów przerobczych, jak i w nowych zakładach wzbogacania węgla) stanowią osadzarki typu KOMAG, przy czym nieunikniony jest proces zastępowania przestarzałych urzą-

dzeń nowoczesnymi rozwiązaniami, zwłaszcza z uwagi na restrykcyjny wymóg obniżania kosztów wydobycia węgla (poprzez m.in. ograniczenie strat substancji palnych i obniżenie kosztów przeróbki) oraz podnoszenie wymagań przez odbiorców węgla w zakresie dotyczącym spełnienia żądanych parametrów jakościowych produktu.

Aktualnie Centrum EMAG oferuje wdrożone w przemyśle systemy dyspozytorskie DSS 2002 i kompleksowego sterowania węzłem technologicznym osadzarki – AS 2003, budowane w oparciu o urządzenie BOSS 2000 – pracujące w osadzarkach typu KOMAG w kopalniach: „Bogdanka”, „Murcki”, „Staszic”, „Rydułtowy-Anna” RI i RII.

Z powyższych aplikacji na szczególną uwagę zasługuje przedsięwzięcie zrealizowane w KWK „Rydułtowy-Anna”RI, nie tylko z uwagi na szeroki zakres zaplanowanych prac, merytoryczny udział kilku podwykonawców w realizacji poszczególnych zadań, co wiązało się z koniecznością właściwego nadzoru i koordynacji działań ze strony Inwestora, ale przede wszystkim ze względu na ścisłą współpracę zespołów specjalistów CMG KOMAG i Centrum EMAG i to zarówno na etapie sporządzania wstępnych założeń technicznych, jak i projektów wykonawczych i rozruchu technologicznego obiektu.

2. Przeróbka węgla w KWK „Rydułtowy-Anna”RI

Zakład mechanicznej przeróbki węgla w KWK „Rydułtowy-Anna” wybudowany został w latach sześćdziesiątych ub. wieku. Od momentu jego oddania do użytku przeróbka surowca odbywa się w dwóch podstawowych sekcjach wzbogacania węgla, tj. wzbogacania w cieczy ciężkiej oraz w osadzarkach miałowych. W 1991 r. uruchomiono sekcję flotacji, ale duża awaryjność i problemy natury technicznej z prototypowym urządzeniem (flotownik kolumnowy FLOKOB 12) sprawiły, że po niespełna roku eksploatacji maszyna została ostatecznie wyłączona z ruchu, a w okresie późniejszym zdemontowana.

W chwili obecnej trwają prace badawczo-projektowe związane z zagospodarowaniem mułów surowych. Rozważane są dwie możliwości wzbogacania mułu surowego: we wzbogacalnikach spiralnych LD-4 lub flotownikach IZ-6. Planuje się również zastąpienie procesu suszenia termicznego odwadnianiem w wirówkach sedymentacyjno-filtracyjnych.

Kopalnia KWK „Rydułtowy-Anna” jest producentem węgla typu 33 i 34,2 w ilości 14000 ton (Ruch I Rydułtowy – 8000 ton, Ruch II Anna – 6000 ton) w następujących sortymentach:

- orzech,
- orzech II,
- miały energetyczne,

- miały koksowe,
- muł B,
- muł C.

Średnia jakość produkowanego węgla w 2005 roku wynosi:

- wartość opałowa 24240 kJ/kg,
- zawartość popiołu 16,1%,
- zawartość siarki 0,66%.

Węgiel z kopalni „Rydułtowy-Anna” RI w 30% kierowany jest głównie na eksport do Austrii. Dzięki stałym i rytmicznym dostawom oraz niezmiennym parametrom jakościowym współpraca z odbiorcami austriackimi odbywa się już od roku 1988.

Pozostała ilość produktów kopalni kierowana jest do odbiorców krajowych, którymi są koksownie, elektrownie, elektrociepłownie, zakłady chemiczne, cementownie oraz indywidualni odbiorcy w ramach sprzedaży drobnicowej.

Zagwarantowanie pożądaných parametrów jakościowych węgla na poziomie wymaganym przez odbiorców możliwe jest dzięki odpowiedniemu wyposażeniu zakładu przerobczego oraz zastosowaniu nowych technologii wzbogacania surowca. Kopalnia wyposażona jest również w urządzenia do ciągłego monitoringu jakości węgla kamiennego, co pozwala na zapewnienie jego odpowiednich parametrów.

2.1. Sekcja osadzarek miałowych

Dwie trójproduktowe osadzarki miałowe OM18P3, w których stosowany był mechaniczny układ sterowania odbiorem produktu ciężkiego, stanowiły (do 2005 r.) wyposażenie węzła technologicznego wzbogacania miału o uziarnieniu 0÷20 mm. Komory powietrzne umieszczone są wzdłuż osi osadzarki, a powietrze robocze tłoczone jest zaworami obrotowymi (rys. 1).

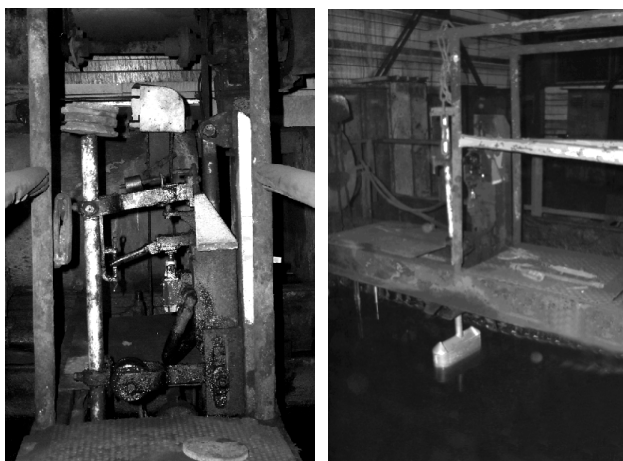
Nadawa na osadzarki (klasa ziarnowa 20-0) przygotowana jest w wyniku klasyfikacji wstępnej na przesiewaczach WK-1 2.2x4,5 oraz PWP-1 2,2x4,5, za pomocą układu przenośników taśmowych B-1000 transportowana jest na przesiewacze typu Liwell – 2 szt. (z wydzieleniem klasy 3-0) dla jednej z osadzarek oraz bezpośrednio na podajnik trapezowy PWT – dla drugiej osadzarki. Nadawa w obu przypadkach podawana jest wraz z wodą górną na zsuwnię podawczą do osadzarki.

Znaczne zużycie maszyn i urządzeń technologicznych sekcji osadzarek, niska wydajność nominalna, duże zużycie wody, a przede wszystkim spore problemy z uzyskaniem właściwych parametrów jakościowych produktów finalnych (w tym bezwzględny wymóg ograniczenia strat substancji palnych w odpadach) sprawiły, że kierownictwo zakładu przerobczego uzyskało zgodę i niezbędne środki finansowe na doko-

a)



b)



Rys.1. Osadzarka OM18 w KWK Rydułtowy-Anna RI: a) instalacja powietrza roboczego; b) urządzenie sterowania odbiorem produktu ciężkiego

nanie pierwszego etapu modernizacji węzła osadzarek, tj. zabudowy nowoczesnej osadzarki typu KOMAG w miejsce jednej z maszyn. Rozpoznanie stanu techniki, sprecyzowanie założeń i wymagań technicznych dla nowej inwestycji, a wreszcie wybór urządzenia sterowania pracą osadzarki pozostał w gestii kierownictwa zakładu przerobczego.

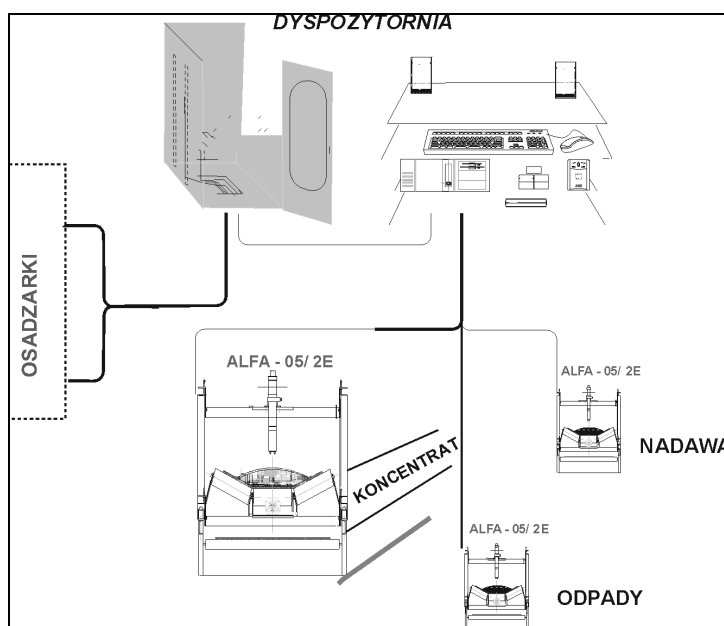
2.2. Zakres modernizacji węzła technologicznego osadzarek mialowych

Tak jak w większości zakładów przerobczych polskich kopalń, brak odpowiedniego wyposażenia w przyrządy pomiarowe wykluczał monitorowanie i kontrolę procesu produkcji wzbogaconego węgla w niewalczących fragmentach zakładu. Jedynym punktem doraźnej kontroli parametrów produktu finalnego był popiołomierz pomiaru ciągłego na stanowisku załadunku do wagonów. Ze względu na uciążliwość i czasochłonność obowiązujących procedur laboratoryjnego wykonywania okresowych pomiarów próbek surowca i produktów finalnych, metoda ta jest całkowicie nieprzydatna do sprawowania nadzoru (w czasie rzeczywistym) nad przebiegiem procesu przeróbki surowca w węzle technologicznym wzbogalnika. Z tych m.in. względów przedstawiona przez Centrum EMAG oferta techniczna, której przedmiotem był kompleksowy system sterowania węzłem technologicznym osadzarek, wychodziła naprzeciw pilnej potrzebie modernizacji technicznej całego ciągu produkcyjnego wzbogaczonego mialu.

Integralną częścią systemu sterowania pracą osadzarki, wyposażonej w urządzenie odbioru typu BOSS 2000, są radiometryczne popiołomierze do pomiaru ciąg-

łego zawartości popiołu ALFA-05/2E. Zgodnie ze wskazaniem kierownictwa ZP zostały one zabudowane na przenośnikach taśmowych surowca, koncentratu i odpadów. Takie rozmieszczenie punktów kontrolno-pomiarowych w zakładzie przerobczym sprawia, że bieżącym monitoringiem „jakościowym” objęty jest cały ciąg produkcyjny płuczki mialowej, co przy istniejącym układzie urządzeń transportujących zakładu umożliwia kierowanie przez dyspozytora sporządzaniem mieszanek o pożądanych parametrach na „poziomie” maszyny, poprzez wzbogacanie w osadzarkach całości lub tylko części surowca, a w przypadku zgodności parametrów jakościowych nadawy z zaplanowaną klasą załadunku lub odstawa na zwalę – produkcja węgla odbywać może się z całkowitym pominięciem osadzarki.

Architekturę systemu przedstawia rysunek 2.



Rys.2. Architektura systemu sterowania pracą węzła technologicznego osadzarek w ZMPW KWK „Rydułtowy-Anna”RI

Osadzarka wyposażona jest w urządzenie automatycznego odbioru produktów wzbogacania BOSS 2000. Elementy pomiarowo-wykonawcze urządzenia odbioru połączone są poprzez wewnętrzną magistralę danych ze sterownikami elektronicznymi urządzenia. Praca poszczególnych elementów urządzenia odbioru oraz stan i przebieg procesu wzbogacania w osadzarkach monitorowane są na stanowisku dyspozytorskiego systemu zdalnego sterowania DSS 2002. Do systemowej magistrali danych dołączone są popiołomierze, skonfigurowane są poprzez komputer systemu dyspozytorskiego.

3. Realizacja prac wdrożeniowych

Wybór oferty Centrum EMAG jako wykonawcy systemu kompleksowego sterowania pracą węzła technologicznego osadzarek spowodował konieczność dokonania przez CMG KOMAG niezbędnych zmian projektowych, dotyczących konstrukcji niektórych elementów osadzarki i urządzeń otoczenia technologicznego.

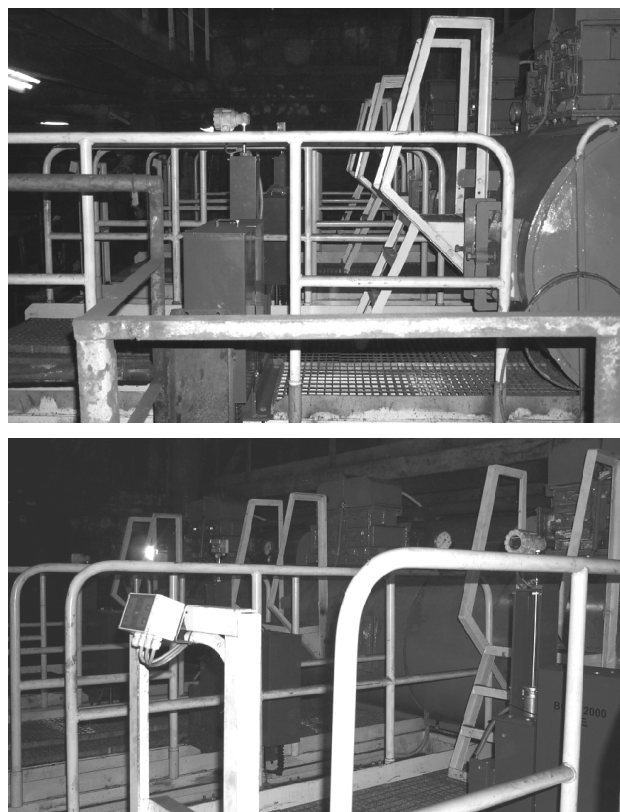
Kompletna osadzarka OM20P3eR wraz z urządzeniami otoczenia technologicznego (zawory talerzowe powietrza roboczego, zawory wody dolnej) wykonana została przez SM Wrębowa, a demontażu osadzarki OM18P3 i montażu osadzarki OM20P3eR dokonał Pemug S.A. Wykonawcą urządzenia automatycznego odbioru produktów wzbogacania, popiołomierzy ALFA 05/2E oraz stanowiska dyspozytorskiego węzła osadzarek było Centrum EMAG.

3.1. Osadzarka OM20P3eR w KWK „Rydułtowy-Anna” RI

Osadzarka OM20P3eR o zakładanej wydajności nominalnej 500 t/h zaprojektowana została przez CMG KOMAG. Istotnym utrudnieniem dla projektantów maszyny, był wymóg „wkomponowania” nowej osadzarki o większej powierzchni roboczej pokładu sitowego w miejsce osadzarki OM18P3 – bez konieczności przebudowy urządzeń otoczenia technologicznego (zsuwnie, przenośniki itp.) oraz dokonywania jakichkolwiek zmian dotyczących konstrukcji obiektu zakładu przerobczego. Dodatkowym problemem projektantów było takie „podzielenie” konstrukcji maszyny, aby transport na miejsce zabudowy poszczególnych fragmentów konstrukcji osadzarki mógł odbyć się istniejącymi trasami transportowymi, za pomocą dostępnych środków technicznych i urządzeń.

Po raz pierwszy możliwe było dokonanie przez CMG KOMAG – już na etapie wykonywania projektu osadzarki OM20P3eR – modyfikacji konstrukcyjnych maszyny, wynikających z nowej koncepcji sterowania procesem wzbogacania węgla w osadzarkach. W przedmiotowej aplikacji zrezygnowano z całkowicie

nieprzydatnych przepustnic powietrza na doprowadzeniach do komór w przedziałach maszyny, co w efekcie wydatnie zmniejszyło całkowitą masę zespołów zaworów talerzowych. W znacznej mierze uproszczona została konstrukcja mechanicznego układu napędów elementów wykonawczych przedziału osadzarki (większość elementów wykonano ze stali nierdzewnej).



Rys.3. Widok osadzarki OM20P3eR – KWK „Rydułtowy-Anna”

3.2. Urządzenie automatycznego odbioru produktów wzbogacania BOSS 2000

Urządzenie automatycznego odbioru produktów wzbogacania BOSS 2000 zaprojektowane zostało w całości w Centrum EMAG. Konstrukcja zawieszenia elementów pomiarowo-wykonawczych przedziałów roboczych zmodernizowana została przez CMG KOMAG.

W rozwiązaniu BOSS 2000 identyfikacja przebiegu procesu jest realizowana poprzez pomiar bezwzględnej wysokości warstwy wzbogacanego surowca w przedziale roboczym maszyny czujnikiem pływakowym o niezmiennym, dobranym tzw. ciężarze właściwym, co całkowicie uniezależnia pracę urządzenia odbioru od zmian parametrów jakościowo-ilościowych nadawy. Położenie zasuwy progowej i przepustu produktu ciężkiego, parametry pulsacji powietrza roboczego i ilość wody roboczej sterowane są w funkcji wysokości h pływaka.

Sterowanie pracą urządzenia odbioru polega na wprowadzaniu parametrów roboczych elementów wy-

konawczych przedziału za pośrednictwem sterownika elektronicznego. Wszystkie elementy pomiarowo-wykonawcze systemu komunikują się ze sterownikami elektronicznymi dwukierunkową magistralą transmisyjną. Sterowniki systemu BOSS 2000 przystosowane są do włączenia w zewnętrzne sieci komputerowe.

Sposób wizualizacji i rejestracji stanu elementów wykonawczych maszyny, sygnalizacji stanów awaryjnych oraz zdalnej obsługi urządzenia BOSS 2000 sprawia, że w warunkach pełnej sprawności maszyny i urządzeń ciągu technologicznego, nie jest konieczny stały nadzór operatora maszyny.

a)

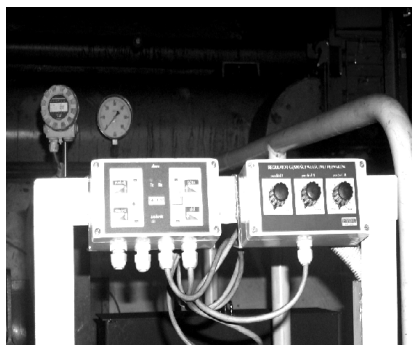


b)



Rys.4. Urządzenie BOSS 2000 – osadzarka OM20P3eR: a); b) urządzenie pomiarowo-wykonawcze przedziału roboczego

a)



b)



c)



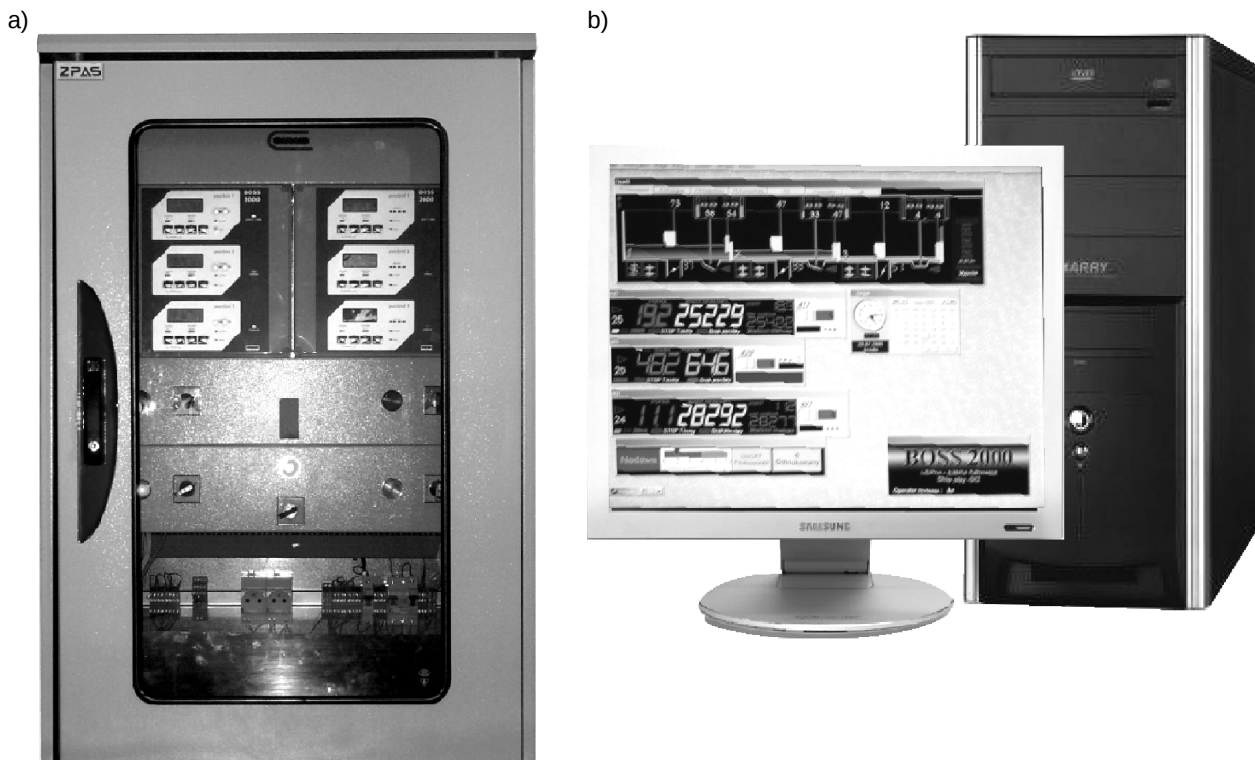
Rys.5. Urządzenie BOSS 2000 w osadzarce OM20P3eR: a) stacyjki ręcznego sterowania siłownikami i regulacji ciężaru właściwego pływaków, b) sterowane przepustnice wody dolnej, c) stacja przygotowania powietrza sterującego

3.3. Dyspozytorski system zdalnego sterowania i wizualizacji pracy osadzarki

Dyspozytorski system sterowania i wizualizacji pracy elementów węzła technologicznego osadzarki stanowi niezwykle przydatne wyposażenie systemu automatycznego odbioru BOSS 2000.

3.4. System sterowania AS 2003

Podstawowym zadaniem systemu kompleksowego sterowania pracą węzła technologicznego maszyny jest możliwość kształtowania pożądanych parametrów jakościowych produktów wzbogacania już na „wyjściu” osadzarki. Zabudowany, na przenośniku taśmowym



Rys.6. Dyspozytornia zakładu przeróbki mechanicznej węgla KWK „Rydułtowy-Anna”: a) szafa sterownicza urządzenia BOSS 2000, b) monitor systemu dyspozytorskiego

koncentratu, popiołomierz radiometryczny ALFA-05/2E jest wskaźnikiem występujących tendencji (wzrost/spadek) zmian wartości opałowej koncentratu.

Stanowisko komputerowe systemu zabudowane jest w dyspozytorni zakładu przerobczego. Komputer stanowiska dyspozytorskiego wyposażony jest w oprogramowanie z zakresu logiki rozmytej. Uniwersalne, funkcjonalne oprogramowanie umożliwia bezkonfliktową zmianę trybu pracy systemu z dyspozytorskiego na automatyczny i odwrotnie.



Rys.7. Popiołomierz ALFA 05/2E – taśma z odpadami

4. Wnioski

Okres ponad półrocznego użytkowania maszyny OM20P3eR w zmodernizowanym węźle technologicz-

nym osadzarek w ZMPW jest w zupełności wystarczający do sformułowania opinii i ocen Użytkownika, dotyczących osiągniętych efektów techniczno-ekonomicznych oraz zalet funkcjonalno-użytkowych zrealizowanego przedsięwzięcia:

1. Zabudowa popiołomierzy, objętych systemem dyspozytorskiego nadzoru, w wybranych punktach kontrolnych ciągu technologicznego sekcji osadzarek miałowych sprawiła, że cały proces produkcji wzbogaconego węgla prowadzony może być pod ścisłą kontrolą dyspozytora, co dodatkowo przyczynia się do usprawnienia organizacji procesu sporządzania mieszanek o pożądanych parametrach jakościowych.
2. Z prowadzonych kontrolnych laboratoryjnych badań jakościowych produktów finalnych uzyskiwanych z osadzarki OM20P3eR wynika, że średnio o 1,5% zmniejszone zostały straty węgla odprowadzane w odpadach (w porównaniu z osadzarką OM18P3). Aktualnie zawartość węgla w odpadach wynosi $0,2 \pm 0,8\%$.
3. Zdecydowanej poprawie uległy również warunki pracy operatora maszyny, w praktyce sprowadzające się do obserwacji przebiegu pracy osadzarki i reakcji w przypadkach awarii technologicznych (np. przypadki obecności w nadawie elementów stalowych).

Do powyższych wniosków należy również dołączyć komentarz Wykonawcy systemu wizualizacji i sterowa-

nia pracą osadzarki, odnoszący się merytorycznie do możliwości podnoszenia sprawności osadzarek typu KOMAG, poprzez stosowanie nowoczesnych urządzeń i zaawansowanych technologii.

Wzorowa współpraca EMAG – KOMAG dowiodła, że „ustalony” od wielu lat pogląd o dość wyraźnym podziale „zadań” pomiędzy konstruktorami osadzarek i urządzeń sterowania procesem wzbogacania uległ niemal całkowitemu zatarciu. W praktyce, a zwłaszcza w omawianym przypadku, okazało się, że znaczne podniesienie sprawności i efektywności pracy osadzarki może zostać osiągnięte również poprzez automatyzację urządzeń sterowania procesem, a niektóre efekty modernizacji osadzarki możliwe są do osiągnię-

cia mniejszym nakładem środków technicznych i finansowych przy właściwym zastosowaniu urządzeń i reguł z dziedziny automatyki przemysłowej.

Literatura

1. Osoba M.: Osadzarki wodne pulsacyjne typu KOMAG – maszyny sprawdzone w przeróbce surowców mineralnych; *Maszyny Górnicze* nr 4, 2005.
2. Prace własne CEiAG EMAG, Katowice 1997-2005.

Artykuł został wygłoszony na Konferencji KOMEKO 2006

Artykuł wpłynął do redakcji w maju 2006 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Aleksander Lutyński

Ocena pracy maszyn flotacyjnych IZ-12 na podstawie pomiarów napięcia powierzchniowego zwilżania

Streszczenie

Badano napięcie powierzchniowe zwilżania ziaren węglowych flotujących w kolejnych przestrzeniach wirnikowych flotownika IZ-12 oraz udział ziaren hydrofilowych w poszczególnych produktach uzyskanych z opróbowania maszyny. Do wyznaczenia wartości napięcia powierzchniowego zwilżania ziaren węglowych wykorzystano metodę frakcjonowanej flotacji powierzchniowej (FFP). Stwierdzono, że zastosowanie metody frakcjonowanej flotacji powierzchniowej i analiza wyników rozkładu napięcia powierzchniowego zwilżania węgla w koncentraty wzdłuż maszyny flotacyjnej IZ-12 umożliwia ocenę zastosowanej technologii i sprawności technologicznej wzbogacalników flotacyjnych.

Summary

Surface tension during wetting of coal grains which float in one cell of IZ-12 floater after another as well as contribution of hydrophilic grains in each product were studied. The method of fractional surface flotation (FFP) was used to determine the surface tension during wetting of coal grains. It was found that use of fractional surface flotation and analysis of distribution of surface tension during wetting of coal grains in concentrates along the IZ-12 flotation machines enables an assessment of used technology and technological efficiency of the flotation concentrator.

1. Wstęp

Flotacja jest jedną z podstawowych metod wzbogacania bardzo drobnych ziaren węglowych. Proces flotacji wykorzystuje różnice we właściwościach powierzchniowych ziaren węglowych i części płonnych, a w głównej mierze różnice w hydrofobowości, której miarą może być napięcie powierzchniowe zwilżania.

Opracowana w latach osiemdziesiątych przez Fuerstenaua i współpracowników [1, 2] metoda frakcjonowanej flotacji powierzchniowej (FFP) umożliwia wyznaczenie wartości napięcia powierzchniowego zwilżania niskoenergetycznych ciał stałych, a także ilościowy opis właściwości powierzchniowych zbioru ziaren.

W górnictwie węgla kamiennego wzbogacanie bardzo drobnych ziaren (mułów) prowadzi się między innymi w korytowych wzbogacalnikach (flotownikach) mechaniczno-pneumatycznych typu IZ o wydajności 140 t/h. Flotowniki takie stosowane są najliczniej w zakładach wzbogacania węgla w Polsce. Charakteryzują się prostą konstrukcją, dobrą dyspersją powietrza i niskim zużyciem energii elektrycznej, ale wymagają dostarczania powietrza sprężonego z zewnątrz (zabudowa dodatkowych dmuchaw). Doskonalenie pracy tych maszyn wymaga znajomości przebiegu procesu wzbogacania wzdłuż całej maszyny. W praktyce przemysłowej o technicznej efektywności procesu flotacji decyduje nie tylko wychód koncentratu, ale także selektywność rozdziału miarą, której są zawartości popiołu w koncentracie i odpadach. Miarą efektywności

procesu wzbogacania, może być uzysk substancji palnej w koncentracie.

W pracach Lenartowicza i Sablika [3, 4] wykazano, że występuje zależność między aktywnością flotacyjną węgla oznaczoną metodą Della a napięciem powierzchniowym zwilżania wyznaczonym metodą FFP oraz, że znajomość właściwości powierzchniowych ziaren flotujących w kolejnych przestrzeniach wirnikowych (wzdłuż całej maszyny flotacyjnej typu IZ) może być wykorzystana do pogłębionej oceny prawidłowego doboru parametrów technologicznych flotacji i sprawności technologicznej maszyn flotacyjnych typu IZ oraz do oceny technologii wzbogacania w tych maszynach.

W niniejszym opracowaniu przedstawiono wyniki badania napięcia powierzchniowego zwilżania ziaren węglowych flotujących w kolejnych przestrzeniach wirnikowych wzbogacalnika flotacyjnego typu IZ [6] oraz analizę wyników pod względem oceny sprawności technologicznej maszyn flotacyjnych typu IZ na podstawie pomiarów napięcia powierzchniowego zwilżania.

2. Charakterystyka materiału użytego do badań

Do badań użyto próbek w postaci bryły węgla, zawieszin nadawy i produktów wzbogacania, które pobrano w czasie pracy flotownika IZ-12. Skróconą charakterystykę wzbogacanego węgla przedstawiono w tabeli 1.

Charakterystyka węgla użytego do badań

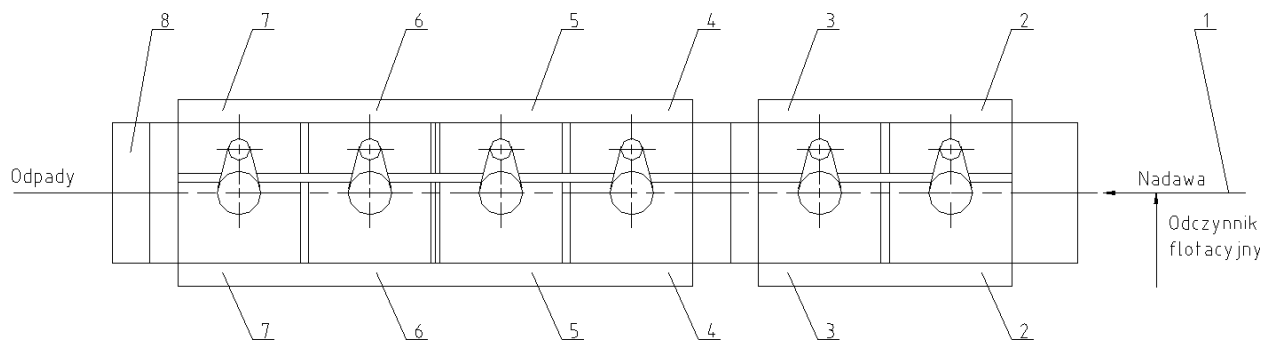
Tabela 1

Rodzaj węgla	Typ węgla	Zawartość popiołu w bryle węgla A^a [%]	Zawartość węgla C^{daf} [%]	Zawartość popiołu w nadawie [%]
Węgiel energetyczny	32.1	8,87	80,5	33,87

Przedmiot badań stanowił węgiel energetyczny typu 32.1 o zawartości popiołu 8,87% i zawartości węgla pierwiastkowego C^{daf} równej 80,5%. Muł węglowy stanowiący nadawę do maszyny flotacyjnej zawierał 33,87% popiołu.

3. Metodyka badań

Wstępnym etapem badań było opróbowanie pracującej w warunkach przemysłowych maszyny flotacyjnej IZ-12. Schemat maszyny z zaznaczeniem miejsc pobrania próbek przedstawiono na rysunku 1.



Rys.1. Schemat opróbowania flotownika IZ-12

1 - miejsce pobrania nadawy, 2 - miejsce pobrania koncentratu I, 3 - miejsce pobrania koncentratu II, 4 - miejsce pobrania koncentratu III, 5 - miejsce pobrania koncentratu IV, 6 - miejsce pobrania koncentratu V, 7 - miejsce pobrania koncentratu VI, 8 - miejsce pobrania odpadów

Próbki nadawy pobierano bez odczynnika (1) natomiast próbki koncentratu pobierano dwustronnie z przestrzeni wirnikowych i łączono (2 do 7). Próbki odpadów pobierano z przelewu skrzynki odpadowej (8).

W wyniku opróbowania maszyn uzyskiwano jedną próbkę nadawy, sześć próbek koncentratu flotującego w kolejnych przestrzeniach wirnikowych wzbogacalnika oraz jedną próbkę odpadów.

Uzyskane próbki z opróbowania flotownika odwadniano, suszono w temperaturze otoczenia, a następnie wysiewano z nich klasy ziarnowe 0,2–0,3 mm, z których przygotowywano naważki do badań metodą frakcjonowanej flotacji powierzchniowej (film flotation).

Ziarna o wymiarach 0,2–0,3 mm wydzielone z poszczególnych produktów opróbowania rozdzielano następnie metodą FFP [1, 2]. Sposób przeprowadzania frakcjonowanej flotacji powierzchniowej (FFP, film flotation) został opisany w szeregu pracach [6, 12]. Po przeprowadzeniu frakcjonowanej flotacji powierzchniowej,

obliczano wartości średniego krytycznego napięcia powierzchniowego zwilżania ziaren węgla oraz odchylenie standardowe od wartości średniej, będące miarą niejednorodności energetycznej powierzchni ziaren, według równań [1]:

$$\gamma = \int_{\gamma_c \min}^{\gamma_c \max} \gamma_c f(\gamma_c) d\gamma_c \quad (a)$$

$$\sigma_{\gamma_c} = \sqrt{\gamma = \int_{\gamma_c \min}^{\gamma_c \max} (\gamma_c - \bar{\gamma})^2 f(\gamma_c) d\gamma_c} \quad (b)$$

gdzie:

γ_c – napięcie powierzchniowe zwilżania,

$\gamma_{c \min}$ – napięcie powierzchniowe roztworu zwilżającego wszystkie ziarna,

$\gamma_{c \max}$ – napięcie powierzchniowe roztworu nie zwilżającego żadnych ziaren,

$\bar{\gamma}_c$ – średnie krytyczne napięcie powierzchniowe zwilżania ziaren,

$f(\gamma_c)$ – funkcja gęstości (histogram) napięcia powierzchniowego zwilżania ziaren,

σ_{γ_c} – niejednorodność energetyczna w zbiorze ziaren.

Wyznaczono również metodą graficzną udział ziaren hydrofilowych, których powierzchnie mają napięcie powierzchniowe zwilżania ziaren γ_c równe lub większe od napięcia powierzchniowego zerowego kąta zwilżania $\gamma_{c(\theta=0)} = 57,87 \text{ mJ/m}^2$ [7, 8] w poszczególnych produktach wzbogacania.

4. Wyniki badania

W tabeli 2 przedstawiono wyniki obliczeń napięcia powierzchniowego zwilżania (a) i niejednorodności energetycznej powierzchni ziaren (b) oraz zawartości popiołu A^a i udział ziaren hydrofilowych w poszczególnych produktach, na rysunkach 2 i 3 przedstawiono krzywe rozkładu napięcia powierzchniowego zwilżania ziaren węgla z wyżej wymienionych produktów.

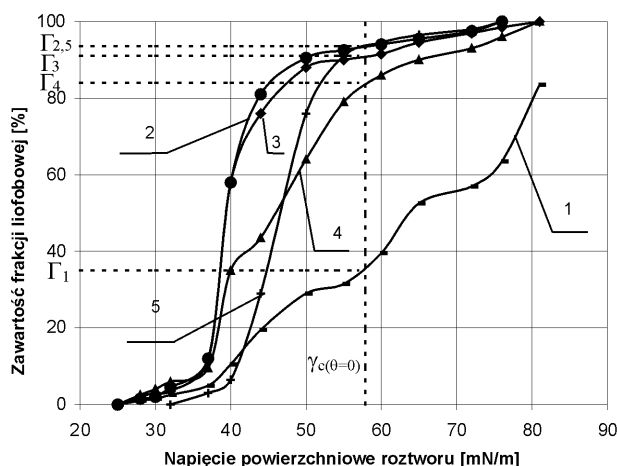
Napięcie powierzchniowe zwilżania ziaren węglowych oraz zawartość popiołu i udział ziaren hydrofilowych w produktach uzyskanych w maszynie flotacyjnej IZ-12

Tabela 2

Materiał	Węgiel kamienny typu 32.1						Uzysk substancji palnej w koncentracie ε [%]
	Napięcie powierzchniowe zwilżania [mJ/m ²]			Niejednorodność energetyczna powierzchni ziarn σ_{γ_c} [mJ/m ²]	Popiół A ^a [%]	Udział ziaren $\gamma_{c(\theta=0)}$ [%]	
	min. $\gamma_{c \min}$	średnie $\overline{\gamma_c}$	max. $\gamma_{c \max}$				
Bryła węgla	32	48,14	76	7,47	8,87	ok. 6,5	64,48
Nadawa	25	62,40	86*	17,37	33,87	ok. 65	
Koncentrat I	25	42,42	76	9,21	8,55	ok. 6,5	
Koncentrat II	25	43,78	81	11,13	10,47	ok. 9	
Koncentrat III	25	47,26	81	12,03	16,02	ok. 16	
Koncentrat IV	25	48,58	81	13,08	17,25	ok. 18	
Koncentrat V	25	48,32	81	13,39	18,06	ok. 20	
Koncentrat VI	25	49,50	82*	13,68	18,22	ok. 20	-
Odpady	25	65,58	88*	17,87	52,87	ok. 70	
*Wielkości uzyskano ekstrapolując graficznie krzywe 1 (rys. 2) i 4.5 (rys. 3)							

*Wielkości uzyskano ekstrapolując graficznie krzywe 1 (rys. 2) i 4,5 (rys. 3)

W przypadku bryły węgla typu 32.1 zawierającego 8,87%, średnie napięcie powierzchniowe zwilżania ziaren wynosi 48,14 mJ/m², niejednorodność energetyczna 7,47 mJ/m². Udział ziaren hydrofilowych ($\gamma_{c(\theta=0)} = 57,87$ mJ/m² lub większe) wynosi około 6,5%. Dla nadawy zawierającej 33,87% popiołu napięcie powierzchniowe zwilżania ziaren obliczono po ekstrapolacji wykresu krzywej (1, rys. 2) i średnie napięcie powierzchniowe zwilżania ziaren wynosi 62,40 mJ/m², niejednorodność energetyczna 17,37 mJ/m². Udział ziaren hydrofilowych ($\gamma_{c(\theta=0)} = 57,87$ mJ/m² lub większe) wynosi około 65%.

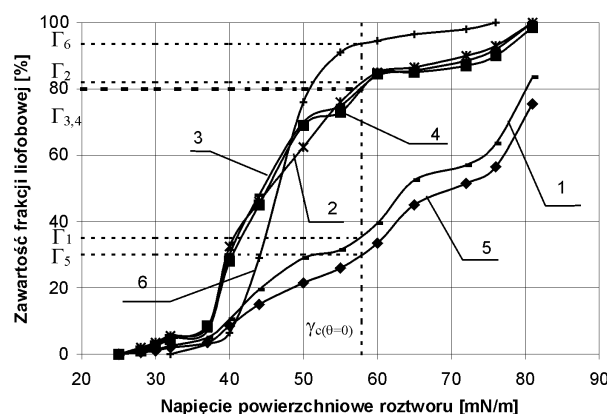


Rys.2. Krzywe rozkładów napięcia powierzchniowego zwilżania węgla typu 32.1 w produktach uzyskanych w maszynie flotacyjnej IZ

1 – nadawa, 2 – koncentrat I, 3 – koncentrat II, 4 – koncentrat III, 5 – bryła węgla, $(100 - \Gamma_n)$ – wychody ziaren hydrofilowych

W przypadku koncentratu I, gdzie zawartość popiołu wynosi 8,55%, wartość średniego γ_c wynosi 42,42 mJ/m², a niejednorodność energetyczna powierzchni ziaren wynosi 9,21 mJ/m² natomiast udział ziaren hydrofilowych wynosi około 6,5%. W koncentratkach II, III, IV i V (zawartość popiołu odpowiednio 10,47%; 16,02%; 17,25% i 18,06%), średnie napięcie

powierzchniowe zwilżania powierzchni ziaren γ_c wynosi dla: koncentratu II 43,78 mJ/m²; koncentratu III 47,26 mJ/m², koncentratu IV 48,58 mJ/m² oraz dla koncentratu V 48,32 mJ/m², zaś σ_{γ_c} jest równe odpowiednio 11,13; 12,03; 13,08; i 13,39 mJ/m².



Rys.3. Krzywe rozkładów napięcia powierzchniowego zwilżania węgla typu 32.1 w produktach uzyskanych w maszynie flotacyjnej IZ

1 – nadawa, 2 – koncentrat IV, 3 – koncentrat V, 4 – koncentrat VI, 5 – odpady, 6 – bryła węgla, $(100 - \Gamma_n)$ – wychody ziaren hydrofilowych

Udział ziaren hydrofilowych $\gamma_{c(\theta=0)} \geq 57,87$ mJ/m² wynosi dla: koncentratu II około 9%, koncentratu III około 16, koncentratu IV około 18% natomiast dla koncentratu V już około 20%. Dla ziaren koncentratu VI, gdzie zawartość popiołu wynosi 18,22%, napięcie powierzchniowe zwilżania ziaren obliczono po ekstrapolacji wykresu krzywej 4 (rys. 3). Średnie napięcie powierzchniowe zwilżania powierzchni ziaren wynosi 49,50 mJ/m², a niejednorodność energetyczna σ_{γ_c} 13,68 mJ/m². Udział ziaren o napięciu powierzchniowym zwilżania powyżej 57,87 mJ/m² wynosi około 20%. W przypadku ziaren odpadów, gdzie zawartość popiołu wynosi 52,87%, napięcie powierzchniowe zwilżania ziaren obliczono po ekstrapolacji wykresu krzy-

wej 5 (rys. 3). Średnie napięcie powierzchniowe zwilżania powierzchni ziaren wynosi $65,58 \text{ mJ/m}^2$, a niejednorodność energetyczna σ_{γ_c} $17,87 \text{ mJ/m}^2$. Udział ziaren o napięciu powierzchniowym zwilżania powyżej $57,87 \text{ mJ/m}^2$ wynosi już około 70%. Różnica między wartościami średniego napięcia powierzchniowego zwilżania ziaren koncentratu I, a ziaren odpadów wynosi $23,16 \text{ mJ/m}^2$, natomiast między wartościami σ_{γ_c} $8,86 \text{ mJ/m}^2$.

5. Omówienie wyników badań

Wyniki badań aktywności flotacyjnej ziaren flotujących w kolejnych przestrzeniach wirnikowych wzbogacalnika flotacyjnego typu IŻ-12, wykazały, że ziarna flotujące w pierwszej kolejności (produkt koncentratowy I) charakteryzują się najniższą zawartością popiołu, najniższym średnim krytycznym napięciem powierzchniowym zwilżania i najniższą niejednorodnością energetyczną, natomiast ziarna flotujące w dalszych przestrzeniach wirnikowych zawierają coraz więcej popiołu oraz charakteryzują się wyższymi wartościami γ_c i σ_{γ_c} , co oznacza spadek ich hydrofobowości i aktywności flotacyjnej. W pierwszym przedziale flotują ziarna węglowe o najmniejszym napięciu powierzchniowym zwilżania oraz niewielka ilość ziaren hydrofilowych (odpadowych) o napięciu powierzchniowym zwilżania większym lub równym od $57,87 \text{ mJ/m}^2$ prawdopodobnie na zasadzie wynoszenia mechanicznego ziaren mineralnych, wynoszenia zrostów oraz tworzenia się pokrycia mułowego na ziarnach koncentratu lub zgarniane przez wygarniacze z pulpą flotacyjną.

Wyniki badań dowodzą, że spadek aktywności flotacyjnej ziaren flotujących w dalszych przedziałach roboczych maszyny flotacyjnej IŻ-12 spowodowany jest wzrastającą liczbą ziaren o większym napięciu powierzchniowym zwilżania i większą niejednorodnością tych ziaren. W koncentratkach uzyskiwanych w tych przedziałach wzrasta również udział ziaren o powierzchniach hydrofilowych, które przechodzą do nich na zasadzie wynoszenia mechanicznego i/ lub są zgarniane z pulpą flotacyjną. W przedziałach tych następuje spadek grubości i gęstości piany spowodowany mniejszą zawartością fazy stałej w pianie [6], a konsekwencją tego jest to, że drobne ziarna hydrofilowe (o dużym napięciu powierzchniowym) wyniesione do piany w sposób mechaniczny lub w otoczkach hydratacyjnych pęcherzyków powietrza nie wypadają z piany (jak w przypadku początkowych przedziałów gdzie gęstość i grubość piany jest większa) i ziarna te łatwiej są zgarniane do koncentratu. Dlatego koncentraty uzyskiwane w tych przedziałach zawierają coraz więcej ziaren hydrofilowych, a co za tym idzie również charakteryzują się wyższymi zawartościami popiołu.

Analiza odpadów uzyskanych w procesie wzbogacania we flotowniku IŻ-12, metodą FFP wykazała, że do odpadów przechodzą ziarna o powierzchniach hydrofobowych o niskich zawartościach popiołu. Teoretycznie ziarna te powinny wykazywać dużą aktywność flotacyjną i przejść do koncentratów w początkowej fazie flotacji. Przyczynami przechodzenia tych ziaren do odpadów mogą być: rozmiary tych ziaren oraz tworzenie się pokrycia mułowego z ziaren odpadowych na ziarnach użytecznych co może wpływać na depresowanie ziaren użytecznych i przechodzenie ich do odpadów (możliwość tworzenia się pokryć mułowych jest większa w przypadku węgla niż zmetamorfizowanych). Jak wiadomo z literatury [8] w przypadku węgla niskouwęglonych (energetycznych – typ 32.1) ziarna mniejsze od $100 \mu\text{m}$ wykazują największą aktywność flotacyjną i przechodzą do koncentratu. Analiza sitowa uzyskanych odpadów potwierdziła wyżej wymienione stwierdzenie ponieważ około 46% w przypadku węgla typu 32.1 ziaren w odpadach posiadało wymiary większe niż $100 \mu\text{m}$. W wyniku przechodzenia do odpadów ziaren hydrofobowych (około 30%) zawartość popiołu w tym produkcie nie jest wysoka (52,87%).

Przeprowadzone badania wykazały również, że dla ziaren koncentratu I do III wartości γ_c są mniejsze w porównaniu do γ_c ziaren uzyskanych po rozdrobnieniu bryły węgla natomiast w przypadku ziaren koncentratu IV do VI wartości γ_c są większe od γ_c ziaren uzyskanych z bryły węgla. Zmniejszenie wartości średniego krytycznego napięcia powierzchniowego wyżej wymienionych ziaren koncentratów w stosunku do ziaren uzyskanych z bryły węgla spowodowany jest zwilżeniem tych ziaren w procesie flotacji odczynnikami flotacyjnymi, który powoduje obniżenie wartości γ_c [13]. Natomiast wzrost średniego napięcia powierzchniowego zwilżania, ziaren koncentratów uzyskiwanych w dalszych przedziałach wirnikowych, w stosunku do ziaren z bryły węgla może być spowodowany mniejszą hydrofobowością tych ziaren i brakiem odpowiedniego składnika hydrofobizującego w składzie odczynnika oraz niedostatecznym kontaktem tych ziaren z odczynnikiem zbierającym w procesie technologicznym we wzbogacalniku, a także wzrostem udziału w tych koncentratkach ziaren hydrofilowych. Na niedostateczny kontakt ziaren z odczynnikami flotacyjnymi ma wpływ koncentracja części stałych w zawiesinie. Jak wiadomo z literatury przy K_{cs} niższych od 100 kg m^{-3} odczynnik powinien być dozowany proporcjonalnie do objętości zawiesiny, a nie masy części stałych.

Dla zapewnienia właściwej koncentracji odczynnika w zawiesinie, a także dla zapewnienia stałości wychodu i zawartości popiołu w produktach flotacji ilość odczynnika przy K_{cs} równym 20 kg m^{-3} musi być pięciokrotnie większa niż przy koncentracji 100 kg m^{-3} [6].

Analizując wyniki badań stwierdzono, że niejednorodność energetyczna w kolejnych przedziałach wirnikowych maszyny flotacyjnej IŻ-12 wzrasta, co powoduje, że w kolejnych przedziałach znajdują się ziarna o coraz niższej hydrofobowości, a co za tym idzie zmniejsza się skuteczność procesu flotacji w tych przedziałach.

Przeprowadzone badania metodą Della [3] wykazały, że w pierwszej kolejności flotują ziarna o najmniejszym napięciu powierzchniowym zwilżania. Wyżej wymienione stwierdzenie potwierdza się również w przypadku wielkich maszyn przemysłowych.

Przeprowadzona ocena prawidłowego doboru parametrów technologicznych flotacji i sprawności technologicznej maszyn flotacyjnych typu IŻ oraz ocena technologii wzbogacania w tej maszynie za pomocą badania napięcia powierzchniowego zwilżania metodą frakcjonowanej flotacji powierzchniowej wykazała, że opróbowana maszyna flotacyjna nie uzyskuje takich wyników jakich należałoby oczekiwać. Może to być spowodowane nieprawidłowo dobranymi parametrami technologicznymi.

6. Wnioski

1. Hydrofobowość powierzchni ziaren w produktach flotacji węgla energetycznego (32.1) jest wzdłuż maszyny flotacyjnej IŻ-12 coraz mniejsza, a napięcie powierzchniowe zwilżania ziaren i niejednorodność energetyczna są coraz większe.
2. W przebadanych przedziałach wirnikowych maszyny do koncentratu przechodzą obok ziaren hydrofobowych także hydrofilowe, prawdopodobnie na zasadzie wynoszenia mechanicznego ziaren mineralnych, wynoszenia zrostów oraz tworzenia się pokrycia mułowego na ziarnach koncentratu lub zgarniane przez wygarniacze z pulpy flotacyjną; celem byłoby określenie czy są to ziarna mineralne lub zrostów i jak ziarna te wpływają na jakość koncentratu węglowego.
3. Do odpadów przedostają się ziarna o powierzchniach hydrofobowych, co powoduje stosunkowo małą zawartość popiołu (52,87%) w tym produkcie; może to być spowodowane niskim zagęszczeniem nadawy i niedostatecznym kontaktem tych ziaren z odczynnikami zbierającym w procesie technologicznym we wzbogacalniku.
4. Stwierdzono, że analiza rozkładu napięcia powierzchniowego zwilżania węgla w produktach flotacji uzyskanych w przemysłowym wzbogacalniku typu IŻ może być wykorzystana do oceny parametrów technologii i sprawności technologicznej tej maszyny.
5. Z przeprowadzonych badań wynika, że opróbowana maszyna flotacyjna, przy właściwie dobranych parametrach technologii flotacji, może uzyskiwać lepsze wyniki.

Literatura

1. Diao I., Fuerstenau D.W.: Characterisation of the wettability of solid particles by film flotation, Part II: Theoretical analysis. *Colloids and Surfaces*, 60, 145-160, 1991.
2. Fuerstenau D.W., Diao I., Williams M.C.: Characterisation of the wettability of solid particles by film flotation, Part I: Experimental investigation. *Colloids and Surfaces*, 60, 127-144, 1991.
3. Lenartowicz M., Sablik J.: Napięcie powierzchniowe zwilżania ziarn węglowych z frakcji wydzielonych w procesie flotacji metodą Della. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 17, 143-151, 2001.
4. Lenartowicz M., Sablik J.: Rozkład napięcia powierzchniowego zwilżania ziaren węglowych w produktach wzbogacania maszyny flotacyjnej typu IŻ. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria Górnictwo* z. 266, s. 105-113, 2005.
5. Sablik J.: Flotowalność mułów węglowych jako funkcja krytycznej energii powierzchniowej zwilżania. *Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii*, 31, 235-240, 1997.
6. Sablik J.: Flotacja węgla kamiennych. Wydawnictwo GIG, 1998.
7. Sablik J.: Zależność między granicznym kątem zwilżania a średnim krytycznym napięciem powierzchniowym zwilżania węgla o różnym stopniu zmetamorfizowania. *Inżynieria Mineralna* nr 2(7), 2003.
8. Sablik J., Brzezina R., Wierzchowski K.: Improving quality of power coals by flotation. *Colliery Guardian* 1992 Vol. 240 nr 3, s. 90-94.
9. Sablik J., Wierzchowski K.: Evaluation of the influence of flotation reagents on the hydrophobicity of coal using the film flotation method, *Fuel*, 71, 4, 474-475, 1992.
10. Sablik J., Wierzchowski K.: The effect of pre – wetting with flotation reagents on the surface energy of coals, *Coal Preparation*, vol. 15, 25-34, 1994.
11. Sablik J., Wierzchowski K.: Wpływ odczynników technologicznych na wartości granicznych kątów zwilżania węgla w zbiorze ziarn mułowych. *Górnictwo i Geoinżynieria*, Wyd. Specjalne, AGH Kraków, 2004.
12. Wierzchowski K.: Praca doktorska. GIG Katowice, 1993.
13. Wierzchowski K., Lenartowicz M., Sablik J.: Napięcie powierzchniowe zwilżania ziarn węglowych w procesie flotacji. *Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii* 2000 nr 25, s. 6-13.

Artykuł został ogłoszony na Konferencji KOMEKO 2006

Artykuł wpłynął do redakcji w maju 2006 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Andrzej Ślaczka

Budowa maszyn górniczych z wykorzystaniem podzespołów wcześniej eksploatowanych – nowe trendy, czy zamknięty rozdział konstruowania?

Streszczenie

Producenci maszyn górniczych wykorzystują podzespoły wcześniej eksploatowane w swoich wyrobach przewidzianych do stosowania w zakładach górniczych. Przedstawiono genezę tego procesu, a także sam proces w świetle zmieniającego się prawa, w związku z dochodzeniem Polski do ustawodawstwa Unii Europejskiej. Zaproponowano metodykę postępowania, w celu zagwarantowania prawidłowego przebiegu tego procesu.

Summary

Mining machines producers use the subassemblies, which were previously used, in their products planned to be used in mining plants. The genesis of that process, as well as the process itself were presented in the light of changing law regulations, due to the process of harmonization of Polish law with European Union law. The methodology of proper realization of that process was suggested.

1. Wstęp

Przeprowadzając analizę zapisów zawartych w Systemowym Wykazie Wyrobów Głównego Urzędu Statystycznego oraz w Dzienniku Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej Nr 42, poz. 264, z dnia 29 kwietnia 1997 r. przywołującego Polską Klasyfikację Wyrobów i Usług można stwierdzić, że w oficjalnych dokumentach wymienia się około 200 rodzajów maszyn i urządzeń oraz sprzętu do robót górniczych, nie uwzględniając aparatury elektrycznej.

Do podobnych wniosków dochodzi się po analizie Katalogu Polskich Norm, zawierającego także około 200 norm dotyczących: klasyfikacji, nazewnictwa, parametrów technicznych, badań, wymagań bezpieczeństwa maszyn i urządzeń górniczych usystematyzowanych zgodnie z Międzynarodową Klasyfikacją Norm – ICS.

Dokumenty przywołane powyżej wykazują, że istnieje zapotrzebowanie ze strony zakładów górniczych na dużą liczbę rodzajów maszyn i urządzeń, co potwierdzają doświadczenia Zakładu Badań Atestacyjnych Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG, jako jednostki certyfikującej wyroby, której zakres akredytacji bazował początkowo na systematyce wykazu i klasyfikacji wyrobów, a obecnie na Międzynarodowej Klasyfikacji Norm i uwzględnia wymagania producentów wprowadzających wyroby do obrotu i stosowania w zakładach górniczych. Tak duża liczba rodzajów maszyn i urządzeń górniczych, koniecznych do prawidłowego ruchu zakładów górniczych, stanowi wyzwanie dla pro-

ducentów, jednostek badawczo-rozwojowych, biur konstrukcyjnych, laboratoriów badawczych, jednostek certyfikujących wyroby, ze względu na konstrukcję maszyn zapewniającą odpowiednie parametry techniczne, użyteczność eksploatacyjną, bezpieczeństwo oraz ich wprowadzenie do obrotu.

2. Geneza procesu wykorzystywania podzespołów wcześniej eksploatowanych

Wieloletnie obserwacje prowadzone w Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG w Gliwicach, następujących dokumentów:

- zapytań ofertowych producentów maszyn i urządzeń dotyczących zamówień na nowe konstrukcje, nowe wyroby,
- zamówień dotyczących opinii technicznych, ekspertyz zlecanych przez zakłady górnicze,
- zleceń na wykonanie badań stanowiskowych, laboratoryjnych, oceny zgodności, certyfikację badania typu WE,
- tematów związanych z pracami Komisji ds. Obudów Wyrobisk Górniczych i Kierowania Stropem,
- prasowych ogłoszeń dotyczących przetargów na wykonanie i dostawę maszyn i urządzeń górniczych,
- artykułów prasowych, referatów,
- materiałów z konferencji i sympozjów,

wykazują, że w konstrukcjach maszyn i urządzeń górniczych są wykorzystywane podzespoły wcześniej eksploatowane. Zostaje opracowana dokumentacja tech-

niczno-konstrukcyjna, która w większości przypadków nie różni się od dokumentacji przygotowanej dla wyrobu całkowicie nowego. Na podstawie tak przygotowanej dokumentacji techniczno-konstrukcyjnej zostaje wyprodukowany wyrób, producent dokonuje oceny i wystawia deklarację zgodności, wyrób zostaje wprowadzony do obrotu i zastosowany w zakładzie górniczym, zgodnie z zapisami „Prawa Geologicznego i Górniczego” (Dziennik Ustaw z 2005 r. Nr 228 poz. 1947).

Omawiając wykorzystywanie podzespołów wcześniej eksploatowanych w budowie maszyn górniczych, koniecznym wydaje się przypomnienie genezy tego problemu.

Sytuacja taka stała się możliwa z następujących powodów:

- Trudności dużych producentów związane z zaspokojeniem potrzeb na nowe maszyny, zgłaszane przez zakłady górnicze, przy wymaganiach realizacji zamówień w krótkich terminach.
- Kłopoty finansowe zakładów górniczych, które nie posiadały wystarczających środków na zakup maszyn nowych.
- Specyfika prac eksploatacyjnych zakładów górniczych, która ze względu na warunki geologiczne wymagała stosowania wielu odmian poszczególnych rodzajów maszyn.
- Rozwój małych i średnich przedsiębiorstw, które reagowały na konkretne potrzeby zakładów górniczych.
- Konieczność utrzymania ruchu zakładu górniczego przy zachowaniu obowiązujących przepisów, które wymagały zastosowania określonego rodzaju maszyn i urządzeń.
- Kłopoty ekonomiczne i likwidacja wielu przyzakładowych biur konstrukcyjnych, które posiadały dokumentację techniczno-konstrukcyjną maszyn i urządzeń górniczych, i które przechodziły do innych podmiotów gospodarczych razem z pracownikami.
- Możliwość zastosowania wyrobu w zakładzie górniczym na podstawie referencji wynikających z eksploatacji, po uprzedniej ocenie zawartej w opinii atestacyjnej i dopuszczeniu przez organ państwowy wskazywany w kolejnych rozporządzeniach Rady Ministrów.

Kolejne analizy przeprowadzane w Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG, wykazały:

- Prawie wszystkie rodzaje maszyn i urządzeń górniczych były wykonywane z wykorzystaniem starych podzespołów. Prawie wszystkie podzespoły były wykonywane z wykorzystaniem starych elementów, które przechodziły przez tzw. regenerację, remonty, naprawy, modernizacje itp. W pierwszym okresie procesy te były wykonywane przez małe przedsiębiorstwa, na zlecenia zakładów górniczych, a w okresie późniejszym także przez duże przedsiębiorstwa produkcyjne.

– W analizowanym okresie wykorzystywano stare podzespoły w następujący sposób:

- przekazywano je przedsiębiorcy, który nie zawsze był ich producentem, a po wykonaniu remontu, regeneracji, były wykorzystywane jako części zamienne w maszynach i urządzeniach eksploatowanych,
- przekazywano je przedsiębiorcy w celu wykonania ich modernizacji, która doprowadzała do wyprodukowania nowej odmiany danej maszyny.

– Dochodzenie gospodarki Rzeczypospolitej Polskiej do wymagań Unii Europejskiej, a szczególnie możliwość wdrożenia systemu zarządzania jakością zgodnego z normami europejskimi w jednostkach, które przeprowadzały badania atestacyjne, akredytacje, procesy certyfikacji wyrobów, certyfikaty, akredytacje laboratoriów badawczych, doprowadziły do zmiany procesów oceny maszyn i urządzeń, która nie była już możliwa bez: przeprowadzenia badań wyrobu, identyfikacji wyrobu z przekazaną dokumentacją techniczno-konstrukcyjną, nadzoru nad wyrobem poprzez nadzór nad każdym wydanym certyfikatem.

– Nastąpiła zmiana przepisów państwowych dotyczących stosowania maszyn i urządzeń w zakładzie górniczym, a także ich eksploatacji, wykonywania napraw i remontów. W roku 2002 zostało zmienione rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie dopuszczania maszyn i urządzeń do stosowania w zakładach górniczych, które zobowiązało producenta do przeprowadzenia procesu certyfikacji poprzedzonego badaniami w laboratoriach akredytowanych. Certyfikat zgodności lub certyfikat na znak „B”, stały się jednym z załączników wniosku o dopuszczenie do stosowania w zakładach górniczych. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. (Dz.U. Nr 139, poz.1169) w § 428 określiło precyzyjnie, w jaki sposób należy utrzymywać, remontować, naprawiać i konserwować maszyny i urządzenia będące w eksploatacji w zakładzie górniczym.

– Wzrosła pozycja jednostek badawczo-rozwojowych, biur konstrukcyjnych, które bazując na wcześniejszych doświadczeniach nie udostępniały dokumentacji techniczno-konstrukcyjnych producentom, którzy nie gwarantowali właściwego poziomu produkcji maszyn i urządzeń oraz nie opracowywano dokumentacji techniczno-konstrukcyjnych, na podstawie których wykonywano by maszyny z wykorzystaniem podzespołów eksploatowanych wcześniej.

– Uchwały specjalistycznych Komisji, np. Komisji ds. Obudów Wzrostu Górniczych i Kierowania Stropem, zawierały konkretne stwierdzenia dotyczące zagrożeń związanych z wykorzystywaniem podzespołów eksploatowanych wcześniej, opiniowano negatywnie wyroby producentów, którzy nie prze-

prowadzili badań laboratoryjnych lub stanowiskowych, lub którzy nie potrafili wykazać praw do dokumentacji technicznej. Referencje wyrobów wynikające tylko z podobieństwa do wyrobów eksploatowanych wcześniej nie stanowiły żadnego doводу na spełnienie wymagań.

- Wzrosła ranga producentów maszyn i urządzeń, którzy od wielu lat wprowadzali do obrotu wyroby przeznaczone do stosowania w zakładach górniczych. Nowe unormowania gospodarcze, prawne, nowe rozwiązania konstrukcyjne maszyn o lepszych parametrach technicznych, większa powtarzalność produkcji, systemy zarządzania jakością, doprowadziły do:
 - wyeliminowania z rynku producentów, którzy wykorzystywali podzespoły wcześniej eksploatowane i wytwarzali zmodernizowane wyroby, które w rzeczywistości były tylko składankami podzespołów i elementów,
 - poprawy jakości produkcji małych i średnich przedsiębiorstw, które wykorzystując podzespoły wcześniej eksploatowane potrafiły wprowadzić do obrotu wyroby o doskonałych parametrach technicznych i wytrzymałościowych.
- Wzrosła świadomość producentów w zakresie odpowiedzialności za wyroby wprowadzane do obrotu, a także przeznaczone do stosowania w zakładach górniczych. W związku z tym „zysk za wszelką cenę” przestał być motorem realizacji zamówień zakładów górniczych na zmodernizowane wyroby, a selekcja podzespołów eksploatowanych wcześniej i przeznaczonych do powtórnego zastosowania odznacza się większą starannością i sumiennością.
- Szkolenia, porady, sympozja, konferencje organizowane przez jednostki badawczo-rozwojowe doprowadziły także do wzrostu odpowiedzialności ze strony zakładów górniczych, które inaczej redagują wymagania przetargowe, doceniają rolę jednostek certyfikujących wyroby, znają obowiązujące przepisy dotyczące wprowadzania wyrobów do obrotu, stosowania w zakładzie górniczym, eksploatacji i związanych z nią remontów, konserwacji, napraw, szkód i odpowiedzialności cywilnej.

3. Metodyka postępowania przy produkcji z wykorzystaniem podzespołów wcześniej eksploatowanych

Przedstawione wcześniej materiały źródłowe Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG w Gliwicach, potwierdzają produkcję maszyn górniczych z wykorzystaniem podzespołów wcześniej eksploatowanych. Biorąc pod uwagę genezę tego rodzaju produkcji oraz odnosząc się do analiz dotyczących przebiegu tego procesu, należy stwierdzić, że ten rodzaj produkcji w chwili obecnej nie jest całkowicie zaniechany przez producentów.

W związku z powyższym, uwzględniając dotychczasowe doświadczenia oraz obowiązujące obecnie uwarunkowania prawne, można przedstawić metodykę postępowania w celu zagwarantowania prawidłowego przebiegu tego procesu, mającego na celu wprowadzenie do obrotu i do zastosowania w zakładzie górniczym wyrobu bezpiecznego.

3.1. Dokumentacja techniczno-konstrukcyjna

Dokumentacja techniczno-konstrukcyjna maszyny i urządzenia górniczego, w którym przewidyje się wykorzystanie podzespołów wcześniej eksploatowanych, oprócz składu przewidzianego zapisami mających zastosowanie Dyrektyw, powinna zawierać następujące elementy:

- Spis wszystkich zespołów maszyny, w których zastosowano eksploatowane podzespoły.
- Rysunki szczegółowe zespołów z wyraźnym zaznaczeniem, który podzespół lub element był wcześniej eksploatowany, wraz z opisem w wykazie materiałowym w jakim zespole, maszynie, urządzeniu był eksploatowany.
- Opis kryteriów, na podstawie których eksploatowany podzespół został zakwalifikowany do dalszego wykorzystania, tj.: opis przeprowadzonych badań materiałowych, wytrzymałościowych, przeprowadzonych na etapie jego kwalifikacji do wykorzystania. W przypadku wdrożonego systemu zarządzania jakością, opis procedury przedstawiającej proces weryfikacji podzespołów, elementów eksploatowanych wcześniej. Kryteria i procedury powinny uwzględniać wymagania obowiązujących przepisów dotyczących przeglądów technicznych, badań, stopnia zużycia, sposobów oceny itp.
- Zalecenia dotyczące eksploatacji danego zespołu ze względu na jego przeglądy, obsługę, trwałość, dalszy okres eksploatacji itp.

3.2. Produkcja

Produkcja maszyny lub urządzenia, w omawianym zakresie, powinna być zgodna z wymaganiami dokumentacji techniczno-konstrukcyjnej i w związku z tym, niedopuszczalnym jest:

- Przeprowadzenie kwalifikacji poszczególnych podzespołów eksploatowanych wcześniej w sposób inny niż opisano w dokumentach systemu zarządzania jakością lub w kryteriach oceny. Należy przeprowadzić dokładną identyfikację poszczególnych podzespołów oraz prowadzić zapisy z przeprowadzonej kwalifikacji, z zaznaczeniem osób przeprowadzających ten proces.
- Zakwalifikowanie do dalszego wykorzystania podzespołu, który nie spełnia wymagań lub podzespołu, którego postać konstrukcyjna jest inna niż na rysunkach szczegółowych. Powinna być zapewniona całkowita zgodność wykonania nowego zespołu z identyfikującym go rysunkiem szczegółowym.

- Zastosowanie specjalistycznych technologii produkcji bez dokonania badań dotyczących zastosowanych materiałów konstrukcyjnych, obróbki cieplnej, jeżeli producent nie posiada dokumentacji konstrukcyjnej pierwszego producenta danego podzespołu.
- Przeprowadzania procesów produkcyjnych przez osoby nie posiadające uprawnień wymaganych dla danego rodzaju prac.
- Zaniechanie kontroli jakości zgodnie z przyjętym systemem zarządzania jakością, ze szczególnym zwróceniem uwagi na połączenie spawane elementów eksploatowanych wcześniej z elementami nowymi.

3.3. Ocena zgodności. Udział jednostek certyfikujących wyroby

Proces oceny zgodności zależy od rodzaju maszyny i urządzenia, i wiąże się ze spełnieniem wymagań ustawy o systemie zgodności z dnia 30 sierpnia 2002 r. (tekst jednolity Dz.U. Nr 204 z 2004 r., poz. 2087), która określa wymagania dla producenta, dotyczące sporządzania deklaracji zgodności, poprzez którą potwierdza zgodność wyrobu z:

- zasadniczymi wymaganiami określonymi w rozporządzeniach wydanych przez właściwego Ministra, ze względu na przedmiot oceny zgodności; rozporządzenia określają zasadnicze wymagania, procedury oceny wyrobów, metody badań, sposób oznakowania oraz wzór znaku, biorąc pod uwagę rodzaje wyrobów i stopień stwarzanych przez nie zagrożeń, a także inne wymagania zawarte w dyrektywach nowego podejścia,
- albo szczegółowymi wymaganiami określonymi w rozporządzeniach wydanych przez właściwego Ministra, ze względu na przedmiot oceny zgodności; rozporządzenia określają szczegółowe wymagania dla wyrobów, które mogą stwarzać zagrożenie albo służyć ochronie lub ratowaniu życia, zdrowia, mienia lub środowiska, sposoby identyfikacji i oznakowania tych wyrobów oraz warunki i tryb przeprowadzania badań, biorąc pod uwagę rodzaje wyrobów oraz stopień stwarzanych przez nie zagrożeń, a także inne wymagania zawarte w aktach prawnych Wspólnoty Europejskiej innych niż dyrektywy nowego podejścia,
- zasadniczymi i szczegółowymi wymaganiami określonymi w odrębnych ustawach.

Biorąc powyższe pod uwagę, producent maszyn i urządzeń musi dokonać ich oceny zgodności, a także musi dokonać dodatkowo oceny na zgodność z przepisami wynikającymi z Prawa Geologicznego i Górniczego (Dz.U. Nr 228 z 2005 r., poz. 1947).

Prawo Geologiczne i Górnicze w Artykule Nr 111 stanowi, że w zakładach górniczych stosuje się wyroby: spełniające wymagania dotyczące oceny zgod-

ności, określone w odrębnych przepisach, dopuszczone do stosowania w zakładach górniczych w drodze decyzji, przez Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego, określone w przepisach.

Decyzję o dopuszczeniu wyrobu do stosowania w zakładach górniczych wydaje Prezes Wyższego Urzędu Górniczego, po ustaleniu, że wyrób spełnia wymagania techniczne.

Proces oceny zgodności można przeprowadzić etapami, dokonując analizy wymagań, które powinny być uwzględnione przez producenta.

- Pierwszym zadaniem producenta jest dokonanie przeglądu zasadniczych wymagań określonych w rozporządzeniach wydanych przez właściwego Ministra, które mają zastosowanie do ich bezpiecznej eksploatacji. Dokonując tej analizy producent musi wziąć pod uwagę wszystkie aspekty zastosowania oraz wszystkie podzespoły i elementy konstrukcyjne, bo od tego między innymi zależy liczba i rodzaj rozporządzeń, które będą obowiązywały producenta. Należy zwrócić uwagę, że producent dokonuje tej analizy samodzielnie i za wybór wymagań ponosi następnie odpowiedzialność. Istnieje możliwość zlecenia tej analizy upoważnionemu przedstawicielowi np. jednostce certyfikującej wyroby. Producent maszyn i urządzeń górniczych powinien wziąć pod uwagę niżej wymienione wymagania zasadnicze (dyrektywy):

- Rozporządzenie Ministra Gospodarki, z dnia 20 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn i elementów bezpieczeństwa (Dz.U. Nr 259, poz. 2170),
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki, z dnia 15 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla sprzętu elektrycznego (Dz.U. Nr 259, poz. 2172).

Jeżeli maszyna jest wyposażona w urządzenia ciśnieniowe należy także uwzględnić:

- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń ciśnieniowych i zespołów urządzeń ciśnieniowych (Dz.U. Nr 263, poz. 2200),

oraz

- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 23 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla prostych zbiorników ciśnieniowych (Dz.U. Nr 259, poz. 2171).

Wymienione powyżej maszyny wyposażone w aparaturę, o której mowa w artykule 108 ustęp 3 ustawy z dnia 21 lipca 2000 r. - Prawo telekomunikacyjne (Dz.U. Nr 73, poz. 852) zobowiązują producenta do uwzględnienia także następujących wymagań:

- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 2 kwietnia 2003 r. w sprawie dokonania oceny

zgodności aparatury z zasadniczymi wymaganiami dotyczącymi kompatybilności elektromagnetycznej oraz sposobów jej oznakowania (Dz.U. Nr 90, poz. 848).

Maszyzny i urządzenia przeznaczone do pracy w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem, a więc także w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych muszą spełniać wymagania:

- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 22 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem (Dz.U. Nr 263, poz. 2203).
- Drugim zadaniem producenta maszyn i urządzeń oraz ich elementów jest dokonanie analizy wyżej wymienionych rozporządzeń, które mają zastosowanie ze względu na zapisy o konieczności udziału jednostki notyfikowanej w procesie oceny zgodności. Jeżeli rozporządzenia wymaga takiego udziału, producent nie może pominąć tych wymagań w procesie oceny zgodności. Jednostka notyfikowana poprzez swoje uczestnictwo w procesie jest dodatkową pomocą dla producenta, a w przypadku ewentualnych sporów dostarcza dowodów, że dokonana ocena zgodności była prawidłowa i uwzględniła wszystkie wymagania. Producent analizując rozporządzenia zawierające zasadnicze wymagania, które mają zastosowanie do jego maszyn łatwo zauważy także, że wybór trybu współpracy z jednostką notyfikowaną także zależy od niego.
- Po dokonaniu wyboru wymagań zasadniczych oraz ich analizy pod względem koniecznego udziału jednostek notyfikowanych, producent powinien sprawdzić, czy istnieją normy zharmonizowane z poszczególnymi rozporządzeniami/dyrektywami. Wykaz norm zharmonizowanych jest ogłaszany w Monitorach Polskich. Sprawdzenie norm zharmonizowanych, a co za tym idzie uwzględnienie ich w procesie projektowania i produkcji ma istotne znaczenie dla danego procesu oceny zgodności. Producent jednak nie musi zapewniać zgodności z normami zharmonizowanymi a jedynie musi zapewniać zgodność z rozporządzeniami/dyrektywami. Nie deklarując jednak zgodności z normami zharmonizowanymi, przy wymaganym udziale jednostki notyfikowanej, nie ma wyboru trybu tego udziału, a jedynie musi przeprowadzić badanie typu WE.
- W przypadku konieczności udziału jednostki notyfikowanej w procesie oceny zgodności lub w przypadku dobrowolnego procesu certyfikacji przez jednostkę certyfikującą wyroby, zostaną uwzględnione następujące aspekty ze względu na zastosowanie podzespołów wcześniej eksploatowanych:
 - Sprawdzenie dokumentacji techniczno-konstrukcyjnej na zgodność z dodatkowymi wymaganiami przedstawionymi w Rozdziale III pkt 3.

- Identyfikacja wyrobu z dostarczoną dokumentacją ze szczególnym uwzględnieniem powtarzalności wyrobu.
- Badanie laboratoryjne wyrobu z dodatkową obserwacją wyrobu, a szczególnie stanu połączeń elementów nowych z elementami wcześniej eksploatowanymi.
- Nadzór nad wyrobem, zgodnie z podpisaną umową o nadzorze, uwzględniający audyty, reklamacje użytkowników, doniesienia prasowe, niewłaściwe powoływanie się na certyfikację, powtarzalność.

Przedstawiona metodyka postępowania dotycząca zawartości dokumentacji techniczno-konstrukcyjnej, produkcji, oceny zgodności, udziału jednostek certyfikujących wyroby, powinna uwzględniać także specyfikę poszczególnych typów maszyn i urządzeń górniczych oraz przepisy i wymagania prawne związane z poszczególnymi etapami wprowadzania do obrotu i stosowania w zakładach górniczych maszyn i urządzeń z wykorzystaniem podzespołów wcześniej eksploatowanych. Specyfika ta zostanie przedstawiona w kolejnych artykułach, referatach, które będą miały na celu wykorzystanie doświadczeń i wiedzy Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG, dla produkcji maszyn i urządzeń górniczych zapewniających odpowiedni stopień bezpieczeństwa.

4. Wnioski

1. Proces wykorzystywania podzespołów wcześniej eksploatowanych w maszynach i urządzeniach górniczych zaistniał w Polsce w latach transformacji ustrojowej, ze względu na warunki techniczno-ekonomiczne producentów, zakładów górniczych, jednostek badawczo-rozwojowych, biur konstrukcyjnych.
2. Stopień wykorzystywania podzespołów wcześniej eksploatowanych w maszynach i urządzeniach górniczych, zależał od typu maszyny, rodzaju konstrukcji, liczby egzemplarzy danego typu w zakładach górniczych itp.
3. Rozwój procesu wykorzystywania podzespołów wcześniej eksploatowanych został powstrzymany poprzez dochodzenie gospodarki Rzeczypospolitej Polskiej do wymagań Unii Europejskiej.
4. Nie istnieją nowe trendy budowy maszyn górniczych z wykorzystaniem podzespołów wcześniej eksploatowanych, jednak nie jest to zamknięty rozdział konstruowania. Proces zamykania tego rozdziału konstruowania jest zdecydowanie zbyt powolny.
5. Procesy certyfikacji obowiązkowe i dobrowolne przed wprowadzeniem maszyn i urządzeń górniczych do obrotu znacznie przyspieszają zamy-

kanie tego rozdziału konstruowania, a tym samym przyczyniają się do poprawy bezpieczeństwa stosowania w zakładach górniczych.

6. Publikowane aktualnie artykuły prasowe dotyczące konstruowania i stosowania maszyn i urządzeń górniczych z wykorzystaniem podzespołów wcześniej eksploatowanych, wprowadzają w błąd poprzez:

- przedstawianie tych procesów przeprowadzanych w latach poprzednich przywołując przepisy prawne obowiązujące obecnie,
- pominięcie odpowiedzialności producenta za zgodność wyrobu z przepisami i decyzjami, na podstawie których zostały one zastosowane w zakładzie górniczym,
- pominięcie roli użytkownika, jako strony kontrolującej producenta.

Literatura

1. Ustawa o systemie oceny zgodności (Dziennik Ustaw z 2002 r. Nr 166 poz. 1360 oraz Dziennik Ustaw z 2003 r. Nr 80 poz. 718, Nr 130 poz. 1188 i Nr 170 poz. 1652).
2. Prawo Geologiczne i Górnicze (Dziennik Ustaw z 2005 r. Nr 228 poz. 1947).
3. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 20 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn i elementów bezpieczeństwa (Dziennik Ustaw z 2005 r. Nr 259 poz. 2170).
4. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 15 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla sprzętu elektrycznego (Dziennik Ustaw z 2005 r. Nr 259 poz. 2172).
5. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń ciśnieniowych i zespołów urządzeń ciśnieniowych (Dziennik Ustaw z 2005 r. Nr 263 poz. 2200).
6. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 23 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla prostych zbiorników ciśnieniowych (Dziennik Ustaw z 2005 r. Nr 259 poz. 2171).
7. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 2 kwietnia 2003 r. w sprawie dokonania oceny zgodności aparatury z zasadniczymi wymaganiami dotyczącymi kompatybilności elektromagnetycznej oraz sposobów jej oznakowania (Dziennik Ustaw z 2003 r. Nr 90 poz. 848).
8. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dziennik Ustaw Nr 139 poz. 1169).

Artykuł wpłynął do redakcji w maju 2006 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Adam Klich

Koncepcje zasilania kotłůw rusztowych i pyłowych mieszańką węgla kamiennego z odpadami, opracowane przez CMG KOMAG

Streszczenie

Na podstawie przeprowadzonych badań i analiz opracowana została metoda termicznej utylizacji odpadůw polegająca na współspalaniu przygotowanych mieszańek paliwowych w istniejących kotłach energetycznych. Instalacje zostały zaprojektowane dla trzech grup materiałůw, które będą tworzyły mieszańki dwuskładnikowe z węglem: guma ze zużytych opon z samochodůw osobowych i ciężarowych, osady ściekowe (osady ściekowe odwodnione mechanicznie oraz osady ściekowe osuszone termicznie), paliwo RDF pozyskiwane z palnych frakcji odpadůw komunalnych. Guma ze względu na swoje właściwości może być współspalana tylko w kotłach rusztowych. Do termicznej utylizacji odpadůw proponuje się wykorzystać istniejące instalacje zakładůw energetycznych. Tego typu kotłami są min. kotły pyłowe i rusztowe wyposażone w technicznie zaawansowane instalacje mokrego lub półsuchego odsiarczania oczyszczania spalin, dzięki czemu są w stanie spełnić standardy emisyjne. Kwestią do rozwiązania dla tego rodzaju kotłůw jest układ podawania osadůw do spalania.

Summary

On the basis of studies, the method for thermal utilization of wastes, consisting of co-incineration of fuel mixtures in existing power boilers was developed. Installations were designed for three groups of materials which will make two-component mixtures with coal: rubber from scrap tyres, sewage wastes (sewage slurry dewatered mechanically and thermally dried out), RDF fuel gained from burnable fraction of municipal wastes. Rubber due to its properties can be co-incinerated only in stoker fired boilers. The existing installations of power plants are suggested to be used for thermal utilization of wastes. Such installation are the dust and stoker fired boilers equipped with technically advanced system for wet and semi-wet off gases desulfurization, so they can meet European emission standards. Feeding system for wastes to be burned is the problem to be solved.

1. Wstępi

Na obecnym poziomie rozwoju społeczeństwa istnieje możliwość ograniczenia ilości powstających odpadůw poprzez ich gospodarcze wykorzystania w procesach wytwarzania ciepła i energii elektrycznej w kotłach energetycznych. Obiekty, w których przebiegają tego typu procesy, dysponują odpowiednim zapleczem technicznym umożliwiającym prowadzenie procesu współspalania w sposób zgodny z wymogami prawa ochrony środowiska. Korzyściami wynikającymi ze spalania paliw konwencjonalnych z odpadami takimi jak guma, osady ściekowe czy paliwo formowane z odpadůw komunalnych [1], są:

- ograniczenie degradacji środowiska naturalnego poprzez zmniejszenie wydobycia surowcůw mineralnych, oraz
- zmniejszenie uciążliwości odpadůw dla środowiska naturalnego poprzez minimalizację powierzchni, na których są one składowane.

Proponowana metoda termicznej utylizacji wyselekcjonowanych odpadůw może być szczególnie użyteczna w rejonie aglomeracji śląskiej. Wynika to z faktu, że

w jej obrębie rozmieszczonych jest kilkanaście elektrowni, czy elektrociepłowni spalających węgiel kamienny, w których możliwa byłaby realizacja idei termicznej utylizacji odpadůw bez konieczności ponoszenia wysokich kosztůw transportu odpadůw do miejsca ich utylizacji. Dodatkowo istnieje możliwość ograniczenia kosztůw koniecznych do poniesienia w przypadku termicznego przekształcania odpadůw w specjalnie do tego celu zaprojektowanej spalarni.

Na podstawie przeprowadzonych badań i analiz opracowana została metoda termicznej utylizacji odpadůw polegająca na współspalaniu przygotowanych mieszańek paliwowych w istniejących kotłach energetycznych. Instalacje zostały zaprojektowane dla trzech grup materiałůw, które będą tworzyły mieszańki dwuskładnikowe z węglem:

- guma ze zużytych opon z samochodůw osobowych i ciężarowych,
- osady ściekowe (osady ściekowe odwodnione mechanicznie oraz osady ściekowe osuszone termicznie),
- paliwo RDF pozyskiwane z palnych frakcji odpadůw komunalnych.

Guma ze względu na swoje właściwości może być współspalana tylko w kotłach rusztowych.

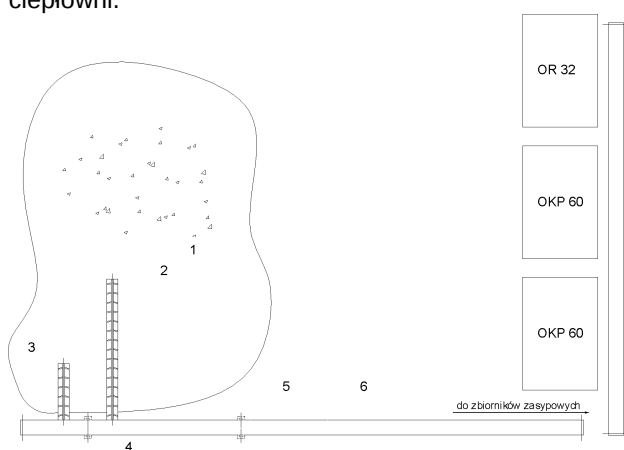
W związku z brakiem na terenie aglomeracji śląskiej spalarni odpadów, w której można by było przeprowadzić proces spalania, proponuje się wykorzystać do termicznej utylizacji odpadów istniejące instalacje zakładów energetycznych. Tego typu kotłami są m.in. kotły pyłowe i rusztowe wyposażone w technicznie zaawansowane instalacje mokrego lub półsuchego odsiarczania oczyszczania spalin, dzięki czemu są w stanie spełnić standardy emisyjne. Kwestią do rozwiązania dla tego rodzaju kotłów jest układ podawania osadów do spalania.

Opracowano wstępne koncepcje technologii dozowania paliwa alternatywnego w linii spalania paliwa konwencjonalnego dla dwóch śląskich przedsiębiorstw zajmujące się wytwarzaniem energii i ciepła: elektrociepłowni wyposażonej w dwa kotły pyłowe OKP 60, oraz jeden kocioł rusztowy OR 32 o mocy cieplnej odpowiednio 40 i 25 MW, a także elektrowni dysponującej odpowiednim zapleczem technicznym w postaci 6 bloków energetycznych wyposażonych w kotły pyłowe OP 380 o mocy 120 MW każdy, które umożliwią prowadzenie procesu w sposób zgodny z wymogami prawa ochrony środowiska.

2. Koncepcje systemów zasilania kotłów w mieszanki paliwowe

2.1. Opis koncepcji systemu zasilania w ekologiczne paliwo odzyskowe kotłów rusztowych i pyłowych w przykładowej elektrociepłowni

Paliwo alternatywne w postaci osadów ściekowych suchych, RDF-u, będzie dostarczane do elektrociepłowni otwartymi samochodami dostawczymi. Rozładowanie samochodów nastąpi na plac załadowniczy elektrociepłowni.



Rys.1. Schemat systemu zasilania w ekologiczne paliwo odzyskowe kotłów rusztowych i pyłowych

1 – plac załadowniczy elektrociepłowni, 2 – podajnik zgrzeblowy nr 1, 3 – podajnik zgrzeblowy awaryjny nr 2, 4 – waga taśmociągowa nr 1 typu roll-400, 5 – waga taśmociągowa nr 2 typu roll-400 6 – główny przenośnik taśmowy, 7 – zasobnik kotła rusztowego OR32, 8 – zasobnik kotła rusztowego OP60, 9 – zasobnik kotła rusztowego OP60

Paliwo podstawowe: węgiel kamienny będzie transportowany za pomocą podajnika zgrzeblowego o wydajności 60 t/h na przenośnik taśmowy, który ma wydajność około 100 t/h (rys. 1).

Paliwo odpadowe będzie podawane przenośnikiem zgrzeblowym na ten sam przenośnik taśmowy, gdzie wstępnie będzie ważone na wadze taśmociągowej typu roll-400. Po przebyciu dystansu około 10 m na przenośniku taśmowym paliwo alternatywne miesza się z podstawowym i po następnych 50 m całość jest ważona na wadze taśmociągowej typu roll-400. Napędy obu przenośników zgrzeblowych, a co za tym idzie ich wydajność będą sterowane za pomocą falowników. Transportowana mieszanka paliwowa po przebyciu przez całą instalację zasilającą elektrociepłowni jest dostarczana do trzech zbiorników zasypowych o pojemności 200 ton każdy. Na wlocie do zbiorników umieszczona jest krata, która zapobiega przedostawaniu się większych gabarytowo zanieczyszczeń.

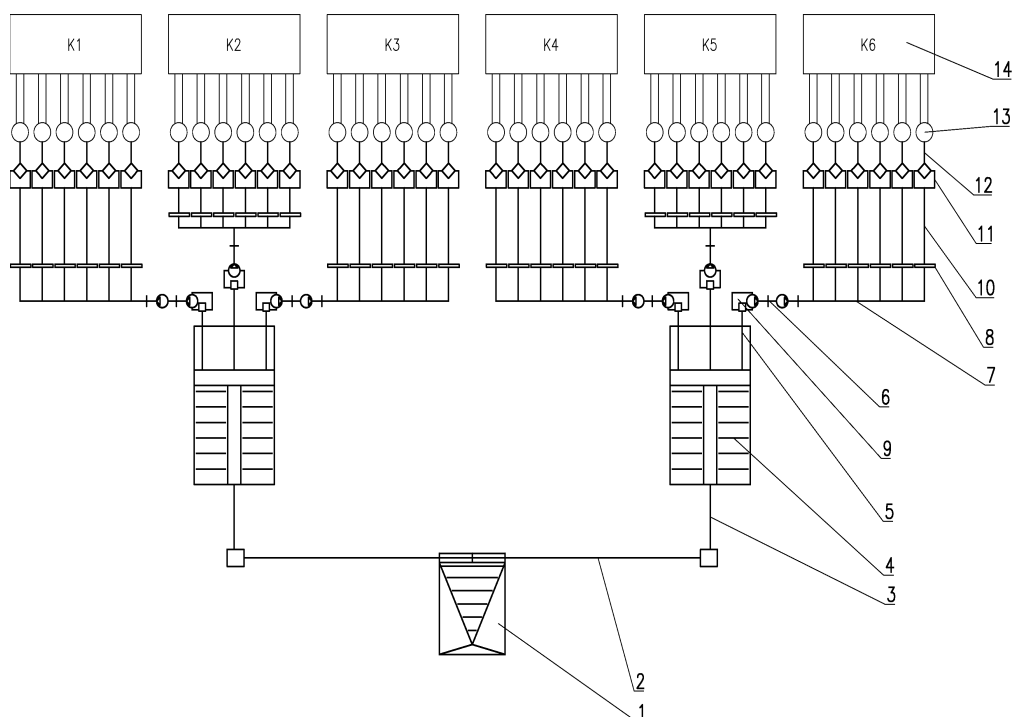
2.2. Opis koncepcji układu dozowania osadów ściekowych na kotły zainteresowanej elektrowni

Koncepcję układu dozowania osadów przedstawiono na rysunku 2.

Odwodniony osad będzie dostarczany do elektrociepłowni otwartymi samochodami dostawczymi. Rozładowanie samochodów nastąpi do bunkra rozładowniczego o pojemności około 30 m³ wyposażonego w automatycznie zamykaną pokrywę. Na wlocie do zbiornika umieszczona jest krata, która zapobiega przedostawianiu się większych gabarytowo zanieczyszczeń. Przed bunkrem znajduje się próg najazdowy. Z bunkra rozładowniczego osad jest przekazywany za pomocą ruchomego dna do układu podajników ślimakowych zasilających zbiornik buforowy mogący pomieścić około 60 m³. Zbiornik ten również jest wyposażony w ruchome dno i podajniki transportujące osad do układu pomp odmiarowych. Następnie osad jest wpompowywany do umieszczonych w kotłowni zbiorników odmiarowych o pojemności około 2,5 m³, znajdujących się przy młynach, przy użyciu rurociągu rozdzielającego i zasilającego o ciśnieniu do 1 MPa. Dystrybucja do zbiorników odmiarowych realizowana jest za pomocą zasuw dozujących współpracujących z rurociągiem rozdzielającym.

Osad jest dozowany poprzez dozownik ślimakowy o regulowanej prędkości, do leja zasilającego dozownik mialu węglowego, który dostarcza mieszankę do młyna.

Każdy ze zbiorników buforowych wyposażony jest w system odsysania metanu, który kieruje metan do układu dopływu powietrza do kotła, lub jeśli układ jest zamknięty, do odpowietrznika umieszczonego na górze zbiornika. Znajdujące się w zbiorniku detektory gazu mają za zadanie mierzyć koncentrację metanu.



Rys.2. Schemat blokowy układu dozowania osadów

1 – bunkier rozładawczy, 2 – podajnik ślimakowy buforowy I, 3 – podajnik ślimakowy buforowy II, 4 – zbiornik buforowy, 5 – podajnik zasilający, 6 – pompa odmiarowa, 7 – rurociąg rozdzielający, 8 – zasuwka dozująca, 9 – zbiornik przesypowy, 10 – przewód zasilający, 11 – zbiornik odmiarowy, 12 – dozownik ślimakowy, 13 – młyny kulowe, 14 – kotły pyłowe OP 380.125

Wszystkie urządzenia systemu transportu osadu uwodnionego są zamknięte hermetycznie, jedynie na czas załadunku otwierany jest bunkier rozładawczy.

3. Własności paliwowe odpadów

3.1. Własności paliwowe gumy

CMG KOMAG dla celów wykonania analizy przeprowadził analizy dostępnych odpadów: gumy z opon samochodowych, suchej masy i wilgotnych osadów o średniej wilgotności. Informacje te zestawiono w tabelach poniżej:

Wyniki analizy odpadów pochodzących ze zużytych opon samochodowych

Tabela 1

Lp.	Nazwa oznaczenia	Symbol	Jednostka	Wartość oznaczenia
1	Zawartość wilgoci całkowitej	W_t^r	%	-
2	Zawartość wilgoci w stanie analitycznym	W^a	%	0,7
3	Zawartość popiołu w stanie roboczym	A^r	%	3,53
4	Zawartość popiołu w stanie analitycznym	A^a	%	3,78
5	Wartość opałowa w stanie roboczym	Q^r	MJ/kg	33,4
6	Wartość opałowa w stanie w stanie analitycznym	Q^a	MJ/kg	37,9
7	Zawartość siarki całkowitej w stanie roboczym	S^r	%	-
8	Zawartość siarki całkowitej w stanie analitycznym	S^a	%	1,38

3.2. Własności paliwowe osadów ściekowych

Wyniki analizy osadów ściekowych pochodzących z współpracującego z CMG KOMAG RPWiK

Tabela 2

Lp.	Nazwa oznaczenia	Symbol	Jednostka	Wartość oznaczenia
1	Zawartość wilgoci całkowitej	W_t^r	%	66,7
2	Zawartość wilgoci w stanie analitycznym	W^a	%	10,2
3	Zawartość popiołu w stanie roboczym	A^r	%	13,6
4	Zawartość popiołu w stanie analitycznym	A^a	%	36,8
5	Wartość opałowa w stanie roboczym	Q^r	MJ/kg	2,6
6	Wartość opałowa w stanie w stanie analitycznym	Q^a	MJ/kg	12
7	Zawartość siarki całkowitej w stanie roboczym	S^r	%	0,56
8	Zawartość siarki całkowitej w stanie analitycznym	S^a	%	1,52

4. Dostępność paliwa alternatywnego

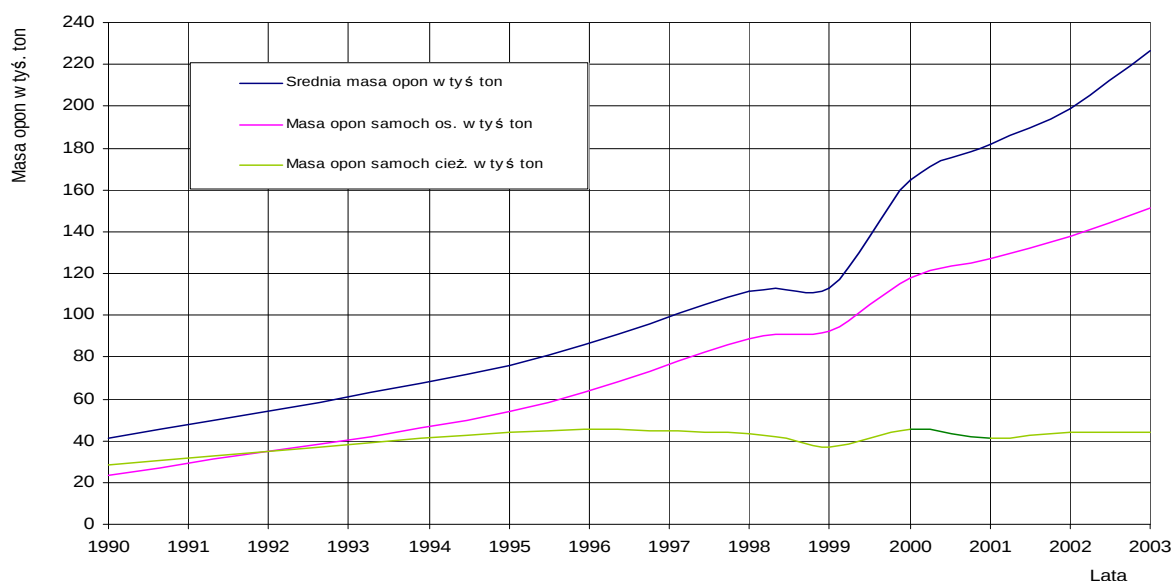
4.1. Liczba zużytych opon samochodowych

W poniżej przedstawionej tabeli 3 zestawiono liczbę zużytych opon w Polsce na przestrzeni lat 1990 do 2003 roku, które stanowią potencjałe paliwo dla kotłów rusztowych elektrociepłowni. Natomiast w tabeli 4 zamieszczono dane dotyczące produkcji osadów ściekowych wytworzonych w roku 2003 w oczyszczalniach ścieków współpracujących z CMG KOMAG

Liczba zużytych opon w latach 1990-2003 [2]

Tabela 3

	Lata							
	1990	1995	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Opony w tys. sztuk	5896	10880	15934	16156	23489	25930	28363	32388
do pojazdów osobowych	3575	7753	12684	13180	16879	18199	19632	21592
do pojazdów ciężarowych	1129	1749	1726	1480	1824	1647	1769	1759
ciągnikowe	502	712	748	707	835	803	747	619
do maszyn i urządzeń rolniczych	493	474	601	489	503	483	503	420
Średnia masa opon w tys. ton	41,27	76,16	111,54	113,09	164,42	181,51	198,54	226,72
Masa opon samochodów osobowych w tys. ton	23,24	54,27	88,79	92,26	118,15	127,39	137,42	151,14
Masa opon samochodów ciężarowych w tys. ton	28,23	43,73	43,15	37,00	45,60	41,18	44,23	43,98



Rys.3. Liczba zużytych opon w latach 1990-2003 [2]

Ilość osadów wytworzona w roku 2003 w oczyszczalniach ścieków współpracujących z CMG KOMAG

Tabela 4

Lp.	Przedsiębiorstwo	Produkcja odwodnionych mechanicznie osadów ściekowych w roku 2003 t/rok	Zawartość suchej masy %	Wartość opałowa (sucha masa osadów) MJ/kg	Wartość opałowa (wilgotna masa osadów) MJ/kg
1	Przedsiębiorstwo nr 1	38800	18	12÷13,8	2,8÷4,7
2	Przedsiębiorstwo nr 2	22500	23	12	2,6
3	Przedsiębiorstwo nr 3	15620	20	brak	brak
4	Przedsiębiorstwo nr 4	12100	30	11	2
5	Przedsiębiorstwo nr 5	9800	20	brak	brak
6	Przedsiębiorstwo nr 6	1600	15	12	brak
Suma:		100420	Średnia: 21		

5 Wymagania prawne odnośnie procesów współspalania odpadów

5.1. Wymagania procesowe dotyczące instalacji współspalania odpadów

Wszystkie instalacje współspalające odpady zobowiązane są do przestrzegania wymogów określonych przez Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i

Polityki społecznej w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów. Najważniejsze spośród tych wymagań to [3]:

§ 3. *Proces współspalania odpadów należy prowadzić w taki sposób, aby temperatura gazów powstających w wyniku spalania, zmierzona w pobliżu wewnętrznej ściany lub w innym reprezentatywnym punkcie komory spalania, wynikającym ze specyfikacji*

technicznej instalacji, po ostatnim doprowadzeniu powietrza, nawet w najbardziej niekorzystnych warunkach utrzymywana była przez co najmniej 2 sekundy na poziomie nie niższym niż:

- **1100°C** - dla odpadów zawierających powyżej 1% masy związków chlorowco organicznych, przeliczonych na chlor,
- **850°C** - dla odpadów zawierających poniżej 1% masy związków chlorowco organicznych, przeliczonych na chlor.

§ 5. Realizacja procesu współspalania odpadów powinna zapewnić odpowiedni poziom przekształcenia stałych produktów spalania, wyrażony poprzez maksymalną zawartość nieutlenionych związków organicznych, której miernikiem mogą być oznaczone zgodnie z Polskimi Normami:

- całkowita zawartość węgla organicznego w żużlach i popiołach paleniskowych nie przekraczająca 3% lub
- udział części palnych w żużlach i popiołach paleniskowych nie przekraczający 5%.

§ 6. Instalację do termicznego przekształcania odpadów wyposaża się w:

- automatyczny system podawania odpadów, pozwalający na zatrzymanie ich podawania podczas rozruchu do czasu osiągnięcia wymaganej temperatury lub podczas procesu, w razie nie osiągnięcia wymaganej temperatury lub przekroczenia dopuszczalnych wartości emisji,
- urządzenia techniczne do odprowadzania gazów spalinowych, gwarantujące dotrzymanie norm emisyjnych określonych w odrębnych przepisach,
- urządzenia techniczne do odzysku energii powstającej w procesie termicznego przekształcania odpadów, jeżeli stosowany rodzaj instalacji umożliwia taki odzysk,
- urządzenia techniczne do ochrony gleb, ziemi oraz wód powierzchniowych i podziemnych,
- urządzenia techniczne do gromadzenia suchych pozostałości poprocesowych.

5.1 Wymagania pomiarowe dotyczące instalacji współspalania odpadów

W wyżej wymienionym rozporządzeniu określone są również wymagania pomiarowe dotyczące instalacji współspalania odpadów. Szczegółowo określa je § 7, który mówi o tym, iż realizacja procesu współspalania odpadów wymaga prowadzenia następujących pomiarów:

- temperatury gazów spalinowych - pomiar prowadzony w sposób ciągły,
- zawartość tlenu w gazach spalinowych - pomiar prowadzony w sposób ciągły,
- ciśnienia gazów spalinowych - pomiar prowadzony w sposób ciągły,

- weryfikacji podczas rozruchu czasu przebywania spalin w wymaganej temperaturze i po każdej modernizacji mogącej wpływać na zmianę czasu przebywania spalin,
- monitorowania zawartości pary wodnej w gazach spalinowych, o ile techniki pomiarowe zastosowane do poboru i analizy składu gazu spalinowych nie obejmują osuszania gazów przed ich analizą.

Równocześnie obowiązuje rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji [4] dla instalacji współspalania odpadów, które nakłada wymóg prowadzenia w sposób ciągły pomiarów określonych rodzajów zanieczyszczeń oraz w sposób okresowy stężeń określonych metali ciężkich i dioksyn.

5.2 Standardy emisyjne dotyczące instalacji współspalania odpadów

Standardy emisyjne dotyczące instalacji współspalania odpadów szczegółowo określa Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie standardów emisyjnych z instalacji [5].

W § 16, ustęp 3 znajduje się następujący zapis:

Jeżeli w instalacji jednocześnie wraz z paliwami spalane są odpady inne niż niebezpieczne w ilości nie większej niż 1% masy tych paliw, to do instalacji tych stosuje się standardy emisyjne jak dla spalania paliwa podstawowego.

Natomiast w pozostałych przypadkach zastosowanie ma § 18, ustęp 1:

Standardy emisyjne z instalacji współspalania odpadów określa się w sposób opisany w załączniku 8 do rozporządzenia.

Uznaje się standardy emisyjne z instalacji współspalania odpadów za dotrzymane, jeżeli w przypadku prowadzenia ciągłych pomiarów wielkości emisji substancji średnie dobowe wartości stężeń: pyłu, substancji organicznych w postaci gazów i par w przeliczeniu na całkowity węgiel organiczny, chlorowodoru, fluorowodoru, dwutlenku siarki, tlenku i dwutlenku azotu w przeliczeniu na dwutlenek azotu, tlenku węgla oraz metali ciężkich, dioksyn i furanów nie przekraczają standardów emisyjnych ustalonych w tabelach znajdujących się w załączniku nr 8.

W przypadku, gdy standard emisyjny „C” nie został określony w którejkolwiek z tabel zamieszczonych w załączniku wówczas należy go obliczyć na podstawie wzoru, umownie nazywanego regułą mieszania:

$$C = \frac{V_{\text{odp}} C_{\text{odp}} + V_{\text{proc}} C_{\text{proc}}}{V_{\text{odp}} + V_{\text{proc}}}$$

gdzie:

V_{odp} – objętość gazów odlotowych powstających ze spalania odpadów,

C_{odp} – standardy emisyjne z instalacji spalania odpadów,

V_{proc} – objętość gazów odlotowych powstających w czasie prowadzenia procesu,

C_{proc} – standardy emisyjne określone dla niektórych rodzajów instalacji

6. Nakłady inwestycyjne

6.1. Wstępna wycena nakładów inwestycyjnych dla przykładowej elektrociepłowni

W tabeli 5 przedstawiono wycenę nakładów inwestycyjnych dla elektrociepłowni zgodną ze schematem przedstawionym na rysunku 1.

Wstępna wycena nakładów inwestycyjnych dla elektrociepłowni

Tabela 5

Poz.	Nazwa urządzenia	Liczba szt.	Parametry urządzenia	Cena zł
1	Przebiegnik częstotliwości 110 kW 500 V	1	- falownik - filtr - autotransformator - szafa sterownicza	60000
2	Przebiegnik częstotliwości 22 kW 500 V	1	- falownik - filtr - autotransformator - szafa sterownicza	10000
3	Waga taśmociągowej	1	typ roll-400.	45000
4	Montaż instalacji i próby	--	- prace montażowe - rozruch linii	30000
Suma:				145000

6.2. Wstępna wycena nakładów inwestycyjnych dla zainteresowanej elektrowni

W tabeli 6 przedstawiono wycenę nakładów inwestycyjnych dla elektrowni zgodną ze schematem przedstawionym na rysunku 2.

Wstępna wycena nakładów inwestycyjnych dla elektrowni

Tabela 6

Poz.	Nazwa urządzenia	Liczba szt.	Parametry urządzenia	Cena zł
1	2	3	4	5
1	Bunkier rozładowniczy	1	- pojemność 30 m ³ - dł/sz/gł 5x4x1,7 m - napęd 15 kW	43000
2	Podajnik ślimakowy buforowy I	2	- długość 25 m - średnica 400 mm - moc 15 kW	120000
3	Podajnik ślimakowy buforowy II	2	- długość 25 m - średnica 400 mm - moc 15 kW	120000
4	Zbiornik buforowy	2	- pojemność 60 m ³ - dł/sz/gł 9x2,5x2,5 m - napęd 15 kW	146000
5	Podajnik zasilający	6	- długość 10 m - średnica 315 mm - moc 4 kW	120000
6	Pompa odmiarowa	10	- wydajność 5 m ³ /h - ciśnienie tłoczenia ~1 MPa - napęd 7,5 kW	290000

7	Rurociąg rozdzielający	6 kpl	- średnica 100 mm - długość 35 m - ciśnienie 1 MPa	63000
8	Zasuwa dozująca	36	- śr. przelotu 60 mm - napęd 0,2 kW	72000
9	Zbiornik przesypowy	6	- pojemność 0,15 m ³ - dł/sz/gł 07x0,4x0,5 m	6000
10	Przewód zasilający	6 kpl	- średnica 60 mm - długość 30 m - ciśnienie 1 MPa	45000
11	Zbiornik odmiarowy	36	- pojemność 2,5 m ³ - dł/sz/gł 2,5x0,6x1,5 m	54000
12	Dozownik ślimakowy	36	- długość 8 m - średnica 150 mm - moc 0,3 kW	288000
13	Układ automatyki	1 kpl		50000
14	Montaż instalacji i próby	--	- prace montażowe - rozruch linii	130000
Suma:				1547000

7. Obsługa układu

Po wprowadzeniu na stałe do procesu produkcyjnego współspalania odpadów o właściwościach energetycznych przewiduje się, iż w związku z pełną automatyzacją układu, do jego obsługi wystarczy jedna osoba.

8. Podsumowanie

Odpady, między innymi zużyte opony samochodowe, osady ściekowe czy RDF, mogą być wykorzystywane w procesach technologicznych, takich jak wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej.

Korzyścią wynikającą ze spalania paliw konwencjonalnych z odpadami jest ograniczenie degradacji środowiska naturalnego poprzez zmniejszenie wydobycia surowców mineralnych, oraz zmniejszenie uciążliwości odpadów dla środowiska naturalnego poprzez ograniczenie powierzchni, na których są one składowane.

Obiekt, w którym chcemy współspalać odpady, należy wyposażyć w odpowiednie zaplecze techniczne umożliwiające prowadzenie procesu w sposób zgodny z wymogami prawa ochrony środowiska.

Opracowana koncepcja linii zasilającej w paliwo ekologiczne kotłów rusztowych i pyłowych w wytypowanej elektrociepłowni pozwala po zainstalowaniu odpowiedniego oprzyrządowania określić właściwości paliwowe wybranych surowców odpadowych, a w oparciu ich wskazania opracować optymalne warunki spalania węgla kamiennego z paliwami alternatywnymi, przy stałym efekcie użytkowym paliwa oraz minimum sumarycznych kosztów: paliwa, emisji składników szkodliwych i utylizacji szkodliwych odpadów, przy spełnieniu ograniczeń narzuconych przez przepisy krajowe i unijne.

Literatura

1. Zacharz T., Pietrasik E., Osoba M., Matusiak P.: Możliwości współspalania węgla kamiennego z odpadami. Zintegrowany Instytut Naukowo-Techniczny, Seminarium „Paliwa-Bezpieczeństwo-Środowisko”, Katowice, 26 październik 2005.
2. Rocznik statystyczny od 2000 do 2004.
3. Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki społecznej z dnia 21 marca 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów, Dz.U. Nr 1, poz. 2.
4. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 czerwca 2003 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji, Dz.U. Nr 110, poz. 1057.
5. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 sierpnia 2003 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji, Dz.U. Nr 163, poz.1584.

*Artykuł został wygłoszony na Konferencji
KOMEKO 2006*

Artykuł wpłynął do redakcji w maju 2006 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Joachim Koziół

Norma PN-EN ISO/IEC 17025 :2005 podstawą formalnego potwierdzenia kompetencji technicznych Laboratorium Badań Stosowanych

Streszczenie

Certyfikacja systemu jakości bazująca na normie PN-EN ISO 9001:2001 nawet jeśli dotyczy realizowanych badań nie jest potwierdzeniem pełnej kompetencji laboratorium do uzyskania miarodajnych danych i wyników. O ile wymagania PN-EN ISO 9001:2001 są na tyle uniwersalne, że mogą być zastosowane do organizacji każdego typu, to wymagania opracowanej przy współudziale trzech organizacji normalizacyjnych ISO, CEN i IEC normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005 „Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących” znajdują swoje zastosowanie właśnie w laboratoriach badawczych i wzorcujących. Pomimo tego według autorki droga do akredytacji wielu laboratoriów poprzez etap wdrożenia systemu jakości według PN-EN ISO 9001:2001 jest łagodniejsza i pozwala takim jednostkom na głębsze zaangażowanie w zagadnienia systemów jakości.

Summary

Certification of quality system which bases on PN-EN ISO 9001:2001 even if concerns the realized range of tests is not a full confirmation of laboratory competence to produce reliable data and results. The PN-EN ISO 9001:2001 requirements are universal and can be applied for any organization, but requirements developed in collaboration of three organizations ISO, CEN, IEC in the PN-EN ISO/IEC 17025:2005 Standard entitled: “General requirements for research and testing laboratories” can be just applied in research and testing laboratories. Despite that fact, according the way for getting accreditation form many laboratories would be easier by implementation of the PN-EN ISO 9001:2001 quality system and enables the organization to involve in quality system problems.

1. Wprowadzenie – wymagania stawiane laboratorium badawczym i pomiarowym

Zarządzanie jakością bez względu na zakres i obszar działania można rozpatrywać i interpretować w różnych aspektach. Ponieważ jakość odnosi się zarówno do wyrobu, usługi lub procesu wytwarzania dlatego też jest jednym z wielu kryteriów oceny funkcjonowania organizacji i nie może być traktowane w oderwaniu od innych sfer kierowania organizacją, takich jak finanse, zasoby, marketing itp.

Organizacje zajmujące się między innymi badaniami, względnie wykonujące pomiary szukają rozwiązań zarówno w sferze zarządzania jak i w działalności merytorycznej, które pozwalają im na utrzymanie swoich kompetencji na określonym poziomie oraz gwarantują realizację usług badawczych i pomiarowych na jednolitym, wysokim poziomie. Wymienione wyżej usługi laboratoryjne w zależności od ich charakteru i jednostki realizującej mogą być prowadzone przez laboratoria o różnym charakterze, zależnym od takich kryteriów jak:

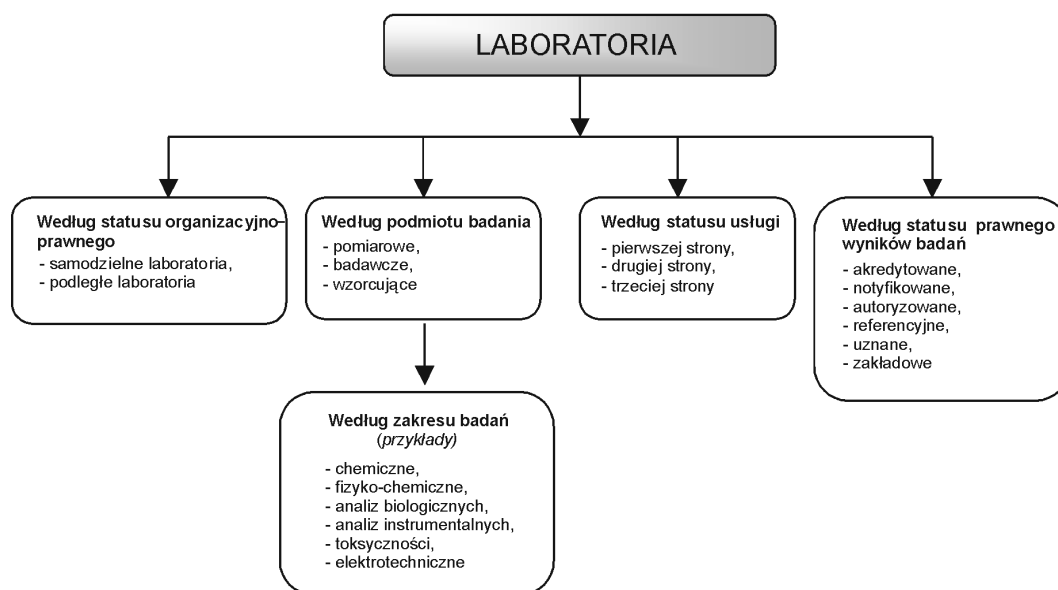
- status organizacyjno-prawny,
- status usług,
- status prawny wyników badań,
- przedmiot badania.

Podstawowy podział laboratoriów według kryterium przedmiotu badania reguluje Ustawa z 30.08.

2002 r. o systemie oceny zgodności (Dz.U. 2002 Nr 166, poz. 1360, z dalszymi zmianami). Ustawa ta wprowadza pojęcie laboratoriów badawczych i pomiarowych oraz laboratoriów wzorcujących [9]. Jednocześnie ta sama ustawa wspomina o: „laboratorium akredytowanym, autoryzowanym i notyfikowanym” odnosząc się przy tym do statusu prawnego jego wyników badań i pełnionych funkcji.

Trzeba zaznaczyć w tym miejscu, że Laboratoria notyfikowane umiejscowione są w strukturach związanych z systemem oceny zgodności, a ich podstawowym zadaniem jest wykonywanie badań związanych z oceną zgodności wymaganiami z określoną dyrektywą [6]. Niezależnie od wymienionych wcześniej, a przytoczonych w ustawie jednostek, w usługach laboratoryjnych pojawiają się również laboratoria referencyjne i uznawane, a ich usytuowanie i współzależności przedstawia rysunek 1.

Laboratoria referencyjne są to jednostki, które zostały uprawnione do wykonywania badań w zakresie oceny jakości zdrowotnej żywności i określone na drodze odrębnych rozporządzeń właściwych ministrów, natomiast laboratoria uznane, to takie które zostały uznane przez określone kompetentne organizacje do wykonywania badań. O ile laboratoria referencyjne są typowane przez właściwych ministrów, to laboratoria uznane muszą spełniać wymagania organizacji, dla których



Rys.1. Podział laboratoriów, źródło: [5]

wykonują badania czyli przykładowo: Urzędu Dozoru Technicznego, Polskiego Rejestru Statków (PRS) lub Bureau Veritas Quality Assurance (BVQI). Każda z wymienionych jednostek posiada własne uregulowania w zakresie zasad uznawania laboratoriów.

Ostatnie z wymienionych laboratoriów – laboratoria zakładowe, związane są działalnością bieżącą producentów, a ich podstawowym zadaniem jest wykonywanie badań laboratoryjnych w ramach kontroli wyrobu na różnych etapach produkcji. Ponieważ wspomniane badania mają kolosalne znaczenie i wpływ na jakość końcową wyrobu, laboratoria zakładowe są najczęściej włączane w różne systemy jakości funkcjonujące w danym przedsiębiorstwie, przykładowo: PN-EN ISO 9001:2001, ISO/TS 16949:2002 lub ISO 15161:2001.

W przypadku, gdy w przedsiębiorstwie nie ma wdrożonego żadnego systemu jakości często laboratoria zakładowe chcąc zapewnić wiarygodność i rzetelność swoich wyników wprowadzają do stosowania zasady Dobrej Praktyki Laboratoryjnej (tzw. *GLP* - *Good Laboratory Practice*), które określają wymagania dla personelu, aparatury, metod badawczych i zapisów, jak również utrzymanie zdolności analitycznej polegającej na okresowym porównywaniu wyników z innymi laboratoriami.

2. Cele i potrzeby akredytacji laboratorium

Jedną z cech rynku wewnętrznego Unii jest wzrost wymagań klienta w zakresie jakości wykonania wyrobu, co narzuca potrzebę prowadzenia stałego nadzoru nad realizacją procesów wytwarzania, a tym samym badań na różnych etapach produkcji. Zdrowa konkurencja rynkowa spowodowała, że nie tylko przemysł ale także nauka poszukuje zleceń na

badania prowadzone w swoich laboratoriach i tak jak każda działająca na rynku jednostka musi postawić na jakość oferowanych przez siebie wyrobów i/lub usług. Tylko w ten sposób laboratoria te staną się konkurencyjne.

Nie zawsze wyposażenie w drogą aparaturę pomiarową rozwiązuje problemy na rynku ekonomicznym; dodatkowymi czynnikami decydującymi o powodzeniu są kompetencje personelu oraz sprawny system organizacji wzmocniony systemem jakości [4].

Coraz więcej przedsiębiorstw posiada wdrożony i certyfikowany system jakości spełniający wymagania normy PN-EN ISO 9001:2001, niejednokrotnie dodatkowo jest on zintegrowany z innymi systemami: środowiskowym lub bezpieczeństwa.

Te przedsiębiorstwa, które posiadają własne systemy rozumieją sens zarządzania przez jakość – również w laboratoriach, co powoduje, że albo same akredytują własne laboratoria zakładowe albo zwiększają swoje wymagania w stosunku do rangi zleczanych innym jednostkom badań.

Pomimo tak silnej presji ze strony klientów liczba akredytowanych laboratoriów stanowi niewielki procent na tle jednostek o wdrożonych systemach jakości.

Według badań przeprowadzonych przez Puls Biznesu od początku działania, w Polsce jednostek certyfikujących systemy do końca 2004 roku wydano około 9768 certyfikatów systemu jakości PN-EN ISO 9001:2001 [3]. Na tym tle liczba jednostek posiadających akredytowane laboratoria badawcze i pomiarowych jest stosunkowo niewielka.

Według danych Polskiego Centrum Akredytacji na koniec lutego br. jest ich ponad 670 podczas, gdy

laboratoria naukowe (uczelniarne, instytutów bądź jednostek badawczo rozwojowych) stanowią zaledwie ułamek wszystkich laboratoriów. Dla porównania warto przytoczyć inne dane – na świecie szacuje się około 25 tysięcy laboratoriów, badających produkty lub wzorcuje aparaturę pomiarową, które zbudowały i wdrożyły system zarządzania jakością laboratorium oparty na wymaganiach standardu ISO/IEC 17025 i które poddały akredytacji wskazane metody badawcze [11].

Warto podkreślić, że decyzja dotycząca potrzeby uzyskania akredytacji, czy też certyfikacji laboratorium jest zależna od ogólnych potrzeb każdego laboratorium i oczekiwań jego klientów, organów stanowiących lub innych stron zainteresowanych, którzy dla swoich własnych celów potrzebują potwierdzenia dotyczącego określonych kompetencji technicznych laboratorium lub dotyczących tylko zgodności z systemami zarządzania jakością.

Należy jednak wyraźnie rozróżnić proces wdrażania systemu (będącego podstawą akredytacji) od samego aktu akredytacji. Wdrożenie systemu polega na podjęciu działań pozwalających na spełnienie wymagań zawartych w normie PN-EN ISO/IEC 17025:2005 natomiast akredytacja jest to formalne uznanie przez upoważnioną jednostkę kompetencji do wykonywania określonych działań.

W Polsce jedyną jednostką upoważnioną do uznania kompetencji laboratoriów badawczych/wzorcujących jest Polskie Centrum Akredytacji (PCA).

3. Wymagania normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005 oraz zasady akredytacji

Istotną przyczyną opracowania międzynarodowego dokumentu PN-EN ISO/IEC 17025:2005 była przede wszystkim potrzeba ujednolicenia systemu akredytacji laboratoriów i akceptacji wyników pomiarów na poziomie ogólnoświatowym. Wspomniany dokument zastąpił funkcjonujące wcześniej w tym obszarze PN-EN 45001 i ISO /IEC Guide 25. Podstawowym celem normy było stworzenie dla laboratorium wytycznych dotyczących zarówno zarządzania jakością, jak i wymagań technicznych co do jego prawidłowego funkcjonowania. Dokument ten można traktować zatem jako techniczne uzupełnienie normy PN-EN ISO 9001:2001

Wymagania zawarte w normie PN-EN ISO/IEC 17025:2005 są uniwersalne, gdyż odnoszą się do każdego laboratorium niezależnie:

- czy realizuje ono badania, wzorcowania lub badania i wzorcowania jednocześnie,
- od wielkości laboratorium, tzn. od liczby badań/wzorcowania w nim realizowanych,
- od metod używanych w badaniach/wzorcowaniach; w przypadku gdy metody nie są uznane za standardowe wymagana jest bardziej rozbudowana walidacja metody,

- od struktury laboratorium tzn. czy laboratorium jest jednostką samodzielną, czy też jest częścią większej struktury, np. przedsiębiorstwa, wydziału, uczelni czy instytutu.

Wymagania normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005 są podzielone na dwie grupy. Pierwsza z nich dotyczy zarządzania laboratorium i obejmuje wymagania dotyczące organizacji laboratorium; systemu jakości; nadzorowania dokumentacji; przeglądu zamówień, ofert i umów; podzlecania badań/wzorcowania; nabywania usług i dostaw; obsługi klienta; skarg; nadzorowania prac badawczych i/lub wzorcowań nie spełniających wymagań; działań korygujących i zapobiegawczych; nadzorowania zapisów; auditów wewnętrznych; oraz przeglądów wykonywanych przez kierownictwo laboratorium. Spełnienie tych wymagań równoważne jest ze spełnieniem wymagań systemu zapewnienia jakości zawartego w PN-EN ISO 9001:2001.

Druga grupa rozszerza wymagania wynikające z normy PN-EN ISO 9001:2001 i jest specyficzna jedynie dla laboratoriów. Stąd też wynika fakt, że certyfikacja systemu na zgodność z PN-EN ISO 9001:2001 nie jest wystarczająca dla potwierdzenia kompetencji laboratorium do wykonywania konkretnych badań/wzorcowania. Zgodnie z zapisem punktu 1.6 normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005 system, który spełnia wymagania wspomnianej normy zgodny jest także z zasadami PN-EN ISO 9001:2001, ale nie odwrotnie, gdyż wymagania techniczne zawarte w normie PN-EN ISO/IEC 17025:2005 odnoszą się do: personelu, warunków lokalowych i środowiskowych, metod badania i wzorcowania oraz ich walidacji, wyposażenia laboratorium, odniesienia pomiarów do wzorców jednostek miary, pobierania próbek; postępowania z obiektami do badań/wzorcowania, zapewnienia jakości wyników badania/wzorcowania, oraz przedstawiania wyników.

W Polsce system akredytacji laboratoriów badawczych prowadzony przez Polskie Centrum Akredytacji jest dostępny dla wszystkich organizacji, niezależnie od ich wielkości, statusu prawnego lub dziedziny w jakiej działają. Warto podkreślić, że podczas procesu akredytacji wnioskujące laboratorium poddaje się ocenie w zakresie:

- kompetencji technicznych,
- organizacji i systemu zarządzania gwarantujących bezstronność i niezależność w zakresie świadczonych badań,

z zastrzeżeniem, że ocenie poddawane są tylko obszary działania określone przez wnioskujących [10].

Laboratorium badawcze samo określa metody badawcze, na które zamierza uzyskać akredytację. PCA nie narzuca metod badawczych ani merytorycznych zasad wykonywania badań, chociaż zachęca do stosowania metod badawczych wynikających z najnowszych

zdobyczy wiedzy oraz zgodnych z opisanymi w normach europejskich i międzynarodowych. W samym procesie akredytacji przeprowadza się dokładną ocenę zgłoszonych metod. W przypadku, gdy w trakcie oceny zostanie wykazane, że dla zgłoszonej do akredytacji metody badawczej laboratorium nie przedstawiło dowodów potwierdzających jej wiarygodność, akredytacja dla takiej metody nie zostanie udzielona.

Jest warto podkreślenia, iż dzięki podpisanym umowom przyjęto zasadę, że od wszystkich państw uczestniczących przykładowo w porozumieniach typu: EA MLA (*Multilateral Agreement*) i ILAC MRA (*ILAC Mutual Recognition Arrangement*) oczekuje się uznania wyników pomiarów przeprowadzonych przez akredytowane laboratoria działające na terenie wszystkich państw członkowskich, co gwarantuje, że wyniki badań akredytowanego przez PCA laboratorium są uznawane w całej Unii Europejskiej.

4. Etapy przygotowania laboratorium do akredytacji i założenia dla systemu jakości na przykładzie Laboratorium Badań Stosowanych

Laboratorium Badań Stosowanych jest obecnie jednym z dwóch funkcjonujących w strukturze organizacyjnej CMG KOMAG laboratoriów badawczych wykonujących pomiary i badania, zarówno na rzecz Klienta zewnętrznego, jak i na potrzeby własne. Laboratorium to od początku działalności, czyli od 2001 r. realizowało swoje zadania zgodnie z wymaganiami systemu zarządzania jakością według PN-EN ISO 9001:2001, dzięki czemu wykonywane przez ten zakład badania spełniały wszelkie wymagania jakościowe wynikające ze wspomnianej normy. Zarówno nadzór nad zapisami, aparaturą WPIB, jak i stosowanie jednolitych metodyk badawczych pozwalało na stałe zapewnienie powtarzalności pomiarów oraz na jednakowe traktowanie każdego klienta.

Podjęcie decyzji o akredytowaniu Laboratorium Badań Środowiskowych przez Polskie Centrum Akredytacji w określonym zakresie badań, wynikało przede wszystkim z chęci zwiększenia wiarygodności badań, formalnego potwierdzenia swoich kompetencji oraz z nowych uwarunkowań zewnętrznych, tj. wprowadzenia obostrzonych wymagań w zakresie wykonywania badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy zgodnie z wytycznymi Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2005 r. [10].

Należy zaznaczyć, że CMG KOMAG posiada własne długoletnie, doświadczenia związane z procesem wdrażania systemów jakości w laboratoriach, gdyż już w 1995 roku uzyskało akredytację dla pierwszego ze swoich laboratoriów badawczych. Te doświadczenia oraz fakt, iż wspomniane laboratorium działało już w syste-

mie jakości PN-EN ISO 9001:2001 spowodowały, że czas wdrażania procedur jakościowych oraz sam proces akredytacji przebiegł stosunkowo sprawnie i zaowocował sukcesem kolejnego akredytowanego laboratorium.

Analizując proces związany z budową i wdrożeniem systemu można stwierdzić, że opierał się na misji Laboratorium Badań Stosowanych dotyczącej rzetelnego, bezstronnego, niezależnego wykonywania badań na możliwie najwyższym poziomie technicznym przez kompetentny i doświadczony personel.

Warto podkreślić, że wiele działań będących składowymi zaplanowanego przedsięwzięcia dotyczącego procesu akredytacji można było wyeliminować lub przeprowadzić w formie uproszczonej, niemniej sam proces wdrażania systemu jakości w tej komórce obejmował następujące etapy:

- przegląd aktualnego stanu metodycznego, sprzętowego i zasad działania laboratorium pod kątem stopnia spełniania wymagań zarówno PN-EN ISO 9001:2001, jak i normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005,
- opracowanie i dokonanie zmian, zarówno w sferze sprzętowej, organizacyjnej jak i kadrowej, a tym samym ustalenie:
 - zasad i sposobu prowadzenia nadzoru nad wyposażeniem do pomiarów i badań,
 - zasad i form współpracy z klientem, informowania klienta o przebiegu i wynikach badań oraz ewentualnego postępowania reklamacyjnego,
 - zakresu potrzebnych modyfikacji i/albo walidacji metod badań, poznania niepewności i zapewnienia spójności pomiarowej, stosowania materiałów odniesienia, stosowania metod kontroli jakości badań, udziału w międzylaboratoryjnych badaniach porównawczych i w badaniach biegłości,
 - trybu nadzoru nad obiektami badań i stosowania poufności,
 - formy i treści sprawozdań z badań oraz zasad ich autoryzacji i zatwierdzania,
- ustalenie zasad realizacji auditów wewnętrznych, doboru auditorów, a także podejmowania działań korygujących i zapobiegawczych, jak również zasad przeprowadzania przeglądów,
- opracowanie dokumentacji systemu zarządzania w laboratorium (Księgi Jakości, procedur, instrukcji),
- wdrożenie do codziennej praktyki zasad postępowania zgodnych z ustalonym trybem opisanym w dokumentacji i nadzorowanie,
- przeprowadzenie jednego lub więcej auditów wewnętrznych obejmujących cały „obszar” wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005 oraz realizacja działań korygujących poauditowych,
- zgłoszenie formalnego wniosku akredytacyjnego i poddanie laboratorium auditowi jednostki akredytującej a w konsekwencji otrzymanie świadectwa akredytacji.

W opinii wielu osób wdrożenie systemu jakości w laboratorium wiąże się zawsze z dużymi zmianami w organizacji pracy, zakupami sprzętu, a tym samym kosztami oraz zaangażowaniem pracowników; szczególnie w dopracowaniu metodyk badawczych i wykazaniu biegłości w realizacji badań. W przypadku Laboratorium Badań Stosowanych sytuacja była nieco odmienna, gdyż wspomniane Laboratorium realizowało już wcześniej swoje badania w systemie jakości PN-EN ISO 9001:2001, a pracownicy byli przyzwyczajeni do działań systemowych – takie podejście do zagadnienia pozwoliło na stosunkowo łagodne podejście do kolejnej normy jakościowej. Efektem zrealizowanych działań był przeprowadzony przez auditorów Polskiego Centrum Akredytacji audit akredytacyjny, na podstawie którego oraz na skutek pozytywnej opinii Komitetu Technicznego ds. Akredytacji Laboratoriów Badawczych przyznano w dniu 21.11.2005 roku Laboratorium Badań Stosowanych Certyfikat akredytacji nr AB 665.

Uzyskane przez Laboratorium uprawnienia potwierdziły wysokie kompetencje pracowników, wiarygodność uzyskiwanych wyników badań co nie tylko pozwoliło zdobyć zaufanie klientów, w zakresie uzyskania deklarowanej jakości usług w zakresie badań ale także wprowadziło jakościową kulturę organizacji pracy.

5. Podsumowanie

Laboratoria oferujące swoje usługi na rynku, muszą konkurować nie tylko ceną, ale także jakością swoich usług, dlatego też akredytacja określonego zakresu badań udzielona przez Polskie Centrum Akredytacji może być czynnikiem decydującym o wyborze klienta.

Trudno przecenić korzyści zarówno wewnętrznych, jak i rynkowych wynikających z akredytacji. Dla samego laboratorium wdrożenie systemu jakości i uzyskanie akredytacji przyczynia się do poprawy organizacji pracy, ustala konkretne i jednoznaczne zakresy odpowiedzialności oraz stwarza jednolity system podnoszenia kwalifikacji personelu. Korzyści zewnętrzne to niewątpliwie: wzrost prestiżu jednostki, zwiększenie konkurencyjności, honorowanie wyników badań – również przez klientów zagranicznych. Można się zatem spodziewać, że w przyszłości poważne firmy nie będą przekazywać żadnych istotnych zleceń laboratorium nie akredytowanemu [2].

Z drugiej jednak strony każde laboratorium noszące się z zamiarem akredytacji swoich badań musi mieć na względzie koszty z tym związane. Akredytacja nie jest bowiem przyznawana na stałe i wiąże się z określonymi opłatami. W okresie jej ważności wnosi ono do Polskiego Centrum Akredytacji opłaty z tytułu: uczest-

nictwa w krajowym systemie akredytacji, za audyty w nadzorze, z tytułu ponownej oceny lub w przypadku rozszerzenia jej zakresu. Dla każdego menedżera lub kierownika laboratorium istotne jest pytanie o celowości i opłacalność takiej inwestycji – nie zawsze zysk finansowy uzyskany z badań prowadzonych w takiej jednostce pokrywa wydatki. Stąd też bardzo często przeprowadzana analiza celowości podjęcia prac nad akredytacją określonych badań może w niektórych przypadkach powodować rezygnację z tego rodzaju przedsięwzięcia i zastosowania innych rozwiązań – przykładowo uznanie laboratorium przez wytypowane organizacje, bądź wdrożenie tzw. zasady Dobrej Praktyki Laboratoryjnej – GLP.

Literatura

1. Bartnik G., Bieganski A.: Akredytacja laboratoriów – wymóg nauki i rynku. Eksploatacja i niezawodność nr 2-3/2001, s. 118-124.
2. Filipiak M., Nowostawska D.: Akredytacja drogą do zapewnienia jakości badań laboratoryjnych. Problemy Jakości nr 1/2000, s. 9-16.
3. Kaczyńska D.: ISO 9001: Rytm nabija budowlanka. Puls Biznesu, dodatek specjalny Jakość, wydanie 5, s. 23-25.
4. Matyjaszczyk E.: Wybrane problemy laboratoriów badawczych wdrażających system ISO 17025. Problemy Jakości nr 2/2005, s. 36-38.
5. Wierzowiecka J.: Różnice wymagań i statusu wyników badań w laboratoriach badawczych. Problemy Jakości nr 4/2004, s. 13-16.
6. Wierzowiecka J.: Podnoszenie konkurencyjności laboratoriów uznanych i zakładowych poprzez zarządzanie jakością. Część 1 – Zmiany w teorii i praktyce zarządzania (pod red. A. Podobińskiego). Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków, s. 317-325.
7. PN- EN ISO/IEC 17025:2001 Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących.
8. PN-EN ISO 9001:2001 Systemy zarządzania jakością. Wymagania.
9. Ustawa o systemie oceny zgodności (Dz.U. Nr 43, poz. 489, 2002 r.).
10. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2005 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. 2005 nr 73 poz. 645).
11. <http://www.pca.gov.pl/>

Artykuł wpłynął do redakcji w maju 2006 r.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Teodor Winkler

Górnictwo Polskie w Europejskich Programach Badawczych

Streszczenie

Fundusz Badawczy Węgla i Stali stanowi kontynuację Europejskiej Wspólnoty Węgla i Stali, która była pierwszą inicjatywą zjednoczeniową w Europie po II Wojnie Światowej. Uczestnictwo w tym Funduszu, a dokładnie w jego Programie Badawczym stanowi szansę dla polskich jednostek związanych z górnictwem na zaistnienie w Europejskiej Przestrzeni Badawczej, na nawiązanie współpracy z przodującymi jednostkami europejskimi oraz na uzyskanie dofinansowania do badań nad dalszym rozwojem tego sektora.

Summary

Coal and Steel Research Fund is a continuation of European Coal and Steel Community, which was the first initiative of European Union after the II World War. Participation in that Fund, i.e. in its Research Programme, is a chance for the Polish organizations, connected with mining industry, to appear in the European Research Area and for starting a collaboration with leading European R & D organizations and to get a financial support for further development of that sector.

Po II wojnie światowej głównym motorem napędowym rozwoju i fundamentem odbudowy gospodarki był przemysł węgla i stali. Francuski komisarz planowania i ekonomista Jean Omer Marie Gabriel Monnet obserwując tarcia między Francją i Niemcami w sprawie kontroli nad Zagłębiem Ruhry, ważnym regionem produkcji węgla i stali, zaproponował rządowi francuskiemu utworzenie Wspólnoty Europejskiej. Idea ta została 9 maja 1950 roku przedstawiona przez francuskiego ministra spraw zagranicznych Roberta Schumana na posiedzeniu Rady Ministrów, jako projekt utworzenia organizacji nadzorującej przemysł wydobywczy i stalowy państw Europy Zachodniej. Na jego podstawie 18 kwietnia 1951 roku 6 państw (Francja, NRF, Belgia, Holandia, Luksemburg i Włochy) podpisały tzw. Traktat Paryski, powołujący do życia Europejską Wspólnotę Węgla i Stali.

Traktat ten zapewniał między innymi:

- swobodny przepływ produktów i swobodny dostęp do źródeł produkcji,
- stały nadzór nad rynkiem w celu uniknięcia zakłóceń, mogących wystąpić przy wprowadzeniu kontyngentów produkcyjnych,
- przestrzeganie zasad konkurencyjności i przejrzystości cen,
- wsparcie modernizacji sektora oraz jego restrukturyzacji.

Czas obowiązywania traktatu został ustalony na 50 lat. Była to pierwsza europejska inicjatywa zjednoczeniowa po II wojnie światowej. Wspólnota w okresie 50 lat swego istnienia spełniła nie tylko cele gospodarcze ale i polityczne – stała się podwaliną dzisiejszej Unii Europejskiej.

Współdziałanie w jej ramach umożliwiło krajom członkowskim wprowadzanie postępu technicznego, technologicznego i organizacyjnego. Instrumentami realizacji polityk w zakresie badań naukowych i technicznych były: finansowanie prac BRT oraz mechanizmy kształtowania współpracy między ośrodkami badawczymi państw członkowskich. Finansowanie prac badawczych polegało na zasadzie subsydiarności – EWWiS jedynie wspomagało rozszerzanie i uzupełnianie prowadzonych prac. Poza tym od połowy lat 60. prowadzono programy badawcze o charakterze sektorowym, poświęcone odrębnie zagadnieniom wydobywania węgla i produkcji stali. Pomimo, że finansowanie przez EWWiS badań w zakresie rozwoju technologicznego stanowiło nieduży procent całości środków finansowych przeznaczanych na BRT w tych dziedzinach, osiągnięto wiele pozytywnych rezultatów naukowych. Gorzej było ze współpracą międzynarodową pomiędzy ośrodkami naukowo-badawczymi. Głównym czynnikiem hamującym była konkurencja, wymuszająca ograniczenia przepływu informacji [1, 3].

W czasie ostatnich lat działania Wspólnoty miały miejsce intensywne procesy restrukturyzacyjne wynikające m.in. ze zmiany roli węgla w energetyce oraz dużego wzrostu zapotrzebowania na alternatywne do stali materiały konstrukcyjne.

Współpraca naukowa w ramach EWWiS ustała wraz z wygaśnięciem Traktatu EWWiS w dniu 23 lipca 2002 r., ale już w 1997 roku przyjęto pierwszą rezolucję torującą drogę do wykorzystania pozostałych po EWWiS środków na nowy Fundusz Badawczy.

Decyzja o przeniesieniu tego kapitału do Wspólnot i przeznaczeniu go na badania naukowe została podjęta

w ramach traktatu Nicejskiego. Ta pozostała nadwyżka kapitału to około 1,6 miliarda euro. Kapitał ulokowany został na lokacie długoterminowej, a odsetki stanowią źródło finansowania nowego Funduszu Badawczego utworzonego w lutym 2003 roku pod nazwą Funduszu Badawczego Węgla i Stali. Podstawa prawna została określona w załączniku do Traktatu Nicejskiego oraz w decyzjach Rady z dnia 1 lutego 2003 roku [2, 4].

Decyzja 2003/78/EC szczegółowo omawia zasady powstania i funkcjonowania Programu Badawczego Funduszu Badawczego Węgla i Stali. Stał się on kontynuacją Programów Badawczo-Rozwojowych Węgla i Stali prowadzonych w ramach EWWiS. Głównym celem Programu Badawczego jest wspomaganie konkurencyjności europejskich sektorów związanych z przemysłem węgla i stali. Program jest zgodny z naukowymi, technologicznymi i politycznymi celami Unii Europejskiej i jest komplementarny do innych działań i programów podejmowanych przez Wspólnotę (takich jak Program Ramowy).

Jak wspominałam, fundusze przeznaczone na finansowanie projektów realizowanych w ramach Programu Badawczego pochodzą z odsetek od kapitału pozostałego po EWWiS. Jest to kwota różna w poszczególnych latach, ale jej alokacja pomiędzy główne sektory została dokonana procentowo, zgodnie z udziałem w gospodarce europejskiej obu sektorów. I tak, na projekty związane z węglem przeznaczono 27,2% funduszy, a na projekty związane z przemysłem stalowym 72,8%.

Proces dokonywania wyboru projektu jest inny niż stosowano w Programach Badawczych EWWiS. Z jednej strony Komisję wspiera Komitet ds. Węgla i Stali (COSCO) skupiający przedstawicieli państw członkowskich, a także członków grup doradczych ds. stali (SAG), grup doradczych ds. Węgla (CAG) wraz z przedstawicielami przemysłu. Z drugiej strony, ocen dokonują niezależni eksperci posiadający specjalistyczną wiedzę na temat potrzeb i priorytetów w przemyśle, poprzednich badań i ich wyników, a także umiejętności zainteresowanych partnerów – na przykład eksperci z grup technicznych. W sektorze węgla działają 3 takie grupy techniczne (TGC) utworzone ze specjalistów w następujących dziedzinach:

- TGC1 – technologie wydobywcze,
- TGC2 – technologie przetwarzania,
- TGC3 – technologie czystego węgla.

Udział w projektach zgłaszanych do tego Programu Badawczego mogą brać przedsiębiorstwa, jednostki badawczo-rozwojowe oraz osoby fizyczne mające siedzibę lub miejsce zamieszkania na terenie krajów członkowskich. I tylko tacy uczestnicy mają prawo do finansowego wsparcia swego udziału ze strony Komisji.

Możliwy jest udział przedsiębiorstw i jednostek z krajów trzecich, lecz nie mogą one liczyć na jakiegokolwiek finansowe wsparcie.

W ramach Programu Badawczego na zatwierdzenie mogą liczyć projekty badawcze, pilotażowe i demonstracyjne, działania wspierające i przygotowujące. Przyjmowanie wniosków na projekty odbywa się w sposób otwarty i ciągły – tzn. składać wnioski można w danym roku przez cały czas aż do dnia 15 września – kiedy to następuje otwarcie wszystkich złożonych w tym czasie wniosków i rozpoczyna się proces ich oceny. Wnioski sporządzane muszą być zgodnie z wytycznymi zawartymi w informatorach, które można znaleźć na stronie internetowej Programu lub otrzymać z Komisji.

Wnioski projektowe dotyczące sektora węgla muszą mieścić się w priorytetach określonych w aneksie B decyzji Rady z dnia 1 lutego 2003 roku. Są to:

1. Podnoszenie konkurencyjności Wspólnoty – ten priorytet nakierowany jest na redukcję kosztów produkcji węgla, podnoszenie jego jakości oraz redukcję kosztów użycia węgla. Projekty badawcze mogą tu dotyczyć poszczególnych ogniw z łańcucha produkcji węgla:
 - nowoczesne techniki wykrywania złóż,
 - zintegrowane planowanie kopalń,
 - wysokoefektywne zautomatyzowane drażenie oraz techniki górnicze związane z geologiczną charakterystyką złóż węgla kamiennego w Europie,
 - technologie wspomagające,
 - systemy transportowe,
 - zasilanie, komunikacja, transmisja danych, monitoring i systemy sterujące,
 - techniki wzbogacania węgla zorientowane na potrzeby rynku,
 - przeróbka węgla,
 - spalanie węgla.
2. Zdrowie i bezpieczeństwo w kopalniach – badania powinny być zorientowane nie tylko na bezpieczeństwo, ale także na kontrolę gazów, wentylację oraz jakość powietrza.
3. Efektywna ochrona środowiska i ulepszanie metod użycia węgla jako źródła „czystej” energii. Preferowane są projekty poruszające następującą tematykę:
 - redukcja emisji gazów – zwłaszcza metanu,
 - alokacja odpadów górniczych w nieczynnych wyrobiskach,
 - rekultywacja hałd i przemysłowa przeróbka resztek pochodzących z produkcji i użycia węgla,
 - ochrona i oczyszczanie wód kopalnianych,
 - redukcja oddziaływania na środowisko instalacji zużywających węgiel brunatny i kamien-ny,

- ochrona instalacji powierzchniowych przed skutkami osiadania terenu (szkód górniczych),
 - redukcja emisji pochodzących z utylizacji węgla.
4. Zarządzanie zewnętrznymi dostawami energii – w tym priorytecie projekty powinny dotyczyć perspektyw długoterminowych dostaw energii i ochrony zasobów w Europie [5].

Wraz z przystąpieniem Polski do Unii Europejskiej polskie przedsiębiorstwa i jednostki badawcze otrzymały możliwość udziału w Programie Badawczym Funduszu Badawczego Węgla i Stali. Było to szczególnie ważne dla sektora związanego z węglem, gdyż tematyka narzucona przez Komisję Europejską w 6. Programie Ramowym w ogóle nie uwzględniała tej gałęzi przemysłu, co utrudniało nawiązywanie współpracy międzynarodowej. Z drugiej strony górnictwo w krajach nowo przyjętych wymaga modernizacji uwzględniającej zupełnie nowe aspekty: ergonomię, bezpieczeństwo pracy, oddziaływanie na środowisko, koncentrację wydobycia. Projekty oparte na współpracy międzynarodowej umożliwiają przepływ wiedzy, technologii i wykorzystanie zasady synergii. Jednocześnie ciężar ponoszonych kosztów opracowania nowych technologii jest zmniejszony finansowym wsparciem ze strony Komisji, a także dotacjami z Ministerstwa Edukacji i Nauki przeznaczonymi na dofinansowanie współpracy międzynarodowej.

Generalnie realizacja Programu Badawczego Funduszu Badawczego Węgla i Stali od momentu jego powstania do końca 2005 roku wygląda następująco:

Grupa Techniczna (TG)		Liczba projektów	Liczba partnerów	Średnia liczba partnerów w projekcie	Budżet (€)	Wsparcie finansowe ze strony RFCS (€)	Średnie wsparcie na projekt (€)
TGC1	Wydobycie, infrastruktura i zarządzanie kopalnią niekonwencjonalne metody eksploatacji złóż węgla	8	50	6,3	23.887.097	14.332.259	1.791.532
TGC2	Przeróbka, wzbogacanie i uzdatnianie węgla	5	31	6,2	10.280.043	6.168.027	1.233.605
TGC3	Spalanie węgla, czyste technologie węgla, redukcja CO ₂	15	100	6,7	52.542.898	26.788.232	1.785.882
Razem:		28	181	6,5	86.710.038	47.288.518	4.811.020

Polskie jednostki uczestniczyły w 8 z ogółu 28 projektów przyjętych do realizacji w sektorze węgla, co stanowi 28,6% projektów. Budżet projektów, w których uczestniczyły (lub uczestniczą) nasze jednostki i przedsiębiorstwa wynosi w sumie 25 543 170 euro, co stanowi 29,5% budżetu wszystkich projektów sektora węglowego. Polscy uczestnicy tych projektów to (w kolejności alfabetycznej):

- Centrum Elektryfikacji i Automatyzacji Górnictwa EMAG,
- Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG,

- Elektrownia Bełchatów,
- Elektrownia Opole,
- Główny Instytut Górnictwa,
- Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla,
- Politechnika Wrocławska.

Zwrócić należy uwagę, że powyższe dane dotyczą projektów przyjętych do refinansowania, a nie składanych do Funduszu.

Jest to naprawdę dobry wynik, zwłaszcza, że polskie jednostki zaczęły przystępować do Programu dopiero rok po jego utworzeniu. Zastanawiający natomiast może być brak projektów koordynowanych przez polskie jednostki. Nie wynika to na pewno z braku projektów zgłaszanych przez polskich naukowców, lecz czy ich dyskwalifikacja istotnie spowodowana była czynnikami merytorycznymi czy też o ich odrzuceniu decydowały inne względy – trudno powiedzieć. Na pewno najpierw musimy rozwiązać pewną nieufność Komisji co do naszych umiejętności i potencjału. Osiągamy to realizując wspólne projekty w sposób rzetelny i terminowy, pokazując, że polska nauka stoi na bardzo wysokim poziomie, a nasze doświadczenie w przemyśle wydobywczym jest nie do przecenienia [7].

W listopadzie 2005 roku Europejski Komitet Ekonomiczno-Społeczny opublikował opinię w sprawie europejskich prac badawczych w sektorze węgla i stali. Oceniono dotychczasową realizację Programu Badawczego FBWiS, dokonano analizy ogólnej sytuacji sektorów stalowego i węglowego, oraz przedstawiono perspektywy działań w tych sektorach.

Przede wszystkim wysoko oceniono opłacalność badań naukowych w dziedzinie węgla, współfinansowanych przez Komisję. Średnie czynniki zysku wahają się od 7 do 25 (zwrot wysokości 7-25 jednostek za każdą zainwestowaną jednostkę). Co więcej, badania i rozwój technologiczny w tej branży przynoszą często dodatkowe korzyści dla innych gałęzi przemysłu (np. metody miernicze, metody drażnienia tuneli).

Europa jest trzecim co do wielkości użytkownikiem węgla w świecie. Węgiel jest tu podstawowym paliwem do wyrobu żelaza i stali, a w sektorze elektroenerge-

tycznym jest preferowany ze względu na bezpieczeństwo dostaw i konkurencyjność. Jednocześnie warunki geologiczne złóż węglowych w Europie są trudne, co wymusiło szybki postęp w technologiach wydobywczych. Obecnie z europejskich technologii wydobycia korzysta ponad połowa świata rozwijającego się.

Komitet Społeczno-Ekonomiczny bardzo wysoko ocenił europejski potencjał badawczy oraz współpracę na szczeblu międzynarodowym. Od 2002 roku działa finansowana przez 5. Program Ramowy sieć dotycząca Zrównoważonych Europejskich Przemysłów Górniczo i kopalnictwa – NESMI, skupiająca około 100 udziałowców europejskiego przemysłu górniczego i nauki (w tym 7 jednostek z Polski). Istotnym wynikiem działania NESMI jest Europejska Platforma Technologiczna ds. Zrównoważonych Zasobów Mineralnych.

W swej ocenie EKES wskazuje na cele strategiczne badań i rozwoju technologicznego w sektorze węgla, którymi są:

- zabezpieczenie przyszłych zasobów energetycznych Europy,
- tworzenie innowacyjnych technologii produkcyjnych,
- zwiększenie wydajności utylizacji węgla,
- zrównoważone wykorzystanie zasobów energetycznych,
- stworzenie europejskiej wartości dodanej poprzez wiodącą rolę technologii opartej na pracach badawczo-rozwojowych.

W dziedzinie technologii wydobycia priorytetem wskazywanym przez EKES jest produktywność i obniżanie kosztów w całym procesie produkcyjnym poprzez stosowanie inteligentnych i elastycznych systemów wydobywczych, ulepszanych technik kontroli warstw geologicznych, najnowocześniejszych technik informatycznych a szczególnie monitorowania i analizy. W dziedzinie utylizacji czystego węgla Komitet wskazał preferowane kierunki badań związane ze zwiększaniem wydajności elektrowni, redukcji emisji CO₂ (idea docelową jest powstanie elektrowni o zerowej emisji), oraz jego długotrwałym składowaniem [6].

Generalnie w opinii EKES program badań naukowych RFCS okazał się być wydajny i skuteczny, dlatego Komitet zdecydowanie popiera szybkie i daleko posunięte włączanie przedsiębiorstw oraz ośrodków badawczych i uniwersyteckich nowych Państw Członkowskich w program badań naukowych RFCS i działalność związaną z odpowiednimi Europejskimi Platformami Technologicznymi dla sektorów stali i węgla, więc tylko od nas zależy czy się do tych działań przyłączymy i wykorzystamy nasz potencjał i doświadczenie.

Literatura

1. Traktat Paryski, 18 IV 1951.
2. 35 Protokół w Sprawie Skutków Finansowych Wygaśnięcia Traktatu Ustanawiającego Europejską Wspólnotę Węgla i Stali oraz w Sprawie Funduszu Badawczego Węgla i Stali.
3. Europejska Wspólnota Węgla i Stali Przechodzi do Historii – Global Economy – Wydawnictwo Instytutu Analiz i Prognoz Gospodarczych.
4. Traktat Nicejski - C. Protokoły Dołączone do Traktatu Ustanawiającego Wspólnotę Europejską.
5. Decyzja Rady z dnia 1 lutego 2003 ustanawiająca wieloletnie wytyczne finansowe dotyczące zarządzania aktywami EWWiS w likwidacji i, po zakończeniu likwidacji, Majątkiem Funduszu Badawczego Węgla i Stali (2003/77/WE).
6. Opinia Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego w sprawie perspektywy europejskich prac badawczych w sektorach węgla i stali – Dziennik Urzędowy C294, 25/11/2005 P.0007-0013.
7. Synopsis of the coal and steel projects co-financed by the RFCS 2002-2005" - Directorate-General for Research Fund for Coal and Steel, 2005.

Artykuł wpłynął do redakcji w maju 2006 r.