

Paweł GAMBAL  
KGHM Ecoren SA, Lubin

## ŻUŻLE POMIEDZIOWE, ICH NATURA ORAZ PRZYDATNOŚĆ GOSPODARCZA

**Streszczenie.** W referacie omówiono sposoby zagospodarowania żużli odpadowych z pieca szybowego i żużli odpadowych z pieca elektrycznego, powstających w procesach produkcyjnych hut miedzi KGHM Polska Miedź SA, w kierunku wytwarzania kruszyw drogowych, podsadzek hydraulicznych do wypełniania pustek, ścierniwa do prac strumieniowo-ciernych i innych możliwości zastosowań udokumentowanych aktualnie prowadzonymi badaniami. Przedstawiono charakterystykę produkcji kruszyw łamanych z żużla szybowego, obejmującą warunki procesu produkcji kruszyw oraz stosowany mobilny sprzęt krusząco – sortujący. Zaprezentowano oferowany asortyment produkcji, parametry jakościowe otrzymywanych kruszyw oraz stosowany system zapewnienia jakości. Ponadto, przedstawiono aktualne sposoby zagospodarowania pomiedziowych żużli granulowanych, a także wstępne wyniki badań wykorzystania żużla odpadowego pieca elektrycznego jako surowca do produkcji kruszyw drogowych.

## THE USE OF WASTE SLUG FROM COPPER PRODUCTION FOR ROAD AGGREGATE PRODUCTION

**Summary.** In a paper the utilization of slug (which arises from copper production) for the road ballast production was presented. The characteristic of broken aggregates (from copper production) containing process conditions of aggregates production and appropriate mobile bursting and sorting equipment was presented. The range of goods, quality parameters and quality system of aggregates was introduced. Moreover the current ways of granular slag (from copper production) managements and possibilities of using it as a component for mixture used in mechanical stabilization was shown.

### 1. Żużel odpadowy z pieca szybowego

Żużel szybowy jest produktem odpadowym powstającym w trakcie przetopu brykietowanego koncentratu miedzi w piecu szybowym. W stanie płynnym, w temperaturze około 1200°C, transportowany jest kadziowozami na miejsce składowania (rys. 1). Po wylaniu żużla na hałdzie następuje jego krzepnięcie i powolne studzenie w warunkach atmosferycznych. Zapewnia to powstawanie odpowiedniej struktury wewnętrznej o dużej

twierdzości i wytrzymałości. Po około rocznym okresie kondycjonowania następuje stabilizacja własności fizykochemicznych, dzięki czemu żużel szybowy staje się materiałem odpowiednim do produkcji kruszyw, podobnym w swym składzie do bazaltu i gabra.

Zagospodarowanie żużla szybowego ma istotne znaczenie dla działalności Huty Miedzi Głogów z kilku przyczyn. Przede wszystkim z powodu konieczności zapewnienia tzw. frontów wylewowych, warunkujących ciągłą pracę pieców szybowych. Ponadto, istnieje potrzeba zmniejszania ilości zdeponowanych żużli, dzięki czemu możliwa jest poprawa stanu środowiska oraz ograniczanie opłat za korzystanie ze środowiska z tytułu ilości składowanych odpadów. Produkcja kruszyw z żużla szybowego daje możliwości całkowitej likwidacji starych hałd, zgodnie z zatwierdzonym planem likwidacji składowiska.



Rys. 1. Wylanie płynnego żużla szybowego

Fig. 1. Flooding liquid shaft slag

## **2. Proces technologiczny produkcji kruszyw łamanych z żużla odpadowego z pieca szybowego**

Proces technologiczny prowadzony jest przy użyciu mobilnych maszyn na podwoziach gąsienicowych. Takie rozwiązanie pozwala na urabianie hałdy w wielu miejscach na istniejącym polu wylewowym. Dzięki temu możliwa jest spójność prowadzonej produkcji kruszyw z rytmem dostaw żużla szybowego z pieców huty miedzi. W przypadku hałd żużli

pohutniczych nie występuje potrzeba zdejmowania nadkładu gruntu. Surowy materiał jest bezpośrednio dostępny. Żużel szybowy stanowi surowiec zwarty o budowie warstwowej, powstającej z płynnych wylewów żuźla (rys. 2). Determinuje to sposób urabiania tego sztucznego złoża za pomocą ciężkich spychaczy i koparek. Przeprowadzone próby odspajania oraz rozdrabniania żuźla pomiedziowego techniką strzałową wykazały, że technologia ta w przypadku hałd żuźli pomiedziowych nie daje zadowalających rezultatów. Przyczyną trudności jest przede wszystkim struktura hałd i występowanie pustek oraz szczelin rozpraszających energię wybuchu.



Rys. 2. Odślonięta ściana hałdy żuźla szybowego

Fig. 2. Outcrop of shaft slagheap

W chwili obecnej w procesie pozyskiwania i przeróbki żuźla pomiedziowego stosowane są następujące maszyny:

- Spycharki ze zrywakiem TD-40C produkcji Huta Stalowa Wola;
- Koparki jednonaczyniowe na podwoziach gaśnicowych BRAWAL 4011 produkcji ZPS Bumar – Łabędy oraz CAT 325CL produkcji Caterpillar (z wymiennym elementem roboczym łyżka/młot udarowy);
- Samojezdne kruszarki szczękowe wstępnego kruszenia Nordberg LT105 produkcji Metso Minerals;
- Samojezdne kruszarki stożkowe Nordberg LT300HP produkcji Metso Minerals;
- Samojezdna kruszarka stożkowa BL-Pegson Maxtrak 1300 produkcji Terex Pegson;
- Samojezdne przesiewacze wibracyjne Nordberg ST620 produkcji Metso Minerals oraz Chieftain 1800 i Warrior 1800 produkcji Powerscreen;
- Ładowarki kołowe Volvo L180E.



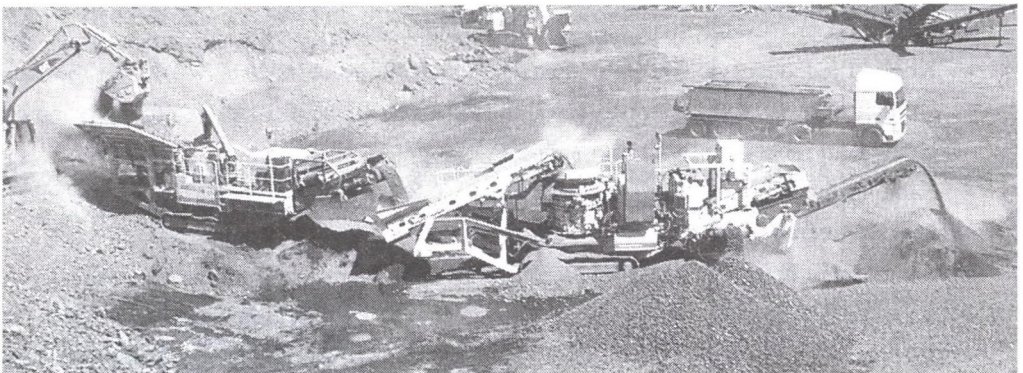
Surowy materiał jest odrywany, spalchniany, a następnie spychany za pomocą ciężkich spychaczy po stoku hałdy w kierunku aktualnego posadowienia mobilnego węzła kruszącego (rys. 3). Następnie żużel podawany jest za pomocą koparek do kruszarek szczękowych i dalej do układu kruszarek stożkowych i przesiewaczy.



Rys. 3. Urabianie surowca spycharką

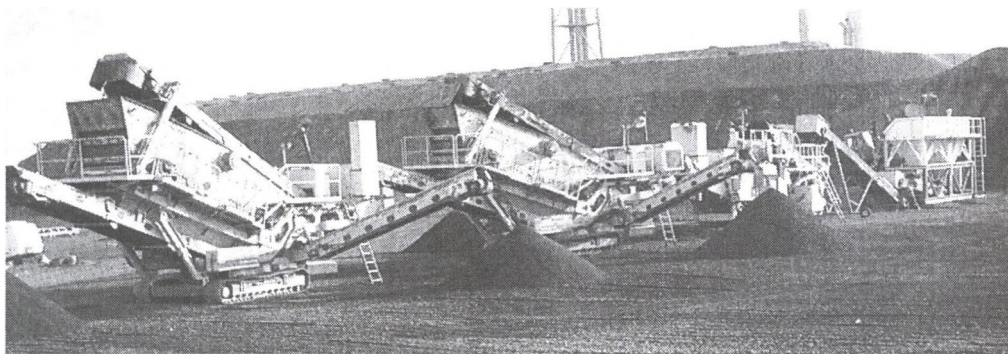
Fig. 3. Quarrying recycling materials with a bulldozer

Układ technologiczny przeróbki żużla pomiedziowego na kruszywa składa się z dwóch niezależnych linii przerobczych. Pierwsza z nich stanowi zespół urabiający (rys. 4), mający za zadanie pozyskanie żużla z hałdy i wytworzenie półproduktu do produkcji grysów lub produkcję mieszanek do stabilizacji mechanicznej 0/31,5 mm i 0/63 mm, kłińca lub tłucznia zależnie od potrzeb. Drugi zespół to linia do produkcji grysów (rys. 5): 5/8 mm, 8/11 mm, 11/16 mm, 16/22 mm i drobnej mieszanki 0/5 mm.



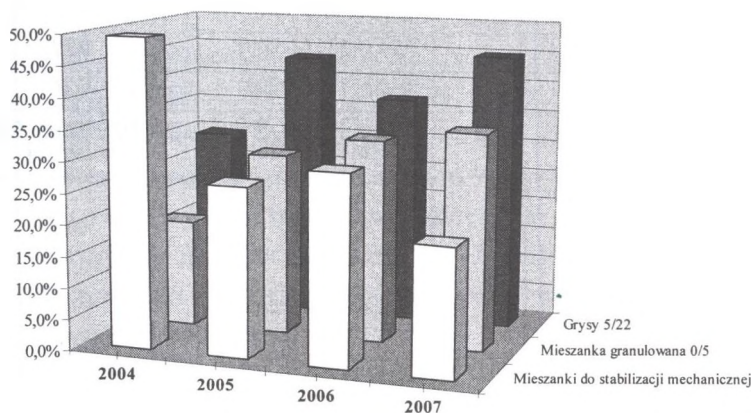
Rys. 4. Układ technologiczny zespołu urabiającego

Fig. 4. Technological structure of a quarrying group



Rys. 5. Linia technologiczna do produkcji grysów  
Fig. 5. Technological line of a grit production

Zdolność produkcyjna zakładu wynosi około 1 mln Mg/rok. Na podobnym poziomie kształtuje się wielkość sprzedaży kruszyw z żuźla pomiedziowego. Z uwagi na dobre właściwości grysów pomiedziowych dla produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych, udział tych asortymentów w strukturze produkcji był na przestrzeni lat optymalizowany i aktualnie grysy stanowią największą część oferty handlowej (rys. 6).



Rys. 6. Struktura produkcji kruszyw pomiedziowych  
Fig. 6. Structure of production of slag aggregate from copper production

### 3. Właściwości i zastosowanie kruszyw pomiedziowych z pieca szybowego

Kruszywa z pomiedziowego żuźla szybowego mają podobnie jak bazalty strukturę skrytokrystaliczną, barwę czarną lub brunatno-czarną, przełam matowy oraz wytrzymałość na

ściskanie powyżej 120 MPa. Posiadają własności zbliżone do kruszyw ze skał naturalnych. W odróżnieniu od kruszyw mineralnych, kruszywa pomiedziowe charakteryzują się wysoką kubecznością i jednorodnością właściwości fizykochemicznych zarówno drobnych, jak i grubych ziaren. Mieszanki z żużla szybowego charakteryzują się dobrym wskaźnikiem piaskowym  $SE$  około 70.

Tabela 1

Przykładowe wyniki badań grysu 8/11,2 z pomiedziowego żużla szybowego

Badana cecha	Sposób badania	Wynik badania
Nasiąkliwość, $WA_{24}$ %	PN-EN 1097-6:2002	0,6
Zawartość pyłów, $f$ %	PN-EN 933-1:2000	0,2
Wskaźnik kształtu, $SI$	PN-EN 933-4:2001	2,0
Wskaźnik płaskości, $FI$	PN-EN 933-3:1999	4,8
Odporność na rozdrabnianie, $LA$	PN-EN 1097-2:2000	11,8
Odporność na ścieranie, $M_{DE}$	PN-EN 1097-1:2000	2,6
Odporność na polerowanie, $PSV$	PN-EN 1097-8:2002	47,8
Odporność na ścieranie powierzchniowe, $AAV$	PN-EN 1097-8:2002	2,18
Szok termiczny $I$ % $V_{LA}$	PN-EN 1367-5:2004	1,39 1
Mrozoodporność, $F$ %	PN-EN 1367-1:2001	0,19
Mrozoodporność w soli, $F$ %	PN-EN 1367-1:2001	0,24
Rozpad krzemianu dwuwapniowego	PN-EN 1744-1:2000	pojedyncze jasne plamki
Rozpad żelaza	PN-EN 1744-1:2000	bez spękań
Uwalniane substancje niebezpieczne, mg/l		
Cr	PN-EN 1744-1:2000	<0,1
Ba		0,02
Cd		<0,02
Cu		0,086
Ni		<0,1
Pb		<0,2
Zn		<0,09
As		<0,1
Promieniotwórczość naturalna		Instrukcja ITB 234/95
$f_1$ max		1,73
$f_2$ max, Bq/kg		360,40



Kruszywa z pomiedziowego żuźla szybowego są wykorzystywane w budownictwie drogowym:

- do asfaltowych warstw konstrukcji jezdni łącznie z wierzchnią warstwą ścieralną;
- do nasypów w warstwach mrozoodpornych, odsączających i jako samodzielny materiał lub składnik doziarniający;
- do podbudów z chudego betonu dla kategorii obciążenia ruchem KR1+KR6;
- do podbudowy zasadniczej dla kategorii obciążenia ruchem KR1+KR6, stabilizowanej mechanicznie lub stabilizowanej spoiwem, lub lepiszczami bitumicznymi;
- do warstwy nasypów w strefie przemarzania;
- do podbudowy pomocniczej dla kategorii obciążenia ruchem KR1+KR6, stabilizowanej mechanicznie lub stabilizowanej spoiwem lub lepiszczami bitumicznymi;
- na nawierzchnie twarde nieulepszone realizowane w technologii nawierzchni z kruszywa stabilizowanego mechanicznie.

Kruszywa z pomiedziowego żuźla szybowego uzyskały aprobatę techniczną Instytutu Badawczego Dróg i Mostów, pozytywną ocenę higieniczną Państwowego Zakładu Higieny, pozytywną opinię radiologiczną Instytutu Medycyny Pracy oraz Państwowej Agencji Atomistyki.

W celu zapewnienia zgodności produkowanych kruszyw sztucznych z Dyrektywą Unii Europejskiej 89/106/EWG Wyroby budowlane oraz normami PN-EN dotyczącymi kruszyw przeprowadzone zostały badania wstępne typu kruszyw z żuźla pomiedziowego według PN-EN 13043:2004, PN-EN 13242:2004, PN-EN 13450:2004 w Instytucie Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego oraz wdrożono Zakładową Kontrolę Produkcji w systemie oceny zgodności 2+. Proces produkcyjny kruszyw oraz produkty finalne poddawane są systematycznej kontroli wewnętrznej. W przypadku wystąpienia zakłóceń procesu produkcyjnego zapewnia praktycznie natychmiastowe eliminowanie produktów niespełniających wymogów jakościowych. Rozszerzone badania kruszyw prowadzone są w akredytowanych laboratoriach.

Proces produkcji kruszyw pomiedziowych objęty jest także systemem jakości ISO 9001:2000 oraz ISO 14001:2004.

#### **4. Zagospodarowanie odpadowego żuźla z pieca elektrycznego**

Żużel granulowany powstaje w trakcie odmiedziowania w piecu elektrycznym żuźla z pieca zawieszinowego Huty Miedzi Głogów II. Płynny żużel po opuszczeniu pieca elektrycznego trafia do układu granulacji wyposażonego w wodne dysze granulacyjne. W wyniku gwałtownego rozbicia i schłodzenia strugi żuźla silnym strumieniem wody powstaje sypki materiał nazywany żużlem granulowanym. Materiał ten jest przesyłany za

pomocą przenośników do miejsca magazynowania (rys. 7). Podstawowymi kierunkami wykorzystania są technologie górnicze (składnik podsadzki hydraulicznej do wypełniania pustek) oraz produkcja ścierniw do prac strumieniowo-ciernych.

Obecnie największe zużycie żużla granulowanego związane jest z pracami podsadzkowymi (ok. 55% zużycia tego żużla). Materiał spełnia wymagania normy w zakresie stosowania jako składnik podsadzki górniczej, stanowiąc alternatywę w stosunku do naturalnych piasków podsadzkowych.



Rys. 7. Hałda żużla granulowanego  
Fig. 7. Granular slagheap

Tabela 2

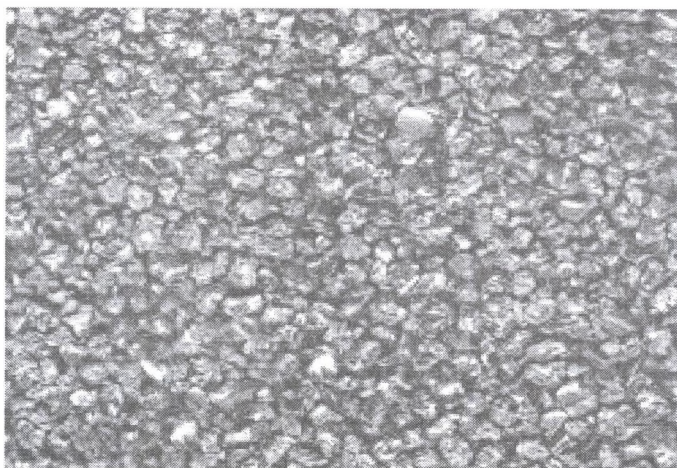
Niektóre własności pomiedziowego żużla granulowanego

Badana cecha	Podstawa badania	Wynik badania
Promieniotwórczość naturalna	RRM z dnia 3.12.2002 (DzU nr 220 poz. 1850)	
$f_{1 \max}$ $f_{2 \max}$ , Bq/kg		2,27 385,7
Wartości zanieczyszczeń nieorganicznych, mg/l	PN-93-G-11010	
Chlorki		0,0
Siarczany		0,2
Sód		0,0
Potas		0,2
Wartości zanieczyszczeń nieorganicznych, mg/l		
Cynk		0,0
Kadm		<0,01



cd. tabeli 2

Miedź		0,013
Nikiel		0,0
Ołów		0,016
Chrom		<0,01
Cyjanki wolne		0,0
Siarczki		0,0
Wartości zanieczyszczeń innych		
Odczyn pH		7,0
ChZT		2,5



Rys. 8. Materiał ścierny z żużla granulowanego

Fig. 8. Abrasive material of granular slag

Dobre perspektywy rozwoju niesie wykorzystanie żużla do produkcji ścierniwo-stosowanych w pracach strumieniowo-ciernych. Materiały ściernie produkowane na bazie żużla z pieca elektrycznego (rys. 8) przez firmy współpracujące z KGHM Ecoren SA stanowią doskonałą alternatywę wobec ścierniwo produkowanych na bazie piasku kwarcowego.

Aktualnie prowadzone są także badania nad nowymi sposobami wykorzystania odpadowego żużla z pieca elektrycznego jako:

- surowca do produkcji kruszyw budowlanych.
- surowca do wyrobu materiałów odlewniczych.
- surowca do produkcji cementu.

Wstępne wyniki pokazują (tab. 3), że materiał ten nadaje się do produkcji kruszyw budowlanych. Po opracowaniu optymalnej technologii wylewania i urabiania surowca stanie się ona nowym, atrakcyjnym produktem rynkowym.

Tabela 3

Porównanie wstępnych wyników badań żużla z pieca elektrycznego z wynikami badań żużla z pieca szybowego

Badana cecha	Wyniki badań kruszywa żużlowego z pieca elektrycznego wykonane przez IMBIGS		Przykładowe wyniki badań gysu 8/11,2 z pomiedziowego żużla szybowego	
	Odporność na rozdrabnianie, $LA$	PN-EN 1097-2:2000	26,8	PN-EN 1097-2:2000
Odporność na ścieranie, $M_{DE}$	PN-EN 1097-1:2000	10,4	PN-EN 1097-1:2000	2,6
Nasiąkliwość, $WA_{24}$ %	PN-EN 1097-6:2002	0,8	PN-EN 1097-6:2002	0,6
Rozpad krzemianu dwuwapniowego	PN-EN 1744-1:2000	bez oznak	PN-EN 1744-1:2000	pojedyncze jasne plamki
Rozpad żelaza	PN-EN 1744-1:2000	bez oznak	PN-EN 1744-1:2000	bez spękań
Promieniotwórczość naturalna $f_{1 \max}$ $f_{2 \max}$ , Bq/kg	Instrukcja ITB 234/95	0,12 281	Instrukcja ITB 234/95	1,73 360,40
Uwalniane substancje niebezpieczne, mg/l	PN-EN 1744-1:2000	Cd	PN-EN 1744-1:2000	<0,02
Cr		<0,1		
Cu		<0,05		
Ni		<0,1		
Pb		<0,2		
Zn		0,018		
Ba		0,54		
As		<0,1		

## Podsumowanie

W ciągu kilku lat produkcji do wysokiej jakości kruszyw z żużla pomiedziowego przekonało się ponad sto firm budownictwa komunikacyjnego. Opracowano wiele receptur i specyfikacji technicznych mieszanek i mas mineralno-asfaltowych, których składnikiem jest pomiedziowy żużel szybowy. Kruszywa z żużli pohnitcznych wykorzystywane są przez czołowe firmy budownictwa drogowego w realizowanych inwestycjach drogowych na terenie naszego kraju. Ponadto, gospodarze wykorzystanie żużli powstających w procesie produkcji miedzi jest częścią szerokiego wachlarza działań proekologicznych przyczyniających się do ograniczania negatywnych oddziaływań przemysłu miedziowego na środowisko naturalne.

## Bibliografia

1. Starowicz A., Gambal P.: Wykorzystanie żużli pomiedziowych do produkcji kruszyw drogowych, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej Nr 121, Konferencje nr 50, Kruszywa mineralne. Surowce – rynek – technologie – jakość, Wrocław 2008.

Recenzent: Dr hab. inż. Andrzej ŚLĄCZKA, prof. Politechniki Śląskiej

## Abstract

In a paper the possibilities of slag waste management from shaft furnace and from electric furnace forming in production process of copper mining in KGHM Polska Miedź SA was presented. These slags are useful in generation of road aggregates, hydraulic filling in process of completion cavern after exploitation, abrasive materials for stream and frictional works and other capabilities of general-purpose which are demonstrable by the newest researches in this field.

In a paper the characteristic of broken aggregates from slag from drawing shafts, which enclose conditions of aggregates production process and applied crushing and sorting equipment was introduced. Offered production assortment, qualitative parameters of winning aggregates and also applied system of quality maintenance was presented.

Morower the newest possibilities of granulated slags and also introduces preliminary results of research of slag waste from electric furnace utilization as a stuff for a production of road aggregates and a live directions of this stuff application<sup>§</sup> based on the newest researches was shown.