

# 18

## TECHNOLOGIE UTYLIZACJI ŻUŻLI METALURGICZNYCH – STUDIUM LITERATUROWE

### 18.1 WPROWADZENIE

Żużle są produktami ubocznymi procesów hutniczych i w zależności od rodzaju procesu, składu chemicznego, rodzaju materiału ogniotrwałego używanego do budowy pieca różnią się składem chemicznym mineralogicznym. Żużle metalurgiczne są coraz częściej obiektem zainteresowania pod kątem możliwości ich utylizacji, zwłaszcza jako materiałów do produkcji różnego rodzaju kruszyw [2, 3, 10]. Prowadzone są prace badawcze dotyczące zagospodarowania żużli zarówno z bieżącej produkcji hutniczej jak i żużli zdeponowanych na składowiskach. Liczne są badania mineralogiczno-chemicznego składu żużli.

### 18.2 ŻUŻLE Z HUTNICTWA ŻELAZA

W hutnictwie żelaza najszerzej rozpowszechnione są dwa typy żużli:

- żużle wielkopieczowe powstałe przy produkcji surówki
- żużle konwertorowe (stalownicze) powstałe w trakcie wytapiania stali.

#### Żużel wielkopieczowy

Dawniej, po zakończeniu wytopu surówki w wielkim piecu, żużel w stanie ciekłym, był spuszcany do kadzi i wywożony na hałdy, gdzie po wylaniu spływał po zboczach i podlegał studzeniu w warunkach powietrznych. W trakcie chłodzenia dochodzi do krystalizacji szeregu minerałów, głównie takich jak:

- krzemiany magnezu i wapnia
- glinokrzemiany magnezu i wapnia
- tlenki żelaza, manganu i magnezu.

Żużel wielkopieczowy może też być szybko chłodzony wodą; wówczas ulega granulacji i tworzy się porowata struktura zastygłego materiału.

Podczas procesu szybkiego kontrolowanego chłodzenia można wytwarzać żużel spieniony, który tworzy gąbczasty materiał stosowany do produkcji kruszywa lekkiego.

Żużel jest zespołem mineralnym o bardzo skomplikowanym składzie. W praktyce, 95% składu mineralnego stanowią dwa typy krzemianów wapniowo-magnezowych:

- |   |   |
|---|---|
| 1. Pirokrzemiany:   | 2. Ortokrzemiany:                                 |
| • Akermanit – $\text{Ca}_2\text{Mg}(\text{Si}_2\text{O}_7)$ | • Merwinit – $\text{Ca}_3\text{Mg}(\text{SiO}_4)$ |
| • Galenit – $\text{Ca}_2\text{Al}(\text{AlSi}_2\text{O}_7)$ | • Menticelit – $\text{CaMg}(\text{SiO}_4)$        |

W trakcie powolnego stygnięcia w powietrzu, ortokrzemiany wapniowe podlegają przemianom fazowym przechodząc z niestabilnej fazy  $\alpha$  (alfa) do fazy  $\beta$  (beta) i  $\gamma$  (gama), która w warunkach naturalnych jest stabilna.

### Żużel konwertorowy

Żużel konwertorowy-stalowniczy jest produktem wytapiania stali. Ciekły żużel z konwertora jest granulowany w celu powolnego zestalania, w trakcie którego w gorącej masie żużlowej krystalizują krzemiany dwu i trzy wapniowe, ferryt wapniowy, wustyt i zanieczyszczenia pochodzące z wsadu.

Możliwości wykorzystania żużli:

- odzysk żelaza z żużli,
- zastosowanie żużli do produkcji materiałów drogowych,
- zastosowanie żużli do produkcji materiałów wiążących.

W pierwszym etapie przerobu żużli stalowniczych odzyskuje się zawarte w nich żelazo, które może występować w formie wolnej jako krople metalu zatrzymane w stygnącym żużlu, bądź jako powstałe w procesie stalowniczym związki chemiczne. Technologia obejmuje dwie zasadnicze operacje: kruszenie żużla i separację magnetyczną. Kruszenie żużla jest prowadzone kilkustopniowo, przy użyciu kruszarek różnego typu i jest operacją wysoko energochłonną i powodującą szybkie zużycie urządzeń [10].

Frakcja niemagnetyczna jest segregowana na przesiewaczach na różne frakcje ziarnowe w zależności od wymagań odbiorców i stosowana w budownictwie drogowym, mieszkaniowym i innym [10]. Możliwość utylizacji żużli związana jest z właściwościami związków chemicznych wchodzących w ich skład, dzięki którym po zmieszaniu z wodą powstają hydraty o dużej wytrzymałości mechanicznej. Związki takie po zmieszaniu z piaskiem lub innym wypełniaczem oraz z wodą tworzą masę lejną, która po pewnym czasie twardnieje i przybiera kształt formy. Dla żużli wielkopieczowych opracowano technologię polegającą na mieszaniu z określonymi ilościami klinkieru, cementu portlandzkiego i gipsu. Otrzymuje się tzw. cement hutniczy, który po stwardnieniu jest odporny na wysokie temperatury i działanie wody. Cementy te stosuje się najczęściej do budowy dużych konstrukcji betonowych [10].

Jednym z głównych składników żużli hutniczych – obok tlenków i krzemianów metali – jest szkliwo [2, 3, 8]. Na podstawie badań przeprowadzonych na próbkach żużli pochodzących z hutnictwa stali oraz cynku i ołowiu pobranych ze składowisk na terenie Górnego Śląska ustalono przebieg kolejnych etapów procesu dewitryfikacji szkliwa; od jego zwartej postaci o gładkiej powierzchni do szkliwa przeobrażonego, silnie spękanego o brązowo-czerwonym zabarwieniu. Badając żużle zdeponowane na składowiskach stwierdzono, że szkliwo jest składnikiem najbardziej podatnym na procesy wietrzenia. Na podstawie analizy żużli w mikroobszarach ustalono skład chemiczny szkliwa, który jest zmienny i zależy od rodzaju żużla. Dominują w nich: Si, Al, Fe oraz Ca i Mg. Szkliwo w żużlach stalowniczych zawiera ponadto Mn, P i S, natomiast szkliwo w żużlach po hutnictwie cynku i ołowiu zawiera wiele składników: As, Cd, Cu, Mn, Ni, Pb, Tl, Zn, a także alkalia oraz siarkę.

W tabeli 18.1 podano skład chemiczny szkliwa z żużli po hutniczych stali i Zn-Pb.

**Tabela 18.1 Skład chemiczny szkliwa z żużli hutniczych**

Pierwiastek	Zawartość pierwiastków w szkliwie, % mas			
	Żuźle z hutnictwa stali		Żuźle z hutnictwa Zn-Pb	
	Zakres	Średnio	Zakres	Średnio
Al	0,36-8,37	2,92	6,12-8,12	6,82
As	-	-	0,20-0,79	-
Bi	-	-	0,01-0,02	-
Br	-	-	0,01	-
C	-	-	0,16-17,25	-
Ca	0,89-13,30	6,34	4,19	-
Cd	-	-	0,03-0,22	-
Cu	-	-	0,01-0,03	0,02
Fe	5,98-23,33	16,01	2,26-3,01	2,60
K	-	-	2,30-7,27	3,73
Mg	0,23-5,79	2,90	0,15	-
Mn	2,40	-	0,75-2,03	1,30
Na	-	-	2,74-5,28	3,72
Ni	-	-	0,01-0,04	0,02
O	54,04-69,99	64,79	41,56-46,60	44,47
P	1,16	-	1,20-3,01	1,93
Pb	-	-	0,03-0,22	0,10
S	0,20-0,65	0,42	2,45-4,68	3,67
Se	-	-	0,53	-
Si	3,05-9,65	5,68	21,84-28,00	25,18
Te	-	-	0,04-0,05	0,04
Ti	-	-	0,10-0,20	0,11
Zn	-	-	0,06-0,08	0,07

Konstanciak A. i Sabela W. w opracowaniu pt.: „Odpady w hutnictwie żelaza i ich wykorzystanie” omawiają nw. główne grupy odpadów powstających w hutnictwie żelaza:

- żużel wielkopiecowy i stalowniczy,
- zgorzelina,
- złom metalowy z walcowni, ze stalowni i z wydziału wielkopiecowego,
- pyły i szlamy.

Największa jest masa żużli. Obecnie, w świecie masa żużla w hutnictwie wynosi około 300 kg na tonę surówki, a w poszczególnych hutach waha się od około 180 kg/t

do ponad 400 kg/t. W Polsce jeszcze do 1980r. udział ten wynosił około 700 kg/t, a obecnie waha się między 300 a 400 kg/t surówki. Żużel wielkopiecowy jest stopem (w kolejności zmniejszającej się) CaO, SiO<sub>2</sub>, MgO i Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – proporcja tych ostatnich dwu składników zmienia się w poszczególnych hutach, zawartość MgO może być większa lub mniejsza od zawartości Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Te cztery składniki stanowią około 95% masy żużla.

Obecnie cała masa produkowanego żużla wielkopiecowego jest używana w postaci:

- żużla kawałkowego,
- żużla granulowanego,
- pumeksu hutniczego,
- wełny żużlowej.

W Polsce wzrost ilości żużla deponowanego na zwałach trwał do lat sześćdziesiątych XX w. W latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych rozebrano większość zwałów żużla wielkopiecowego, używając ten materiał do budowy dróg jako tłuć. Przy hutach powstały urządzenia do granulacji ciekłego żużla, a cementownie przyzwyczajały się do zastępowania części klinkieru tym granulem. Przy Hucie Sendzimira w Krakowie powstało urządzenie do produkcji lekkiego kruszywa do betonu, tzw. pumeksu hutniczego. W tej hucie zainstalowano także młyn do mielenia żużla do celów rolniczych jako nawozowe wapno żużłowe.

Żużel kawałkowy (rys. 18.1), jest to żużel wolno chłodzony, który po skrzepnięciu kruszy się i klasyfikuje na różne frakcje ziarnowe. Materiał ten stosuje się zamiast naturalnego kamienia budowlanego głównie do budowy dróg. Żużel kawałkowy pozyskuje się ze starych zwałów, na które wylewano z kadzi ciekły żużel. Żużel ten spływał po zboczu zwału i był chłodzony powietrzem.



Rys. 18.1 Żużel kawałkowy-makrostruktura

Żużel wielkopiecowy o podwyższonej zasadowości – CaO : SiO<sub>2</sub> powyżej 1,25÷1,30 może zawierać w swojej strukturze ortokrzemian wapnia 2CaO · SiO<sub>2</sub>. Obecność tego związku wpływa na właściwości żużla. Ortokrzemian wapnia zmienia sieć krystaliczną

w czasie chłodzenia przechodząc z fazy  $\alpha$  (alfa) w  $\beta$  (beta) przy temperaturze 1415°C i z fazy  $\beta$  (beta) w  $\gamma$  (gama) przy 675°C. Przemiana  $\beta$  w  $\gamma$  jest połączona z około 10% wzrostem objętości co powoduje rozsadzanie żuźla na drobne ziarna. Odporne na ten rozpad, zwany rozpadem wapiennym lub chorobą wapienną a czasem rozpadem krzemianowym, są żuźle raczej kwaśne o zasadowości CaO : SiO<sub>2</sub> poniżej 1,2. Ponieważ przemiana  $\beta \rightarrow \gamma$  ulega łatwo przechłodzeniu, rozpad żuźla może nastąpić z opóźnieniem. W praktyce stwierdzono, że jeżeli od odlania żuźla upłynął 1 miesiąc i żuźel nie uległ rozpadowi, to można taki żuźel uznać jako trwały.

Obecnie, żuźle o zasadowości CaO : SiO<sub>2</sub> większej niż 1,20 produkuje się rzadko, a ponadto żuźel przed zastosowaniem pozostaje na zwałach. Po wydobyciu ewentualnie rozpadowego żuźla ze zwał jest on „zdeklarowany” tzn. jeżeli zawierał ortokrzemian wapnia, to już się rozpadł i podczas klasyfikacji na sitach przejdzie do najdrobniejszej frakcji.



Rys. 18.2 Żuźel granulowany – zwałowisko

Żuźel granulowany (rys. 18.2), posiada strukturę szklaną i po zmieleniu oraz po dodaniu wody wykazuje własności hydrauliczne, to znaczy zachowuje się podobnie do ceramiki. Im bardziej zmielony jest żuźel, tym prędzej przebiega wiązanie wody. Z tego powodu wielkopieczowy żuźel granulowany zastępuje w produkcji cementu część klinkieru. Jak wiadomo klinkier produkuje się z zasadowych minerałów, które są spiekane w piecu obrotowym. Zastąpienie części klinkieru żuźlem pozwala na ograniczenie zużycia surowców kopalnych oraz pozwala na zmniejszenie kosztów spiekania klinkieru (paliwo, zużycie pieca). Zmniejszenie zużycia surowców kopalnych i ograniczenie emisji spalin i pyłu posiada znaczenie ekologiczne.

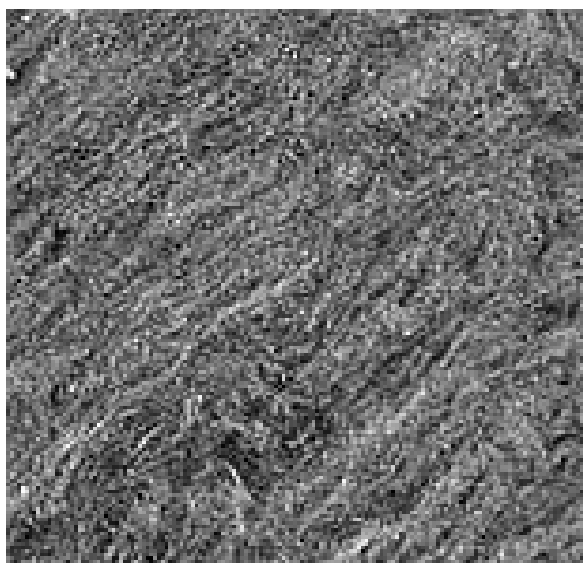
Żuźel do produkcji cementu powinien posiadać: zasadowość (CaO+MgO) : SiO<sub>2</sub> większą niż 1,0; zawartość fazy szklistej co najmniej dwie trzecie. Ponadto cement musi zawierać co najmniej 5% MgO.

Pumeks hutniczy (rys. 18.3). Podobnie jak naturalny pumeks powstający wskutek spłynięcia ciekłej lawy wulkanicznej na podmokły teren, pumeks hutniczy jest produktem oddziaływania małej ilości wody na ciekły żuźel. Mała ilość wody, na którą

wylewa się żużel zamienia się w parę wodą i wnika od spodu w warstwę żużla. Powoduje to wydymanie żużla, tworzenie porowatej masy.



**Rys. 18.3 Pumeks hutniczy- makrostruktura**



**Rys. 18.4 Wełna żużlowa - makrostruktura**

Wełna żużlowa (rys. 18.4). Produkcja wełny żużlowej polega na wydmuchiwaniu parą wodną nitek lub na mechanicznym przekształcaniu ciekłego żużla w nitki. Nitki te są poplątane i tworzą makrostrukturę podobną do waty. Produkt ten, przeważnie uformowany w płyty lub inne kształtki, stanowi materiał izolacyjny w budownictwie, chłodnictwie i do izolowania instalacji (rur) wodnych oraz gazowych [9]. Tworzenie nitek z żużla wymaga odpowiednio kwaśnych żużli (o niskim stosunku  $\text{CaO} : \text{SiO}_2$ ) – są to tzw. żużle długie.

Odpady, które powstają w czasie procesów technologicznych powinny awansować do kwalifikacji „surowce wtórne”. Powinno to znajdować odbicie w mentalności producentów surowki żelaza, producentów stali, walcowników – powinni oni dążyć

do jak najlepszej jakości podstawowych produktów. Nie mogą jednak zapominać o tym, że odpady muszą znaleźć uznanie i odbiór ich użytkowników. Dlatego, np. wielkopiecznik powinien uzgodnić żądania producentów cementu dotyczące zasadowości żużła, jego zeszklenia, brak śmieci w granulacie; stalownik powinien dopilnować czystości żużła stalowniczego, nie zanieczyszczać go np. materiałami ogniotrwałymi; walcownik powinien starać się oddzielić zgorzelinę zaolejoną od czystej itp.

Rzeszowski M., Zieliński R i inni w artykule pt.: „Metody odzysku żelaza z żużli hutniczych i możliwości ich wykorzystania” [7] omawiają odzyskiwanie złomu z żużli hutniczych stosowane w przedsiębiorstwach Slag Recycling Sp. z o.o. i Madrohut Sp. z o.o. oraz możliwości wykorzystania odzyskanego złomu w stalowni i spiekalni Huty im. T. Sendzimira, a także w odlewniach.

Żelazo zawarte w żużlu może występować albo w postaci wolnej jako skrzepy metalu zatrzymane w stygnącym żużlu, albo w postaci związków chemicznych. Najbardziej wartościowym składnikiem żużli stalowniczych jest żelazo metaliczne (jego zawartość kształtuje się na poziomie 5÷15%). Odzyskuje się żelazo przeważnie stosując kilkustopniowe rozdrobnienie i separację magnetyczną. Celem pierwszej separacji jest odzysk żelaza metalicznego. Stopień odzysku zależy przede wszystkim od uziarnienia podawanego na separator materiału. Stwierdzono, że zmniejszenie uziarnienia żużła z 1 do 0,25 mm prowadzi do zwiększenia ilości żelaza w koncentracie z 25 do 90%, przy czym pełne oddzielenie metalicznego żelaza od fazy żużlowej jest możliwe dopiero przy rozdrobnieniu żużła do uziarnienia 0,1 mm. Odzyskiwanie złomu z żużli hutniczych przynosi podwójną korzyść. Z jednej strony otrzymuje się kruszywa hutnicze oczyszczone w większości z wtrąceń magnetycznych, co znacznie poprawia ich jakość; z drugiej złom, którego deficyt odczuwalny jest przez huty.

Wcisło Z., Stachura i inni w referacie pt.: „Wykorzystanie wybranych odpadów metalurgicznych na komponenty wsadowe do procesów hutniczych i produkcji cementu” [11] przedstawili możliwości wykorzystania wybranych odpadów zawierających w składzie znaczne udziały tlenków żelaza, takie jak zendra powalcownicza, żużel z odsiarczania surówki żelaza, szlam i osad pofiltracyjny, frakcja magnetyczna z żużła, pył wielkopieczowy. Na podstawie analizy ich składu chemicznego i uziarnienia ocenili ich przydatność do redukcji i do produkcji cementu.

Przy zastosowaniu własnego programu komputerowego, wykorzystywanego do zestawienia wsadu na taśmę spiekalniczą ArcelorMittal Steel Oddział Kraków, przeprowadzono obliczenia namiaru wsadu spiekalni, uwzględniając wykorzystanie szlamu i osadu pofiltracyjnego, frakcji magnetycznej ze składowiska żużła. Obliczenia wykazały, że możliwe jest zagospodarowanie szlamu i osadu pofiltracyjnego w ilości 15 kg na tonę spieku, frakcji magnetycznej – 14 kg na tonę spieku oraz żużła z odsiarczania surówki w ilości 8 kg na tonę spieku (zawartość alkaliów 1,5 kg/t spieku, zawartość cynku – 0,21 kg/t spieku). Ww. masy materiałów odpadowych nie wpływają na obniżenie jakości spieku oraz nie przyczyniają się do pogorszenia pracy wielkich pieców i jakości surówki.

Wykorzystanie hutniczych odpadów żelazonośnych do produkcji klinkieru

powinno być poprzedzone analizą spełniania przez nie kryteriów zapewniających uzyskanie w klinkierze wymaganych udziałów składników mineralnych, decydujących o hydraulicznych właściwościach gotowego produktu oraz w właściwych parametrach użytkowych cementu, takich jak: określony poziom wytrzymałości, właściwy czas wiązania, czy stałość objętości. Składniki stosowane do produkcji cementu ocenia się przede wszystkim pod kątem ich składu chemicznego.

Zakres stosowania hutniczych odpadów żelazonośnych ograniczony jest obecnością w nich szkodliwych dla cementu domieszek. W cementowej mieszance surowców zawartość MgO ograniczona jest do 2,5% mas. Zawartość alkaliów, jak i siarki nie powinna być większa niż 1% mas., a ilość fosforu w klinkierze nie może przekraczać 2% mas., co odpowiada około 1,3% mas. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> w mieszaninie surowców.

Kozlov P.A. w monografii pt.: „Vel’c Process” [5] opisuje sposób utylizacji żużli z pieców przewałowych rosyjskich hut cynku. Żużle te w postaci sypkiego granulatu, o zawartości, %: 0,5-5 Cu; 0,1-1,0 Pb; 15-25 C (koks); 0,5-6,5 g/t Au; 100-450 g/t Ag, o następującym składzie ziarnowym kierowano do hut miedzi, gdzie przetapiane były w piecach szybowych wraz zsurowcami miedziozymi:

Frakcja	mm	+10	-10 ÷ +5	-5 ÷ +3	-3
Zawartość	%	15-20	45-50	8-10	40-50

W celu udoskonalenia przerobu żużli z pieców przewałowych, charakteryzujących się stosunkowo niską zawartością miedzi i metali szlachetnych opracowano i sprawdzono w instalacji pilotowej, nową technologię polegającą na fluidyzacyjnym chlorującym prażeniu żużli z kolejnym hydrometalurgicznym przerobem produktu prażenia. Technologia obejmuje nw. operacje:

- prażenie chlorujące - rozdrobniony żużel (o ziarnistości <4mm) zmieszany z roztworem chlorku wapnia i koksikiem poddawany jest prażeniu w celu oddestylowania lotnych chlorków metali,
- absorpcja chlorków metali w kwaśnych roztworach chlorkowych.

Na Międzynarodowej Konferencji – European Metallurgical Conference-EMC’2013, Veimar, Germany 2013, R. Prajsnar i J. Czernecki przedstawili referat pt.: „Transformation of environmentally hazardous slags into mineral resources” [4]. Referat obejmuje wyniki badań nad przekształceniem odpadowych żużli z przemysłu metali nieżelaznych: KGHM, HCM, BOLESŁAW-REC. w surowce mineralne z odzyskiem wartościowych metali (tabela 18.2). Badania prowadzono w instalacjach pilotowych przy zastosowaniu technologii pieca elektrycznego i TSL (Top Submerged Lancing). W badanych technologiach osiągnięto zakładane cele, to jest:

- odzysk wartościowych metali w produktach użytecznych takich jak ołów surowy, miedź surowa, kamień miedziowy, pyły Zn-Pb.
- przekształcenie nie zredukowanej pozostałości w surowiec mineralny – niewymywalny w wodzie i żużel krzemianowy o niskiej zawartości metali ciężkich.

Przy stosowaniu pieca elektrycznego jest możliwość odzysku Pb i Fe w postaci metalicznej oraz zachowanie siarki w kamieniu miedziowym. Reduktor TSL pozwala na otrzymanie żużli końcowych o niskiej zawartości cynku, bezpośrednie otrzymanie



metalicznej miedzi i przeprowadzenie siarki do gazów technologicznych kierowanych do odsiarczania. Specjalistyczne badania potwierdziły możliwość wykorzystania żużli krzemianowych w budownictwie jako kruszywo, wypełniacz mas bitumicznych i do wytwarzania betonu. Podstawowe kierunki wykorzystania żużla są następujące:

- jako składnik podsadzki hydraulicznej do wypełnienia pustek,
- produkcja ścierniwa do prac strumieniowo-ciernych,
- prace rekultywacyjne.

**Tabela 18.2 Skład chemiczny badanych żużli**

Rodzaj żużla	Skład chemiczny											
	Pb	Zn	Cu	Ag	As	Sn	S	Corg	Fe	Na	CaO	SiO <sub>2</sub>
KGHM	5,62	10,6	1,54	0,011	0,39	0,48	8,52	1,3	31,8	0,88	9,75	12,2
HCM	17,7	14,2	6,32	0,037	0,14	1,13	3,80	0,0	24,4	2,74	3,25	5,66
BOLESŁAW-REC.	0,54	0,46	0,26	0,014	0,07	0,03	0,65	8,7	35,1	0,94	13,4	9,32

Największe zużycie żużla granulowanego (ok. 50%) wiąże się z pracami podsadzkowymi. Materiał ten spełnia wymagania normy jako składnik podsadzki górniczej, stanowiąc alternatywę naturalnych piasków podsadzkowych.

KGHM Ecoren S.A. opanował również innowacyjną technologię zagospodarowania żużla pomiedziowego do produkcji kruszyw drogowych. W 2009r. w wyniku prób przemysłowych wyprodukowano 5 tys. ton kruszywa. Odmiedziowany, zgranulowany żużel został przekazany do Instytutu Odlewnictwa w Krakowie gdzie uległ przetopieniu i odlaniu w bloki do badań w zakresie pochłaniania promieniowania jonizującego. Szczegółowe badania wykazały, że żużel z pieca elektrycznego Huty miedzi „GŁOGÓW” pochłania promieniowanie  $\gamma$  (gama) skuteczniej niż beton barytowy o gęstości 3,2 g/cm<sup>3</sup>. Beton barytowy jest specjalnym rodzajem betonu zawierającym domieszki barytu (BaSO<sub>4</sub>) wykorzystywanym przede wszystkim w konstrukcji budowli, których przeznaczeniem jest ochrona otoczenia przed silnymi źródłami promieniowania, takimi jak np. akceleratory medyczne lub przemysłowe, reaktory jądrowe itp.

Na XII Międzynarodowej Konferencji Naukowej Teoretyczne I Praktyczne Problemy Zagospodarowania Odpadów Hutniczych I Przemysłowych, Zakopane 2010, pracownicy KGHM ECOREN S.A. przedstawili referat pt.: „Technologie przerobu odpadów w KGHM ECOREN S.A.” [11], w którym omówili m.in. działalność Kombinatu w zakresie utylizacji żużli z pieców szybowych i elektrycznych. Uruchomiony Oddział Produkcji Kruszyw o zdolności produkcyjnej dostosowanej do warunków Huty dostarcza kruszywo nadające się do budownictwa drogowego.

Huta Miedzi „GŁOGÓW” produkuje rocznie około 350000 ton żużla z pieca elektrycznego przydatnego do zagospodarowania za pomocą technologii opracowanej przez pracowników KGHM i Instytutu Odlewnictwa w Krakowie do produkcji kruszyw oraz galanterii budowlano-drogowej (krawężniki, kostka brukowa, płytki przemysłowa podłogowa).

## PODSUMOWANIE

Niniejszy artykuł ma charakter przeglądu najnowszych osiągnięć w zakresie utylizacji żużli metalurgicznych, stanowiących znaczną część produktów w procesie produkcyjnym. Przedstawiony w artykule rodzaj, zakres występowania i najważniejsze właściwości oraz skład żużli metalurgicznych stanowi podstawę do dalszych analiz, mających na celu dobór najskuteczniejszych metod utylizacji.

## LITERATURA

- 1 Gambal P., Żurek A.: Technologie przerobu odpadów w KGHM ECOREN S.A., XII Międzynarodowa Konferencja Naukowa – Teoretyczne i praktyczne problemy zagospodarowania odpadów hutniczych i przemysłowych, Zakopane, 2010, s.65.
- 2 Jonczy I.: Charakterystyka mineralogiczno-chemiczna szkliv z żużli hutniczych, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 2011, tom 27, nr 1, s.155.
- 3 Jonczy I.: Oznaczanie składu mineralnego żużli stalowniczych na przykładzie żużli ze zwałowiska w Gliwicach-Łabędach, *Hutnik-Wiomości Hutnicze*, 2011, nr 12.
- 4 Konstanciak A., Sabela W.: Odpady w hutnictwie żelaza i ich wykorzystanie, *Hutnik-Wiomości Hutnicze*, 1999, nr 12, s.572.
- 5 Kozlov P.A.: *Vel'c Process*, FGUP Izd. Dom „Ruda i Metally”, Moskwa 2002.
- 6 Prajsnar R., Czernecki J.: Transformation of Environmentally Hazardous Slags into Mineral Resources, *Proceedings of European Metallurgical Conference – EMC '2003*, Weimar, Germany, s.1223.
- 7 Rzeszowski M., Zieliński K. i inni: Metody odzysku żelaza z żużli hutniczych i możliwości jego wykorzystania, *Hutnik-Wiomości Hutnicze*, 2004, nr 1, s.15.
- 8 Sitko J.: Problems of materials management in the casting industry. *Arch. Foundry Eng.* 2008 vol. 8 iss. 3, s. 217-220.
- 9 Sitko J.: The problem of quality thermoisolation products in selected company. *Zesz. Nauk. AM Szczecin* 2010 nr 24, s. 100-104.
- 10 Tajchman Z., Tora B.: Technologia przerobu odpadów z huty T. Sendzimira i możliwości ich wykorzystania, VI Międzynarodowa Konferencja Naukowa – Teoretyczne i praktyczne problemy zagospodarowania odpadów hutniczych, Kraków, maj, 2004, s.70.
- 11 Wcisło Z., Stachura R. i inni: Wykorzystanie wybranych odpadów metalurgicznych na komponenty wsadowe do procesów hutniczych i produkcji cementu, *Hutnik-Wiomości Hutnicze*, 2010, nr 9, s.476.

## TECHNOLOGIE UTYLIZACJI ŻUŻLI METALURGICZNYCH – STUDIUM LITERATUROWE

**Streszczenie:** Artykuł prezentuje analizę możliwości i problemy przerobu oraz wykorzystania żużli metalurgicznych z hutnictwa stali oraz hutnictwa Zn-Pb. Zróżnicowany skład chemiczny oraz struktura stwarza dla technologii utylizacji szereg trudności, które należy pokonać aby umożliwić szerokie wykorzystanie żużli w przemyśle.

**Słowa kluczowe:** Żużel, utylizacja, technologia

## TECHNOLOGIES OF RECYCLING THE METALLURGICAL SLAG – STUDY BY REFERENCE

**Abstract:** The article is introducing analysis of possibility and problems processing and using metallurgical cinders from metallurgy steel and Zn-Pb metallurgies. Diversified chemical composition and the structure is creating row of problems which one should defeat for technology of recycling in order to enable wide using cinders in the industry.

**Key words:** Slag, recycling, technology

dr inż. Jacek SITKO  
Politechnika Śląska  
Wydział Organizacji i Zarządzania  
Instytut Inżynierii Produkcji  
ul. Roosevelta 26, 41-800 Zabrze  
e-mail: JSitko@polsl.pl