

Jacek SITKO
Instytut Inżynierii Produkcji
Politechnika Śląska

ANALIZA PROBLEMU UTYLIZACJI ODPADÓW METALURGICZNYCH

Streszczenie. Artykuł prezentuje przegląd wybranych zagadnień związanych z problemem przerobu i wykorzystaniem żużli metalurgicznych z hutnictwa stali oraz hutnictwa Zn-Pb. Zróżnicowany skład chemiczny oraz struktura stwarzają dla technologii utylizacji wiele trudności, które należy pokonać, aby umożliwić szerokie wykorzystanie żużli w przemyśle. Innowacyjne podejście do procesu utylizacji zwiększa szanse na rozwiązanie wielu problemów technologicznych i organizacyjnych w branży hutniczej.

Słowa kluczowe: proces, huta, utylizacja, żużel.

PROBLEM ANALYSIS RECYCLING OF METALLURGICAL WASTE

Summary. The article is presenting the inspection of chosen issues associated with the problem of the processing and using metallurgical cinders from the metallurgy of steel and the Zn-Pb metallurgy. The diversified chemical composition and structure are creating row of problems which one should defeat for technology of recycling in order to enable wide using slag in the industry. The innovative approach for process of the recycling is lengthening odds on solving many technological and organizational problems in smelting industry.

Keywords: process, mill, recycling, slag.

1. Wprowadzenie

Innowacyjność wiąże się z nowatorstwem, reformą, ulepszeniem. Może ona dotyczyć wszelkich dziedzin i sfer oddziaływać w różnych kierunkach. Innowacyjne są więc wszystkie ulepszenia maszyn i urządzeń, reformy systemów, a także tworzenie zupełnie nowych rzeczy,

zjawisk lub wartości. Innowacje mogą dotyczyć zarówno najwyższych technologii, jak i elementów życia codziennego.

Z uwagi na narastający rozwój na skalę globalną materiałów stosowanych do wyrobu dóbr codziennego użytku oraz ich wpływ na szeroko pojęte środowisko naturalne człowieka, w cyklu życia produktu oraz organizacji procesu utylizacji należy uwzględnić wszelkie elementy potencjalnych zagrożeń z tym związanych.

Ponieważ w procesach projektowania, logistyki, produkcji, eksploatacji i utylizacji mamy do czynienia z różnorodnymi problemami, które należy uwzględnić, aby niekorzystny wpływ produktów ograniczyć do minimum, więc możemy tu korzystać z ogromnego bogactwa czynników stosowanych do analiz technologicznych oraz organizacyjnych.

Innowacyjne wyroby wytwarzane w przemyśle ciężkim wymagają zastosowania wysokojakościowych procesów produkcyjnych i systemów organizacyjnych.

Innowacyjność w przypadku produktów tego typu oznacza ingerencję w skład chemiczny (możliwość zastosowania nowych związków oraz pierwiastków chemicznych), mikrostrukturę, która poza składem chemicznym jest jednym z najważniejszych czynników decydujących o właściwościach (mechanicznych, fizycznych, użytkowych itp.), a przez to również zastosowanie danego tworzywa.

Zapotrzebowanie na nowoczesne, zaawansowane wyroby wymaga od producentów wprowadzania zmian technicznych, infrastrukturalnych, organizacyjnych i logistycznych. Istotną rolę odgrywa tu podejście procesowe [3]. Oczywiście częstokroć jest to związane z nakładami finansowymi.

Niniejszy artykuł zawiera zbiór informacji na temat problemów przetwórstwa i utylizacji wyrobów z przemysłu ciężkiego.

Do istotnych wyzwań rozwojowych można zaliczyć prace nad problemami utylizacji produktów ubocznych procesów hutniczych. Szczególne znaczenie użytkowe ma wykorzystanie żużli z hutnictwa Zn-Pb, ze względu na wiele szkodliwych związków, stanowiących ciągłe wyzwanie technologiczne i utylitarne.

2. Żużle z hutnictwa żelaza

Działalność hutnictwa żelaza przyczynia się do wytwarzania dwóch typów żużli:

- wielkopieczowych, powstałych przy produkcji surówki,
- konwertyzowanych (stalowniczych), powstałych w trakcie wytapiania stali, które po wytworzeniu są składowane i w całości sprzedawane odbiorcom [2].

Po zrealizowaniu procesu wytwórczego, możemy wyróżnić:

Żużel wielkopiecowy

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 wielu minerałów, głównie takich, jak:

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

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 trzywapniowe, ferryt wapniowy, wustyt i zanieczyszczenia pochodzące z wsadu.

Możliwości wykorzystania żużli:

- *Proces odzysku żelaza z żużli*

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 [1].

- *Zastosowanie żużli do produkcji materiałów drogowych*

Frakcja niemagnetyczna jest segregowana na przesiewaczach na różne frakcje ziarnowe w zależności od wymagań odbiorców i stosowana w budownictwie drogowym, mieszkaniowym i innym [5].

- *Zastosowanie żużli do produkcji materiałów wiążących*

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.

W procesie produkcji żużli wielkopiecowych 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 [6].

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 1980 r. 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, SiO₂, MgO

i Al_2O_3 – proporcja tych ostatnich dwu składników zmienia się w poszczególnych hutach, zawartość MgO może być większa lub mniejsza od zawartości Al_2O_3 . Te cztery składniki stanowią około 95% masy żużła.

Tablica 1

Skład chemiczny szkliwa z żużli hutniczych

PIERWIAS TEK	Zawartość pierwiastków w szkliwie, % mas.			
	Żużle z hutnictwa stali		Żużle 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

Obecnie cała masa produkowanego żużła wielkopiecowego jest zużywana w postaci:

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

W Polsce wzrost ilości żużła deponowanego na zwalach trwał do lat sześćdziesiątych XX w. W latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych rozebrano większość zwalów żużła wielkopiecowego, używając ten materiał do budowy dróg, jako tłuczeń. Przy hutach powstały urządzenia do granulacji ciekłego żużła, a cementownie przyzwyczały się do zastępowania części klinkieru tym granulatem. 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 żużlowe.

Żużel kawalkowy 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 kawalkowy pozyskuje się ze starych zwałów, na które wylewano z kadzi ciekły żużel. Żużel ten spływał po zboczu zwału i był chłodzony powietrzem.

Żużel granulowany ma strukturę szklistą i po zmieleniu oraz po dodaniu wody wykazuje własności hydrauliczne, to znaczy zachowuje się podobnie do ceramiki. Im bardziej zmielony jest żużel, tym prędzej przebiega wiązanie wody. Z tego powodu wielkopieczowy żużel granulowany zastępuje w produkcji cementu część klinkieru. Jak wiadomo klinkier produkuje się z zasadowych minerałów, które są spiekane w piecu obrotowym. Zastąpienie części klinkieru żużlem 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 **ma znaczenie ekologiczne**.

Pumeks hutniczy podobnie jak naturalny pumeks powstający wskutek spłynięcia ciekłej lawy wulkanicznej na podmokły teren jest produktem oddziaływania małej ilości wody na ciekły żużel. Mała ilość wody, na którą wylewa się żużel zamienia się w parę wodną i wnika od spodu w warstwę żużla. Powoduje to wydymanie żużla, tworzenie porowatej masy.

Wełna żużlowa. 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 [13]. 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. wielkopieczownik powinien uzgodnić żądania producentów cementu dotyczące zasadowości żużla, jego zeszklenia, brak śmieci w granulacie; stalownik powinien dopilnować czystości żużla 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” [11] 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%). Żelazo odzyskuje się przeważnie stosując kilkustopniowe rozdrobnienie i separację magnetyczną. Celem pierwszej separacji jest odzysk żelaza metalicznego. Stopień odzysku zależy przede wszystkim od uziarnienia materiału podawanego na separator. Stwierdzono, że zmniejszenie uziarnienia żużla 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 żużla do uziarnienia 0,1 mm.

Odzyskiwanie złomu z żużli hutniczych przynosi podwójną korzyść. Z jednej strony otrzymuje się kruszywa hutnicze, w większości oczyszczone 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” [10] 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 żużla, 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 Arcelor Mittal Steel Oddział Kraków, przeprowadzono obliczenia zamiaru wsadu spiekalni, uwzględniając wykorzystanie szlamu i osadu pofiltracyjnego, frakcji magnetycznej ze składowiska żużla. 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 żużla z odsiarczania surówki w ilości 8 kg na tonę spieku (zawartość alkaliów 1,5 kg/t spieku, zawartość cynku – 0,21 kg/t spieku). Wyżej wymienione 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, a także 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_2O_5 w mieszaninie surowców.

Kozlov P.A. w monografii pt.: „Vel’c Process” [8] opisuje sposób utylizacji żużli z pieców przewalowych 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:

<i>Fracja, mm</i>	+10	-10 ÷ +5	-5 ÷ +3	-3
<i>Zawartość, %</i>	15-20	45-50	8-10	40-50

kierowano do hut miedzi, gdzie przetapiane były w piecach szybowych wraz z surowcami miedziowymi.

W celu udoskonalenia procesu przerobu żużli z pieców przewalowych, 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 niżej wymienione operacje:

- **Prażenie chlorujące.** Rozdrobniony żużel (o ziarnistości <4 mm) zmieszany z roztworem chlorku wapnia i koksikiem poddawany jest prażeniu w celu oddestylowania lotnych chlorków metali.
- **Absorpcja chlorków metali** w kwaśnych roztworach chlorkowych.

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 niezredukowanej 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 tego żużla są następujące:

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

3. Badania separacji magnetycznej żużli z pieców hutniczych

Badania separacji magnetycznej żużli przeprowadzono w wielkolaboratoryjnym analizatorze magnetycznym typu DAVISA.

Żużel do badań zmielono w młynie kulowym i przesiano otrzymując proszek o uziarnieniu <0,2 mm, z którego sporządzono zawiesinę wodną, dozowaną przy ciągłym mieszaniu do separatora magnetycznego. Frakcje uzyskane przy separacji filtrowano i suszono otrzymując frakcje magnetyczną i niemagnetyczną.

Wyniki badań separacji magnetycznej żużli, zestawione w tabelicy 2 są wielkościami średnioarytmetycznymi z trzech eksperymentów, przeprowadzonych w identycznych warunkach.

Badania wykazały, że sposobem separacji magnetycznej można rozdzielić o początkowej zawartości 34,5% Fe i 8,29% C na frakcję magnetyczną o zawartości 44,6% Fe i frakcję niemagnetyczną, wzbogaconą w węgiel, która nadaje się do zawrotu do pieca hutniczego. Średni uzysk żelaza do frakcji magnetycznej $U_{Fe} = 70,1\%$; a średni uzysk węgla do frakcji niemagnetycznej $U_C = 93,9\%$. Wykazano, że cynk przechodzi wraz z żelazem do frakcji magnetycznej. Na podstawie przeprowadzonych badań opracowano koncepcję technologii utylizacji żużli z pieców hutniczych, której istotą jest separacja magnetyczna zmielonych żużli.

Tablica 2

Przykładowe wyniki badań separacji magnetycznej żużla z przerobu pyłów stalowniczych w piecu hutniczym

Żużel przed separacją			Frakcja magnetyczna		Frakcja niemagnetyczna	
Charakterystyka żużla	Masa g	Skład chemiczny %	Masa, g	Skład chemiczny %	Masa, g	Skład chemiczny %
			Udział procentowy		Udział procentowy	
Żużel z przerobu pyłów stalowniczych – EAFD po zmieleniu w młynie kulowym i przesianiu Uziarnienie < 0,2 mm	500	Fe 34,5	271,0	Fe 44,6	229,0	Fe 22,5
		C 8,29		C 0,48		C 17,0
		Zn 1,36		Zn 1,42		Zn 1,31
		Pb 0,14		Pb 0,14		Pb 0,24
			54,2	U_{Fe}^* 70,1	45,8	U_C^{**} 93,9

* Uzysk żelaza do frakcji magnetycznej $U_{Fe}, \% = (m_{Fe(N)} : m_{Fe(W)}) \cdot 100$

gdzie: $m_{Fe(M)}$ – masa Fe we frakcji magnetycznej; $m_{Fe(W)}$ – masa Fe w nadawie do separatora.

** Uzysk reduktora (C) do frakcji niemagnetycznej $U_C, \% = (m_{C(N)} : m_{C(W)}) \cdot 100$

gdzie: $m_{C(N)}$ – masa reduktora (C) we frakcji niemagnetycznej; $m_{C(W)}$ – masa reduktora (C) w nadawie do separatora.

4. Podsumowanie

Przedstawione problemy wymagają zastosowania innowacyjnych rozwiązań w dziedzinie technologii i organizacji, pozwalających na kompleksowe rozwiązanie problemów zagospodarowania produktów hutniczych.

Cześć artykułu ma charakter przeglądu osiągnięć w zakresie procesu utylizacji żużli metalurgicznych, stanowiących znaczną część produktów w procesie produkcyjnym. Przytoczone w artykule rodzaje, zakres występowania i najważniejsze właściwości oraz skład żużli metalurgicznych stanowią podstawę do dalszych analiz, mających na celu dobór najskuteczniejszych metod ich utylizacji.

Bibliografia

1. Jonczy I.: Charakterystyka mineralogiczno-chemiczna szkliv z żużli hutniczych. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 2011, tom 27, nr 1, s.155.
2. Bendkowski J., Wengierek M.: *Logistyka odpadów*, tom I. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2002.
3. Ligarski M.J.: *Podjęcie systemowe do zarządzania jakością w organizacji*. Monografia. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2010.
4. Jonczy I.: Oznaczanie składu mineralnego żużli stalowniczych na przykładzie żużli ze zwałowiska w Gliwicach-Łabędach. *Hutnik-Wiadomości Hutnicze*, 2011, nr 12, s.990.
5. 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.
6. Sitko J.: Problems of materials management in the casting industry. *Arch. Foundry Eng.* vol. 8, ss. 3, 2008, s. 217-220.
7. Prajsnar R., Czernecki J.: Transformation of Environmentally Hazardous Slags into Mineral Resources. *Proceedings of European Metallurgical Conference – EMC '2003*, Weimar, Germany, s.1223.
8. 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.
9. Kozlov P.A.: *Vel'c Process*. FGUP Izd. Dom „Ruda i Metally” Moskwa 2002.
10. Wcisło Z., Stachura R. i inni: Wykorzystanie wybranych odpadów metalurgicznych na komponenty wsadowe do procesów hutniczych i produkcji cementu. *Hutnik-Wiadomości Hutnicze*, nr 9, 2010, s. 476.

11. Konstanciak A., Sabela W.: Odpady w hutnictwie żelaza i ich wykorzystanie. Hutnik-Wiadomości Hutnicze, nr 12, 1999, s. 572.
12. Rzeszowski M., Zieliński K. i inni: Metody odzysku żelaza z żużli hutniczych i możliwości jego wykorzystania. Hutnik-Wiadomości Hutnicze, nr 1, 2004, s. 15.
13. Sitko J.: The problem of quality thermoinsulation products in selected company. Zesz. Nauk. Akademii Medycznej, nr 24, Szczecin 2010, s. 100-104.

Abstract

In the article essential issues associated with the innovative solutions were presented in heavy industry along with the deepened review characteristics and problems of using metallurgical slag from the metallurgy of steel and the Zn-Pb metallurgy.