

J. WARCZOK

A. PERS

## WYDZIELANIE FRAKCJI METALI NIEŻELAZNYCH ZE ZŁOMU ELEKTRONICZNEGO I ELEKTROTECHNICZNEGO

**Streszczenie.** W opracowaniu przedstawiono w zarysie technologię przerobu złomu elektronicznego i elektrotechnicznego pozwalającą na wydzielenie metali nieżelaznych w postaci koncentratów polimetalicznych przydatnych do dalszego przerobu metalurgicznego. Technologia ta została dostosowana do krajowej bazy surowcowej oraz warunków lokalnych zakładu "Wtórmęt" na podstawie wyników prób przerobu partii 50 t krajowego złomu w zakładach zagranicznych. Badania własności otrzymanych produktów z przerobu tego złomu pozwoliły ustalić zawartość podstawowych metali nieżelaznych, w tym głównie Cu i Al oraz udział metali szlachetnych w poszczególnych produktach.

Wyniki te pozwoliły na wybór optymalnej technologii dla warunków krajowych oraz ukierunkowały badania nad optymalnym wykorzystaniem zawartych metali w koncentratkach polimetalicznych.

### 1. Wprowadzenie

Współczesne życie człowieka nierozłącznie związane jest z określeniami: elektronika, elektryfikacja, komputeryzacja, automatyzacja, systemy audio-video, miniaturyzacja itp. Wszystko to przenika nasze życie prywatne, zawodowe i publiczne. Otacza nas w coraz większym stopniu wszelkiego rodzaju wyposażenie z zakresu elektroniki, automatyki i elektrotechniki, w tym minirobotów, które z punktu widzenia materiałowego przedstawia wyroby wysoce złożone zawierające w swoich detalach sporą część elementów Układu Okresowego Mendelejewa. W wyniku fizycznego zużycia lub powstania nowych generacji tych wyrobów powstaje nowa baza surowców wtórnych, w której metale nieżelazne stanowią dominującą wartość. Wartość ta wynika głównie z udziału metali szlachetnych w tych wyrobach stosowanych do ich wytwarzania przede wszystkim w celu zapewnienia ich trwałości i niezawodności działania.

Złożoność budowy wyrobów przemysłu elektronicznego i elektrotechnicznego wymaga stosowania specjalistycznych metod pozwalających na wydzielenie wartościowych składników i przygotowanie ich pod względem formy i wartości składników w ten sposób, aby były przydatne do procesów metalurgicznych.

## 2. Charakterystyka złomu elektronicznego i elektrotechnicznego

Charakterystyka złomu elektronicznego i elektrotechnicznego jest w dużym stopniu utrudniona ze względu na brak jednoznacznej definicji tych wyrobów, co nie pozwala wyraźnie wyznaczyć granicy pomiędzy tymi złomami. W krajach zachodnich przyjęto określenie: electronic scrap do wyrobów przemysłu radiowo-telewizyjnego i innego sprzętu profesjonalnego w tym zakresie: telegraphic scrap dla wszelkich urządzeń telełączności, jak: centrale telefoniczne aparaty telefoniczne, telexy, kopiarki itp. oraz computer scrap - obejmujące wyroby elektroniki o wysokim stopniu integracji, w tym głównie komputery i wszelkiego typu urządzenia peryferyjne.

Złom elektroniczny obejmujący urządzenia automatyki przemysłowej, jak również urządzenia zmechanizowane gospodarstw domowych, określane jest jako mixed complex scrap.

Uwarunkowania krajowe prowadzą do sformułowania następujących określeń:

- złom elektroniczny należy rozumieć jako złom wyrobów przemysłu radiowo-telewizyjnego oraz łączności,
- złom elektrotechniczny - to głównie zużyte urządzenia automatyki przemysłowej i zmechanizowany sprzęt gospodarstw domowych.

Należy sądzić, że przyjęty podział dla aktualnych warunków krajowych będzie zmierzał do podziału stosowanego w krajach zachodnich, co może mieć pewien wpływ na wprowadzenie nowych, bardziej skutecznych metod odzysku metali z tych złomów, a w szczególności metali drogocennych.

## 3. Krajowa baza surowcowa

Określenie krajowej bazy surowcowej złomów elektronicznych i elektrotechnicznych, jak w przypadku innych złomów metali nieżelaznych, jest problemem złożonym. Jeżeli w przypadku innych złomów metali istnieje pewna ilość danych statystycznych w zakresie zbiórki i skupu i sytuacja na tym odcinku jest stosunkowo stabilna, to w przypadku omawianych złomów brak danych znacznie utrudnia sytuację.

Jednym ze sposobów jest wskaźnikowe przyjęcie zwrotu zużytych wyrobów powstających w przemyśle w stosunku rocznym w okresie obejmującym czas średniego użytkowania tych wyrobów. Brak odpowiednich opracowań w tym zakresie w kraju znacznie utrudnia ustalenie ilości tych złomów. Niemożliwe jest również przyjęcie dobrze opracowanych czasów użytkowania tych wyrobów w krajach wysoko rozwiniętych ze względu na obserwowane w kraju znaczne odstępstwa w tym zakresie. Jedyne krajowe opracowanie w tym względzie oparte głównie na wskaźnikach zużycia metali

nieżelaznych w tych przemysłach oraz danych o udziale podstawowych składników złomu elektronicznego i elektrotechnicznego krajów Europy zachodniej pozwala na określenie aktualnych ilości tego złomu powstającego w kraju. Uwzględniając strukturę produkcji zakładów przemysłu elektronicznego i elektrotechnicznego oraz ilość powstających odpadów produkcyjnych i wybraków, obecna ilość złomów i zawartość metali powinna być następująca:

elektronika:	metal w odpadach	2400 Mg/r
	metal w złomie	1400 Mg/r
elektrotechnika:	metal w odpadach	2300 Mg/r
	metal w złomie	2000 Mg/r

Przyjmując, że w złomach metale nieżelazne stanowią ok. 25%, ilość złomu brutto wynosi:

elektronika:	5600 Mg/r
elektrotechnika	8000 Mg/r

Razem: 13000 Mg/r

Przeciętny skład chemiczny tych złomów powinien być następujący:

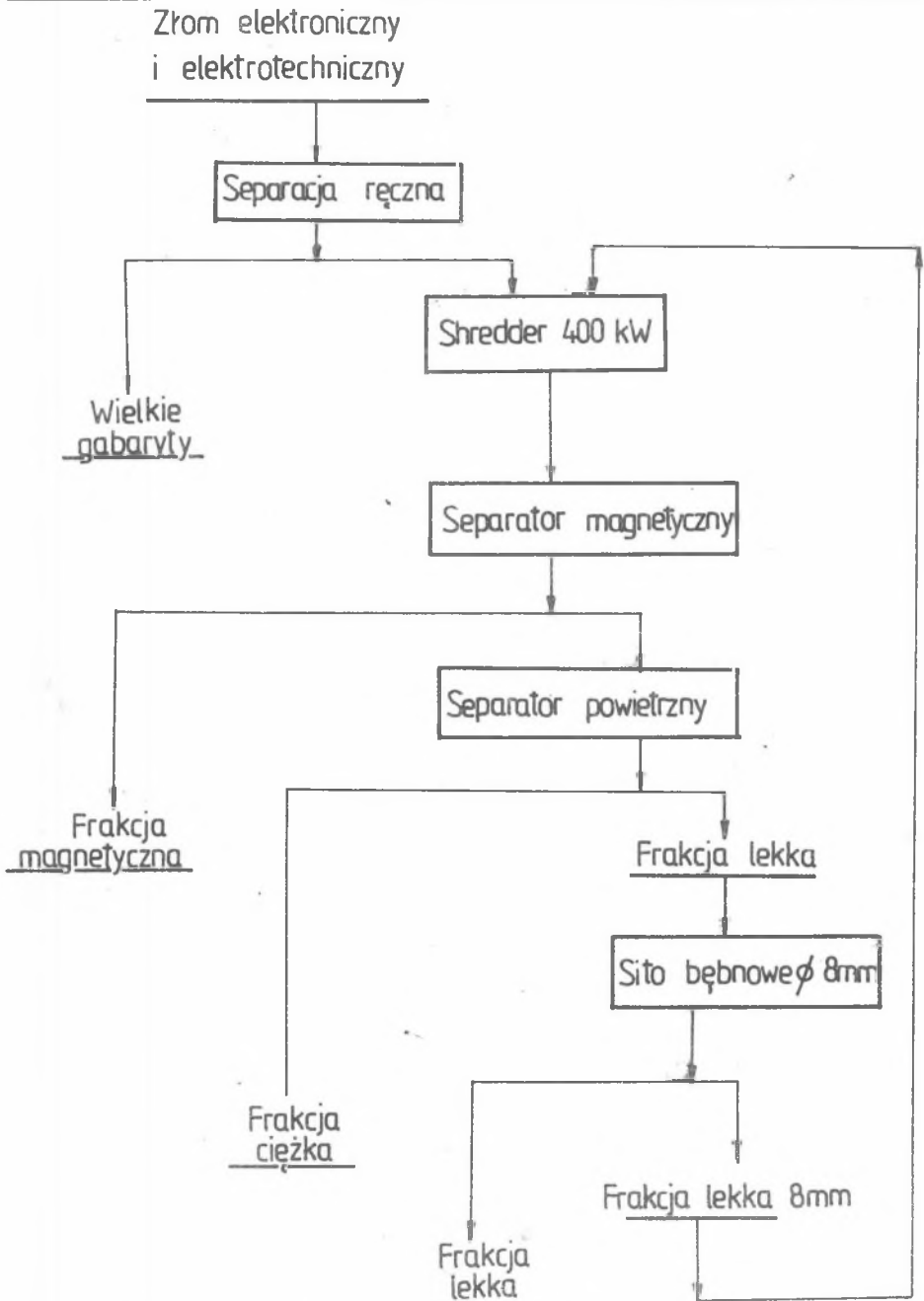
Fe - 50%, Cu - 16%, Al - 8%, Zn - 2%, Ni - 0,4%, Ag - 200 g/t.

#### 4. Próby przerobu krajowego złomu elektronicznego i elektrotechnicznego w zakładach zagranicznych

Biorąc pod uwagę odrębność struktury krajowego złomu elektronicznego i elektrotechnicznego w odniesieniu do złomów występujących w krajach wysoko rozwiniętych przeprowadzono dwie próby przerobu złomu krajowego w partiach po ok. 50 t w zakładzie Kusakovsky Öy-Finlandia oraz w zakładzie Delco-Holandia. Zgromadzony do prób złom zawierał w głównej części liczniki energii elektrycznej, zdemontowane centrale telefoniczne oraz pewne ilości sprzętu radio-telewizyjnego oraz wybraków podzespołów i detali elektronicznych. Jako przykład w niniejszym opracowaniu przedstawiono przebieg prób oraz uzyskane wyniki w firmie Kusakovsky Öy.

Przerób próbną partii złomu w firmie Kusakovsky Öy przebiegał w dwóch etapach. Pierwszy etap polegał głównie na wydzieleniu frakcji magnetycznych i grubej frakcji metali nieżelaznych. Etap ten zrealizowano w zakładzie Heinola i obrazowo przedstawiono go na rys. 1. Podstawowe operacje wg załączonego schematu były następujące:

- wydzielenie elementów wielkogabarytowych,
- rozdrabnianie,
- separacja magnetyczna,
- separacja powietrzna,
- przesiewanie  $\varnothing$  8 mm.



Rys. 1. Schemat I etapu przerobu złomu elektronicznego w firmie Kusakovsky Oy

Fig. 1. Flowsheet of the 1st stage of electronic scrap processing at Kusakovsky Oy Plant

Nadziarno uzyskane na sicie 8 mm kierowano do procesu rozdrabniania w odrębnym cyklu przy zastosowaniu innego rusztu w urządzeniu rozdrabniającym. Produkty otrzymane na pierwszym etapie przebiegu zestawiono w tabelicy 1. Frakcję lekką, stanowiącą mieszaninę metali nieżelaznych i składników niemetalicznych, skierowano do drugiego przerobu w zakładzie Kōklax (rys. 2).

Na drugim etapie przerobu prowadzono następujące operacje:

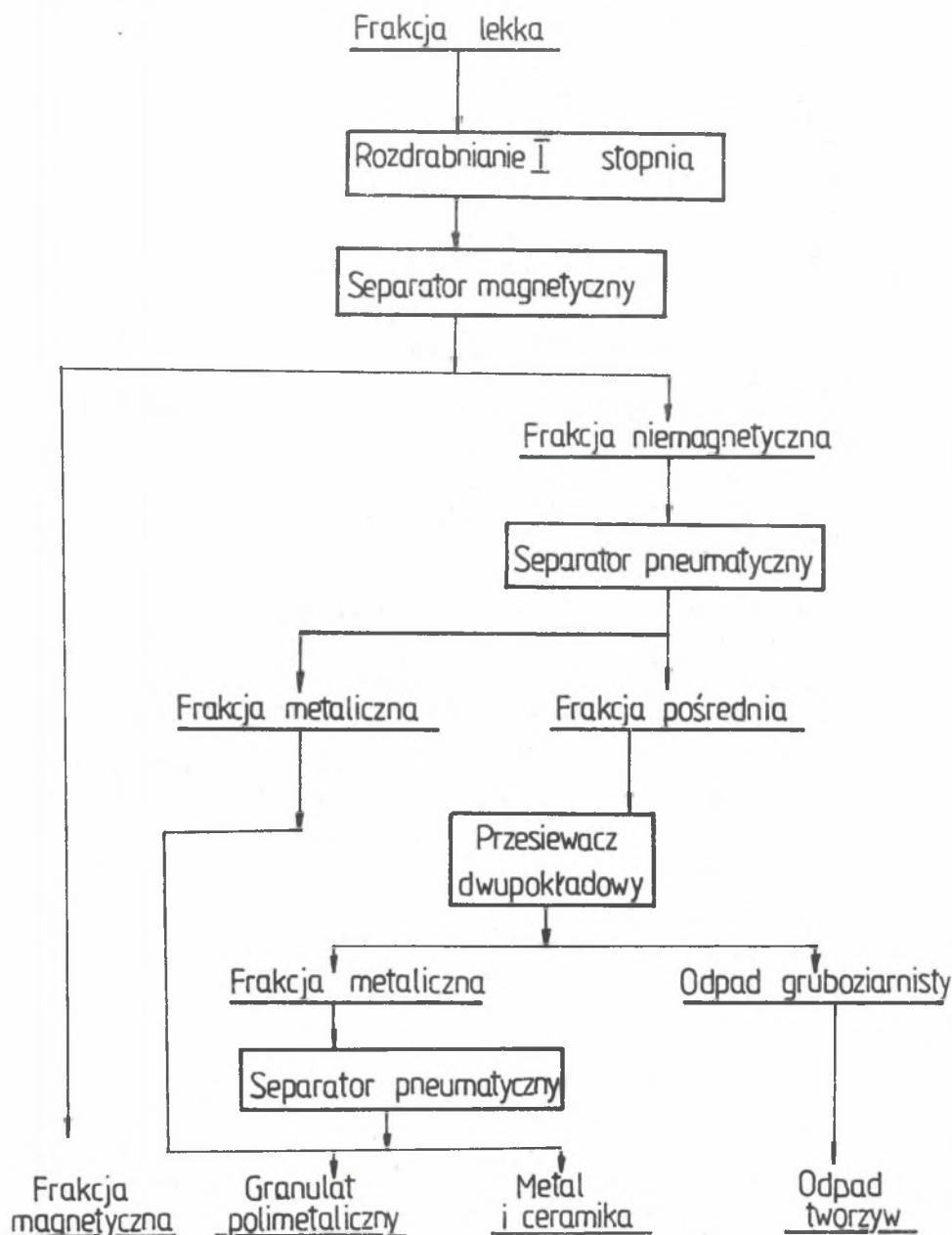
- rozdrabnianie,
- separacja magnetyczna,
- separacja powietrzna,
- przesiewanie dwustopniowe,
- separacja powietrzna.

Produkty otrzymane na drugim etapie przerobu zestawiono w tabelicy 2. Końcowy udział produktów uzyskany w wyniku prowadzenia prób w firmie Kusakovskij przedstawiono w tabelicy 3. Należy zaznaczyć, że w pozycji 5 tabelicy 3 ujęto drobne materiały ceramiczne oraz tworzywa pokryte folią metaliczną i cienkie przewody w ilości ok. 1/3 wielkości objętej tą pozycją. Drobne materiały odpadowe po szczegółowej analizie okazały się koncentratem metali szlachetnych.

Tabelica 1

Udział produktów I etapu przerobu krajowego złomu w zakładzie Heinola

Lp.	Nazwa materiału	Udział masowy %
1	Elementy wielkogabarytowe	1,9
2	Frakcja magnetyczna	55,1
3	Frakcja ciężka	15,4
4	Frakcja lekka	24,7
5	Pyły	1,0
	R a z e m:	98,1
6	Straty + wilgoć	1,9
	O g ó l e m:	100,0



Rys. 2. Schemat II etapu przerobu złomy elektronicznego w firmie Kusakovsky Ōy

Fig. 2. Flowsheet of the 2nd stage of electronic scrap processing at Kusakovsky Ōy Plant

Tablica 2

Udział produktów z II etapu przerobu krajowego złomu w zakładzie Kōklax

Lp.	Nazwa materiału	Udział masowy %
1	Frakcja metaliczna	40,4
2	Frakcja magnetyczna	3,8
3	Odpad gruby	12,6
4	Odpad drobny	7,0
5	Pyły	34,2
	R a z e m	98,0
	S t r a t y	2,0
	O g ó ł e m	100,0

Tablica 3

Zestawienie produktów przerobu krajowej partii złomu elektronicznego i elektrotechnicznego w zakładach Kusakovsky Ōy - Finlandia

Lp.	Wyszczególnienie	% do masy złomu
1	Frakcja magnetyczna I	55,1
2	Frakcja magnetyczna II	1,0
3	Frakcja polimetaliczna ciężka	15,4
4	Granulat polimetaliczny	10,0
5	Tworzywo + ceramika + metale	4,8
6	Pyły	9,4
7	Złom wielkogabarytowy	1,9
8	Straty i wilgoć	2,4
	R a z e m	100,0

## 5. Charakterystyka produktów otrzymanych z przerobu krajowego złomu elektronicznego

Otrzymane w wyniku przerobu produkty metaliczne optycznie wykazywały dużą niejednorodność i w celu określenia ich średniego składu chemicznego wymagały wstępnego przygotowania dla spreparowania jednorodnej próbki. Aby określić składy chemiczne, pobierano 5-50 kg ujednorodnionego materiału i przetapiano z udziałem dobranych topników. Skład chemiczny określono z bilansu metali, który wykonano na podstawie analiz chemicznych wytopionego metalu oraz otrzymanego żużla.

Skład chemiczny, a w szczególności zawartość metali w odpadach i pyłach, określono na podstawie analizy chemicznej roztworów otrzymanych w wyniku lugowania uśrednionej próbki tych materiałów o masie ok. 1000 g.

Zawartość metali w koncentratkach metalicznych oraz odpadach zestawiono w tablicy 4. Poza zawartością metali podano straty prażenia materiału w temp. 400°C, które stanowią wskaźnik zawartości składników organicznych. Podano także uziarnienie poszczególnych frakcji.

Frakcja magnetyczna, stanowiąca w swej głównej masie złom stalowy, zawiera jednak pewną ilość metali nieżelaznych, w tym szlachetnych oraz składniki organiczne. Średni skład chemiczny frakcji magnetycznych jest następujący:

Cu - 3,1%, Ni - 1,0%, Si - 1,5%, Ag - 100 g/t.

Mając na uwadze podwyższoną zawartość miedzi, frakcja ta nie może stanowić typowego złomu dla hutnictwa żelaza. Należy również zwrócić uwagę na podwyższoną zawartość metali szlachetnych, które w hutnictwie żelaza zostają całkowicie stracone. Podczas prób prowadzonych w firmie Delco udało się rozdzielić frakcję magnetyczną na: frakcję ciężką grubą, frakcję cieką drobną i frakcję lekką.

Rozdział przeprowadzono w powietrznym separatorze bębnowym (drum wind separator) DWS. Zawartość metali w otrzymanych frakcjach magnetycznych po rozdzieleniu w separatorze DWS ujęto w tablicy 5.

## 6. Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, że w wyniku przerobu aktualnie spływającego złomu elektronicznego i elektrotechnicznego do ZPWN "Wtórmec" uzyskuje się ok. 55% frakcji magnetycznej, stanowiącej złom stalowy o podwyższonej zawartości metali nieżelaznych oraz ok. 25% frakcji stanowiących koncentraty metali nieżelaznych. W celu odzysku metali szlachetnych zawartych w frakcji magnetycznej celowe jest dalsze rozfrakcjonowanie z uzyskiem frakcji lekkiej, do której metale szlachetne przechodzą prawie w całości.



Tablica 4

Zawartość metali, uziarnienie i straty prażenia produktów mechanicznego przerobu krajowego złomu elektronicznego i elektrotechnicznego

Lp.	Nazwa produktu	Zawartość składników %									Uziarnienie gram mm	Straty prażenia %
		Cu	Al	Zn	Ni	Pb	Sn	W	Mo	Ag <sup>x</sup>		
1	Frakcja polimetaliczna ciężka	40	25	10	0,5	1,0	0,5	-	-	300	8 - 40	10
2	Granulat polimetaliczny	68	7,0	3,0	1,0	2,0	1,0	2,0	4,0	700	1 - 6	2,0
3	Odpady tworzywa	0,6	4,0	-	-	-	-	-	-	-	1 - 6	-
4	Metale + ceramika	25,0	5,0	1,0	-	5,0	-	1,0	2,0	500	1	15
5	Pyły	0,6	2,0	2	-	-	-	-	-	-	-	-

x) oznaczono wg g/Mg

Tablica 5

Zawartość metali w frakcjach otrzymanych z rozdziału materiału magnetycznego w separatorze DWS firmy Delco

Lp.	Nazwa materiału	Zawartość	
		Cu	Ag
1	Frakcja magnetyczna gruba	0,90	0,010
2	Frakcja magnetyczna drobna	1,86	0,005
3	Frakcja magnetyczna lekka	9,30	0,100

Frakcję tę, mimo stosunkowo niskiej zawartości miedzi, należy wprowadzić do obiegu metalurgicznego miedzi wtórnej.

Granulat polimetaliczny, którego głównym składnikiem jest miedź, jest kolektorem metali szlachetnych. Interesujące jest występowanie podwyższonej zawartości wolframu i molibdenu w tej frakcji.

Frakcja polimetaliczna ciężka jest mieszaniną wielu metali i stopów, wśród nich dominującą rolę odgrywają miedź i aluminium. Przerób tego materiału w obiegu miedzi wtórnej prowadzi do całkowitej straty aluminium oraz wystąpienia szeregu trudności technologicznych w wyniku tworzenia się żużli o wysokiej zawartości  $Al_2O_3$ . Aby uniknąć tych niedogodności oraz odzyskać aluminium i jego stopy, należy podjąć badania nad dalszym rozdziałem składników frakcji ciężkiej na drodze mechanicznej przez zastosowanie rozdziału w cieczach ciężkich lub w separatorze magneto-dynamicznym. Podjęte w tym kierunku badania będą podstawą do określenia skuteczności tych metod rozdziału oraz ich efektywności ekonomicznej.

Przeprowadzone badania wykazały, że w celu pozyskania nowej bazy surowców wtórnych metali nieżelaznych, w tym również metali szlachetnych, celowe jest wybudowanie odpowiedniej instalacji dla przerobu złomów elektronicznych i elektrotechnicznych. Niezależnie od tego należy podjąć działania mające na celu zorganizowanie selektywnej zbiórki i skupu tego typu złomów, ponieważ aktualnie zagadnienia te nie są rozwiązane z punktu widzenia technicznego, jak również i ekonomicznego.

#### LITERATURA

- [1] Sprawozdanie z wyjazdu służbowego do zakładów przetwórczych w Finlandii w październiku 1985 r. zorganizowanego przez "Impexmetal".
- [2] Sprawozdanie z wyjazdu służbowego do zakładów przetwórczych i producentów urządzeń w Danii, Szwecji i Finlandii w marcu 1987 r., zorganizowanego przez "Impexmetal".

- [3] Sprawozdanie z wyjazdu służbowego do zakładu przetwórczego w Holandii w sierpniu 1986 r., zorganizowanego przez "Impexmetal".
- [4] Sprawozdanie z wyjazdu służbowego do Instytutu w Doniecku (ZSRR), zorganizowanego w marcu 1988 r. przez IMN Gliwice.
- [5] Oferta firmy "E.Laursen" (Dania) z 1987 r. pozyskana przez "Impexmetal" dla potrzeb "Wtórmet".
- [6] Oferta firmy "Birds" (Anglia) z 1987 r. pozyskana przez "Impexmetal" dla potrzeb "Wtórmet".
- [7] Oferty firmy "Scandinavian Recycling" (Szwecja) z 1986 i 1987 r., pozyskane przez "Impexmetal" dla potrzeb "Wtórmet".

Recenzent: Doc. dr inż. Jerzy Szymański

Wpłynęło do Redakcji 22.03.1988 r.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФРАКЦИИ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ ЭЛЕКТРОННОГО И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ЛОМА

#### Р е з ю м е

В статье представлена в общем плане технология переработки электронного и электротехнического лома, позволяющая извлекать цветные металлы в виде полиметаллических концентратов пригодных для дальнейших металлургических переработок. Эта технология приспособлена к отечественным ресурсам, а также к условиям завода "Втурмет" на основании результатов переработки 50 тонн пробного материала на зарубежных предприятиях. Исследования свойств полученных продуктов при переработке этого лома позволили определить содержание основных цветных металлов главным образом Cu и Al, а также присутствие благородных металлов в отдельных продуктах.

Результаты этих исследований позволили выбрать оптимальную технологию для отечественных условий, а также целенаправить исследования над оптимальным использованием металлов, входящих в состав полиметаллических концентратов.

#### SEPARATION OF NON-FERROUS FRACTIONS FROM ELECTRONIC AND ELECTRIC SCRAP

#### S u m m a r y

Technology for electronic and electric scrap processing which enables separation of the non-ferrous fractions as complex concentrates suitable for further processing has been described. The technology has been adapted to raw materials available in Poland and local environment of the "Wtórmet" plant on the basis of the results of tests performed on a 50 t

batch of Polish scrap processed in selected plants abroad. The processed material has been subjected to the examinations that allowed to determine basic non-ferrous metals contents, Cu and Al in particular, including precious metals. The results of these examinations made it possible to develop the optimum processing technology with regard to local conditions and they stimulated further research work on the optimum utilization of the metals contained in complex concentrates.