



Przetwórstwo wtórnych surowców metali nieżelaznych w Polsce – trendy, szanse i zagrożenia

Stanisław PIETRZYK¹⁾, Barbara TORA²⁾

¹⁾ Eng., PhD, DSc, Assoc. Prof., AGH University of Science and Technology, Faculty of non Ferrous Metals, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Poland; e-mail: pietstan@agh.edu.pl

²⁾ Eng., PhD, DSc, Prof., AGH University of Science and Technology, Faculty of Mining and Geoenvironment, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Poland; e-mail: tora.agh@edu.pl

DOI: 10.29227/IM-2017-02-9

Abstrakt

Podstawowe wyzwania przed jakimi stoi współczesna metalurgia to: kurczenie się zasobów surowców naturalnych (rud) i pogarszanie ich jakości, wzrost zapotrzebowania na metale jako wciąż najlepsze i najpowszechniejsze materiały konstrukcyjne, koncentracja produkcji górniczej i hutniczej w krajach dysponujących zasobnymi złożami prowadząca do monopolizacji rynku dostaw, spadek opłacalności produkcji oraz ograniczenia środowiskowe emisji odpadów.

Rozwiązaniem problemów hutnictwa może być wprowadzenie i intensyfikacja gospodarki metalami w obiegu zamkniętym (tzw. gospodarka recykulacyjna – circular economy), wymagająca wprowadzenia recyklingu/przeróbki surowców wtórnych metali.

Zasadą działania recyklingu jest maksymalizacja ponownego wykorzystania tych samych metali, z uwzględnieniem minimalizacji nakładów na ich przetworzenie, przez co chronione są surowce naturalne, zarówno służące do ich wytworzenia jak i wykorzystywane do ich późniejszego przetworzenia.

Recykling metali odbywa się w dwóch obszarach: podczas produkowania dóbr (odpadów produkcyjnych) oraz późniejszego powstawania z nich odpadów (odpadów użytkowych, konsumpcyjnych).

Aby system recyklingu właściwie działał musi istnieć współdziałanie polityki państwa (ochrona rynku surowców wtórnych), producentów wyrobów (eco-projektowanie), przedsiębiorstw recyklingowych (zbierających i przetwarzających) oraz proekologiczne nawyki społeczeństwa (edukacja). W artykule omówiono główne problemy, jakie napotyka krajowy rynek recyklingu metali nieżelaznych z surowców wtórnych.

Słowa kluczowe: metale nieżelazne, przetwórstwo, recykling metali

Wyzwania współczesnego hutnictwa metali nieżelaznych

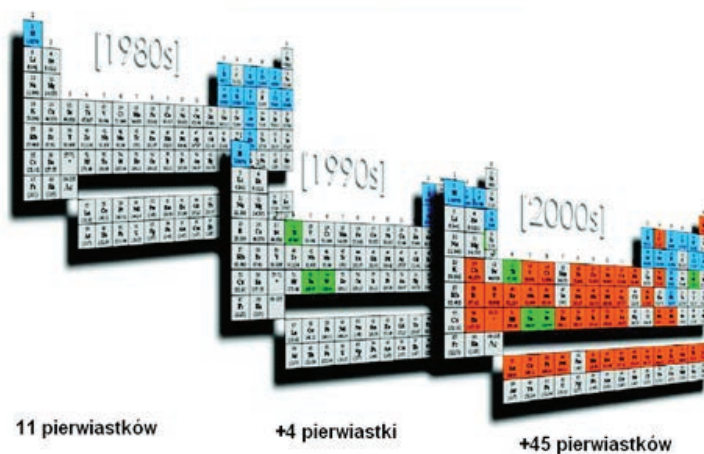
Współczesna metalurgia a właściwie hutnictwo metali nieżelaznych, stoi przed nowymi wyzwaniami. Do najważniejszych z nich należą wzrost zapotrzebowania na metale, pogarszająca się jakość rud, spadek opłacalność produkcji i ograniczenia środowiskowe.

Gwałtowny wzrost populacji ludzkiej oraz systematyczny rozwój gospodarczy w wielu krajach, wywołują coraz większe zapotrzebowanie na metale. Populacja ludzi stanowi dzisiaj ponad 6 mld, natomiast do roku 2050 prognozy przewidują wzrost do 10 mld. Przy średnim, światowym tempie wzrostu gospodarczego wynoszącym 7% rocznie co 19 lat następuje w wielu krajach podwojenie PKB. Takie tendencje wywołują ogromny popyt na metale. Są one niezastąpione, mimo wielu substytutów są wciąż najlepszymi i najpowszechniejszymi materiałami konstrukcyjnymi (rys. 1). W dobie miniaturyzacji i niezawodności przy wytwarzaniu najbardziej zaawansowanych wyrobów, metale odgrywają pierwszoplanową rolę, zwiększając ich funkcjonalność i pozwalają na miniaturyzację (rys. 2).

Zjawisko pogarszania się jakości rud, związane jest z wyczerpywaniem się zasobnych w metale złóż naturalnych w wyniku intensywnego wydobywania. Jak widać z rys. 3 potwierdzają się wcześniejsze przewidywania, że będziemy mieć do czynienia z eksploatacją coraz gorszych jakościowo złóż, przy równoczesnym wzroście ich zasobów, co spowoduje, że dla ekstrakcji takiej samej ilości metalu, będzie potrzebne przetworzenie wielokrotnie więcej surowca metalonośnego, aniżeli obecnie. Wywołuje to tendencje do zamykania zakładów wydobywczych w rejonach występowania rud niskojakościowych i przenoszenie ich do miejsc o większej zawartości metalu. Wkrótce jednak i taka taktyka nie będzie mogła być stosowna. Intensywne wydobywanie doprowadzi w przyszłości do osiągnięcia tzw. bariery mineralogicznej, kiedy do eksploatacji pozostaną jedynie pospolite skały, których zasoby są co prawda bardzo duże, jednak postać i zawartość w nich metali, praktycznie uniemożliwia ich ekstrakcję.

Koncentracja produkcji górniczej i hutniczej w krajach dysponujących zasobnymi rudami prowadzi do monopolizacji, a nawet wywołuje tzw. „wojny o surowce”, czego ostatnim przykładem było embargo Chin

Płytki PCB w telefonie komórkowym



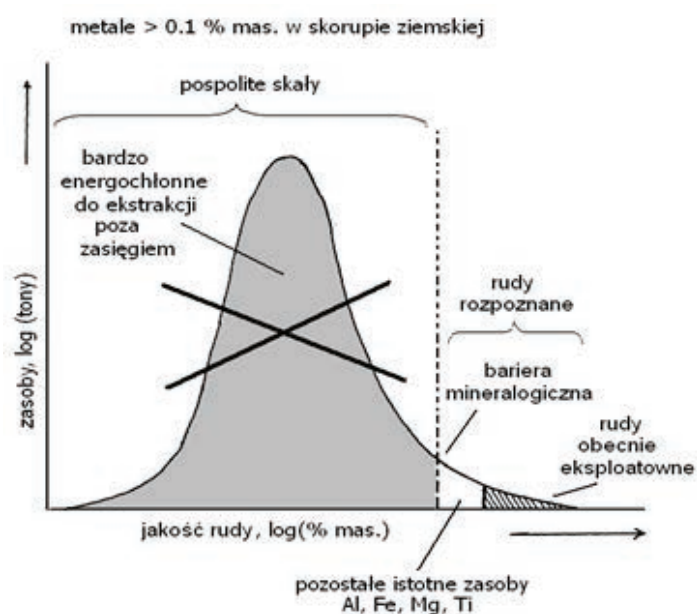
Rys. 1. Wzrost zastosowania metali w produkcji telefonów komórkowych [1].

Fig. 1. Increase in the use of metals in the production of mobile phones [1].



Rys. 2. Miniaturyzacja telefonów komórkowych i wzrost funkcjonalności dzięki zastosowaniu metali nieżelaznych [2].

Fig. 2. Miniaturization of mobile phones and increase of functionality due to the use of non-ferrous metals [2].



Rys. 3. Prognozy jakościowych i ilościowych zmian w zasobach rud metali [3].

Fig. 3. Forecasts of qualitative and quantitative changes in ore resources [3].

na eksport metali i tlenków metali ziem rzadkich (Rare Earth Metals–REM i Rare Earth Oxides–REO). Na rys. 4 przedstawiono stopień monopolizacji produkcji niektórych metali w świecie. Taka sytuacja, wywołuje gwałtowny wzrost cen surowców i półproduktów, zakłóca terminowość dostaw oraz stwarza zagrożenie dla stabilności produkcji w krajach pozbawionych takich zasobów. Należy przypomnieć, iż UE jest największym na świecie importerem netto surowców mineralnych, w tym rud metali, co przy zawirowaniach rynkowych, jest szczególnie odczuwalne dla jej gospodarki.

Z kolei opłacalność energochłonnej, hutniczej produkcji metali silnie zależy nie tylko od cen surowców metalonośnych ale i od energii, stąd tendencja do lokowania zakładów hutniczych w rejonach świata o niskich kosztach jej wytworzenia. Przykład może stanowić rozwój metalurgii aluminium pierwotnego w krajach arabskich leżących nad Zatoką Perską, gdzie produkowana jest tania energia elektryczna z zagospodarowania gazu powstałego z wydobycia ropy naftowej, czy Islandia wykorzystująca tanią energię elektryczną produkowaną ze źródeł geotermalnych.

W wielu krajach wysoko uprzemysłowionych, za pierwszoplanowe działanie uznaje się zapobieganie powstawaniu i emisji odpadów oraz ograniczanie ich ilości. Hutnictwo należy do dziedzin gospodarki, generujących najwięcej produktów ubocznych w postaci gazów, pyłów, żużli, zgarów, szlamów i odpadów materiałów ogniotrwałych. W wielu krajach wprowadzone są wysokie opłaty za składowanie i restrykcyjne wymogi zapobiegania ich powstawaniu i ograniczania ilości. Przykładem mogą tu być opłaty za emisję CO₂, bez której nie da się produkować metali metodami pirometalurgicznymi. Wywołuje to kolejne obciążenia zakładów hutniczych, które mają bezpośredni wpływ na koszty produkcji, konkurencyjność, a pośrednio na ceny metali.

Przetwórstwo wtórnych surowców metali nieżelaznych szansą dla hutnictwa i gospodarki UE

Wyżej omówione zjawiska szczególnie dotyczą hutnictwa a właściwie wszystkich dziedzin metalurgii metali nieżelaznych w UE, której udział w gospodarce światowej od wielu już dekad wykazują tendencje malejącą. To zły syndrom, świadczący o stopniowym, coraz głębszym uzależnieniu się gospodarki europejskiej od surowców z importu. Taka sytuacja, może wywołać silne zahamowanie rozwoju hutnictwa metali nieżelaznych a przy najgorszym scenariuszu spowodować jego marginalizację lub nawet zanik (syndrom spadku produkcji aluminium pierwotnego).

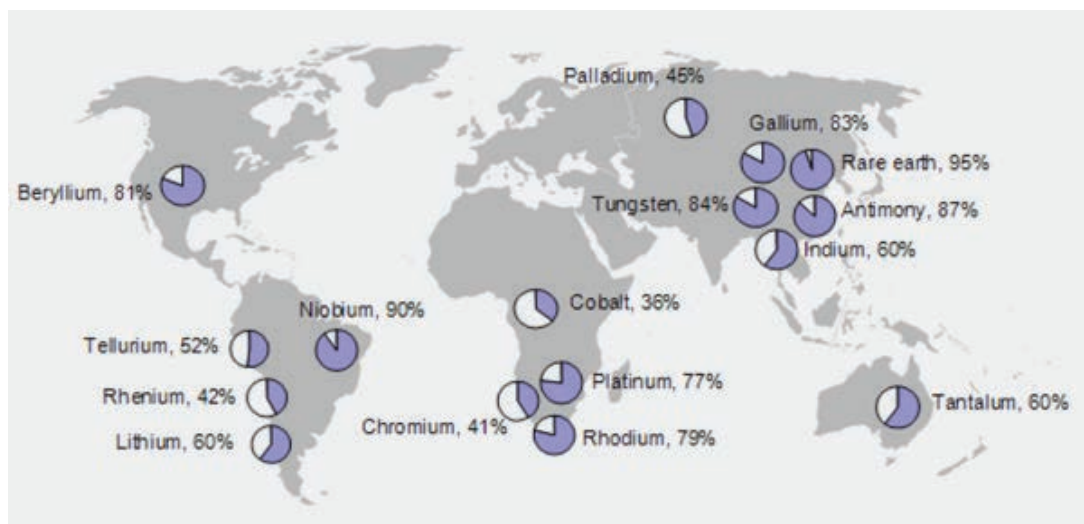
Szczególnie w odniesieniu do hutnictwa metali nieżelaznych UE, nasuwa się więc pytanie: jakie jest zatem rozwiązanie, które już obecnie można wprowadzić, a które pozwoliłoby zahamować tendencje spadkowe?

Odpowiedzią może być wprowadzenie i intensyfikacja gospodarki metalami w obiegu zamkniętym (tzw. gospodarka recykulacyjna – circular economy). Wymaga ona wprowadzenia recyklingu, którego pojęcie zdefiniowano w dyrektywie szczegółowej (94/62/WE), jako powtórne przetworzenie materiałów odpadowych w procesach produkcyjnych w celu uzyskania materiałów o przeznaczeniu pierwotnym lub o innym przeznaczeniu (w tym recykling organiczny z wyjątkiem odzysku energii).

Zasadą działania recyklingu jest maksymalizacja ponownego wykorzystania tych samych materiałów, z uwzględnieniem minimalizacji nakładów na ich przetworzenie, przez co chronione są surowce naturalne, które służą do ich wytworzenia oraz surowce służące do ich późniejszego przetworzenia. Recykling odbywa się w dwóch obszarach: produkowania dóbr (dotyczy odpadów produkcyjnych) oraz późniejszego powstawania z nich odpadów (dotyczy odpadów poużytkowych, pokonsumpcyjnych).

Recykling jest systemem organizacji obiegu materiałów, które mogą być wielokrotnie przetwarzane. W skład systemu wchodzi elementy:

- właściwa polityka ustawodawcza państwa sprzyjająca recyklingowi,
- rozwój technologii przetwarzania odpadów, przede wszystkim w celu wykorzystania jak największej ich części,
- projektowanie dóbr z możliwie najszerzym wykorzystaniem w nich materiałów podatnych na recykling,
- projektowanie dóbr możliwie jednorodnych materiałowo, co upraszcza ich późniejszy demontaż i segregację odpadów,
- projektowanie dóbr będących połączeniem różnych materiałów w taki sposób, aby było maksymalnie ułatwione ich późniejsze rozdzielanie na elementy zbudowane z jednorodnych materiałów
- projektowanie dóbr w taki sposób, aby jak największej ich części składowych nadawało się do powtórnego wykorzystania bez przetwarzania lub przy minimalnych nakładach na doprowadzenie do postaci pełnowartościowej,
- projektowanie dóbr w taki sposób, aby zarówno ich części składowe, jak i materiały, z których zostały one wykonane, były wykorzystywane we wtórnym obiegu jak najczęściej razy.
- system oznaczania zarówno opakowań produktów, jak i elementów składowych tych produktów, w celu ułatwienia rozpoznawania i segregacji odpadów.
- edukacja proekologiczna społeczeństwa oraz promowanie i organizacja zachowań proekologicznych,
- logistyka sortowania, gromadzenia i odbioru zużytych dóbr oraz ich elementów składowych,



Rys. 4. Monopolizacja zasobów i produkcji metali na świecie [4].

Fig. 4. Monopolisation of resources and production of metals in the world [4].

- przetwarzanie (uprzednio przygotowanych) odpadów i odzyskiwanie z nich surowców.

Aby system recyklingu właściwie działał musi istnieć współdziałanie polityki państwa, producentów wyrobów (eco-projektowanie), przedsiębiorstw recyklingowych (zbierających i przetwarzających) oraz proekologiczne nawyki społeczeństwa (edukacja).

W hutnictwie i przemyśle metalurgicznym korzyści jakie wynikają z wprowadzenia recyklingu odpadów obejmują (Tablica 1):

- osiągnięcie korzyści ekonomicznych (powtórne wykorzystanie metali - tańszy surowiec, niższe koszty produkcji),
- stabilność i pewność dostaw surowców do produkcji,
- ochrona i ograniczenie zużycia zasobów naturalnych,
- zmniejszenie terenów składowisk odpadów,
- zmniejszenie lub eliminacja kosztów związanych ze składowaniem odpadów.

Aby móc jednak rozwijać recykling metali nieżelaznych, należy posiadać materiał/surowiec do przerobu, czyli odpady – zdefiniowane jako “wszystkie przedmioty oraz substancje stałe, a także nie będące ściekami substancje ciekłe, powstałe w wyniku prowadzonej działalności gospodarczej lub bytowania człowieka i nieprzydatne w miejscu lub czasie, w którym powstały.

W praktyce gospodarczej, tzn. w gospodarce materiałowej, jeszcze często korzysta się z klasyfikacji odpadów, które stanowią potencjalne surowce wtórne. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach definiuje surowce wtórne jako: użyteczne materiały odpadowe powstające w procesach produkcyjnych (odpady poprodukcyjne) oraz wyroby zużyte (odpady użytkowe), które nie mogą być racjonalnie wykorzystane

przez ich posiadacza, a nadają się do celowego wykorzystania przez innego użytkownika np. w procesie produkcyjnym zastępują surowiec pierwotny.

Ograniczenie się jedynie do pierwszej z w/w definicji mającej charakter pejoratywny, prowadzi do sytuacji takiej, że wytwórcy oraz właściciele odpadów chcą się ich pozbyć, ponieważ są „nieprzydatne” a czasem dodatkowo zawierają substancje niebezpieczne. Prowadzi to do w skali międzynarodowej do wypływu odpadów metali nieżelaznych (m.in. złomów) z rynków poszczególnych krajów członkowskich wewnątrz UE i poza nią (rys. 5 i 6). Eksport cennych złomów metali nieżelaznych, głównie do krajów azjatyckich (Indie, Chiny) powoduje straty na rynku europejskim i konieczność importu surowców. Unia traci w ten sposób znaczne szanse na podniesienie efektywności gospodarowania zasobami oraz stworzenie gospodarki w większym stopniu opartej na zamkniętym obiegu, prowadzącej do wzrostu gospodarczego i tworzenia miejsc pracy, co z kolei zaowocowałoby ograniczeniem emisji gazów cieplarnianych i uzależnienia gospodarki od przywożonych surowców.

Gospodarka Unii traci obecnie znaczne ilości metalicznych surowców wtórnych metali, które znajdują się w strumieniach odpadów. W 2014 r. w UE wytworzono w sumie ponad 3 mld ton odpadów. Dla przykładu, zaledwie 40% odpadów komunalnych wytworzonych w Unii poddano recyklingowi, natomiast pozostałą część składowano (37%) lub spalono (23%), z czego około 500 mln ton można było poddać recyklingowi lub ponownie wykorzystać.

Na początku pierwszej dekady XXI wieku powstało wiele krytycznych raportów i opracowań dotyczących znaczenia złomów metali nieżelaznych, czy odpadów zawierających metale nieżelazne, oraz zagrożeń jeśli nie zostanie wypracowana ochrona tego rynku i prowa-

Tabela 1. Korzyści płynące z recyklingu bazowych metali nieżelaznych [5].

Table 1. Benefits of recycling non-ferrous base metals [5].

Metal	zaoszczędzona energia %	zmniejszenie emisji CO ₂ %	Udział produkcji ze złomu w produkcji globalnej %
Aluminium	>95%	>92%	25%
Miedź	>85%	>65%	40%
Cynk	>60%	>76%	30%
Ołów	>65%	>99%	35%

dzona odpowiednia polityka w UE. Niezależny od importu i stabilny dostęp do tańszych surowców, pozwala na bardziej efektywną produkcję przemysłową i zaczyna być postrzegany również jako możliwość utrzymania pozycji konkurencyjnej gospodarki danego kraju.

Protekcja rynku wspólnoty europejskiej nie wyklucza ochrony rynku poszczególnych krajów członkowskich. Jak z tej perspektywy przedstawia się rynek złomu metali w Polsce? Otóż sytuacja nie jest korzystna dla gospodarki narodowej. Jak widać z analizy rynku złomu aluminium i miedzi w Polsce z punktu wymiany handlowej (rys. 7) tracimy cenne surowce wtórne, które mogłyby być przerabiane w kraju przynosząc znaczne korzyści. Polskie zakłady hutnictwa miedzi, aluminium, cynku czy ołowiu są technologicznie przygotowane do przerobu takich odpadów. Od wejścia Polski do UE w 2004 do roku 2011 r eksport złomów najważniejszych metali nieżelaznych do krajów Unii Europejskiej wzrósł o 220%.

W 2011 z Polski wyjechało do UE 51 tys. ton złomu miedzi (230 mln Euro), a przyjechało z UE 27 tys. ton (151 mln Euro), jeśli chodzi natomiast o złom aluminium, to wyeksportowano do UE 147 tys. ton (177 mln Euro), a importowano z UE 104 tys. ton (140 mln Euro). W tym samym okresie czasu import złomów najważniejszych metali z krajów Unii Europejskiej wzrósł wartościowo o ponad 380% w stosunku do 2004 roku. Polska więcej eksportuje złomów niż importuje, wyzbywamy się w ten sposób cennych zasobów. Relacje cenowe eksportu do importu są niekorzystne, zarówno w przypadku miedzi jak i aluminium – wyzbywamy się zasobów tanio, a sprowadzamy je drogo. Recykling powinien być wyzwaniem dla naszego hutnictwa metali nieżelaznych w sytuacji, kiedy zasoby rud cynkowo-olowiowych znajdują się w Polsce na wyczerpaniu i systematycznie spada zawartość miedzi w rudzie.

Roczne poziomy recyklingu metali nieżelaznych w Polsce, to produkcja 225 tys. ton aluminium wtórnego (wiele MŚP), 125 tys. ton miedzi (całość w KGHM, co stanowi ponad 20% całkowitej jego produkcji), 110 tys. ton ołowiu (Orzeł Biały, Baterpol), 35 tys. ton cynku (ZGH Bolesław). Polski rynek recyklingu metali to

120 tys. zatrudnionych pracowników (razem z hutami), 5 mld złotych zapłaconych podatków dochodowych (CIT+PIT), 2 mld złotych składek do ZUS. Właściwa polityka legislacyjna, oraz system podatkowy państwa powinny wspierać krajowy przemysł recyklingowy. Dla współczesnej cywilizacji odpady nie są problemem, a rzeczywistości stanowią jedne z naszych, najważniejszych zasobów i to w momencie rozwoju ludzkości, kiedy surowce, energia, czysta woda i powietrze stają się dobrami rzadkimi. Resumując, odpady zawierające metale to nasze najważniejsze krajowe zasoby.

Dla porównania światowy przemysł recyklingu metali (z grupy żelaza i nieżelaznych) to ponad 1.6 miliona zatrudnionych, 600 milionów ton tocznie odzyskiwanych surowców oraz przychody branży przekraczające 200 miliardów dolarów rocznie.

Kolejną wielką szansą ale i wielkim wyzwaniem dla naszej i unijnej gospodarki, jest recykling elektroodpadów (rys.8), czyli użytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (w skr. ZSEE), które zawierają się zawierają się w 10 grupach:

1. Wielkogabarytowe urządzenia AGD
2. Małogabarytowe urządzenia AGD
3. Sprzęt teleinformatyczny i telekomunikacyjny
4. Sprzęt RTV
5. Sprzęt oświetleniowy
6. Narzędzia elektryczne i elektroniczne
7. Zabawki, sprzęt relaksacyjny i sportowy
8. Przyrządy medyczne
9. Przyrządy do kontroli
10. Automaty do wydawania

Elektroodpady czasem pejoratywnie nazywane elektrośmieciami, zawierają większość metali z listy tzw. metali krytycznych dla gospodarki UE, czyli takich, dla których brak źródeł pierwotnych (złóż naturalnych) i wtórnych oraz możliwości podjęcia produkcji na różnych etapach. Zaliczane są do nich: antymon, beryl, kobalt, gal, german, ind, magnez, niob, wolfram; metale PGM (grupa platynowców): platyna, pallad, iryd, rod, ruten, osm; metale ziem rzadkich: itr, skand; oraz tak zwane lantanowce: lantan, cer, prazeodym,



Rys. 5. Globalne przepływy złomów miedzi (w tys. ton) – w 2011 r [6].

Rys. 5. Globalne przepływy złomów miedzi (w tys. ton) – w 2011 r [6].



Rys. 6. Globalne przepływy złomów aluminium (tys. ton) – 2011 r [6].

Rys. 6. Globalne przepływy złomów aluminium (tys. ton) – 2011 r [6].

neodym, promet, samar, europ, gadolin, terb, dysproz, holm, erb, tul, iterb i lutet – w sumie 32 metale.

Znaczenie wybranych metali nieżelaznych w produkcji sprzętu elektrycznego i elektronicznego przedstawia tabela 2.

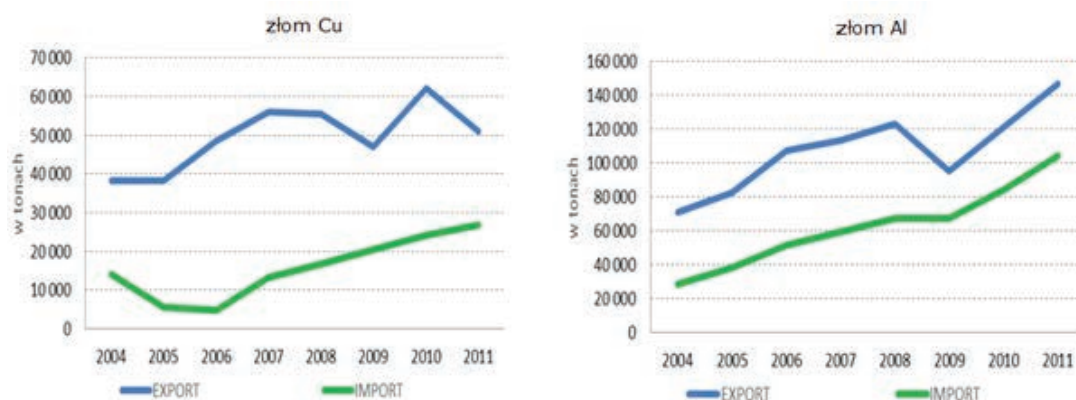
Problemem Unii Europejskiej jest deficyt energii i surowców naturalnych oraz coraz wyższe koszty ich importu (pozyskania) i trudności zakupu (embarga surowcowe), stąd wiele surowców naturalnych można zastąpić surowcami wtórnymi zawartymi w elektroodpadach. ZSEE stanowi doskonałe, tanie i dostępne źródło metali nieżelaznych, w którym występują one w bardzo wysokim stopniu koncentracji w porównaniu do rud. Większość z metali ziem rzadkich i innych metali krytycznych występuje w śladowych ilościach w złożach własnych lub towarzysząc rudom metali podstawowych (aluminium, miedź, cynk, ołów, nikiel). Przykładowo w 1 t rudy miedzi jest ok. 5 g złota (podobnie platynowców), ale aż 200–250 g jest w 1 t płytek obwodów drukowanych (PCB) w komputerach, a 300–350 g w 1 t telefonów komórkowych. Wprowadzenie postępująca miniaturyzacja, robotyzacja i nanotechnologie przy wykonywaniu SEE powoduje, że stosuje się coraz mniejsze ilości metali szlachetnych ale i tak

koncentracja jest kilkadziesiąt razy większa niż w rozpoznanych i eksploatowanych zasobach naturalnych.

Z roku na rok rośnie zastosowanie w metali rzadkich w wytwarzanym SEE czy pojazdach samochodowych (rys.7) bez nich trudno byłby osiągnąć obecny wysoki poziom jakości wyrobów, zawansowania technicznego, funkcjonalności czy miniaturyzacji. Na przykład produkowany przez Toyotę – Prius zawiera około 4,5 kilograma lantanu. Tworzone z niego akumulatory ocenia się na dwa razy bardziej wydajne niż te tradycyjne. Do produkcji silnika używa się neodymu, prazeodymu, terbu, przy katalizatorach ceru. Metali rzadkich używa się nawet w szybach i lusterkach.

Nasuwa się kolejne pytanie jak UE radzi sobie z recyklingiem metali ze ZSEE? Najlepiej graficznie charakteryzuje to rys. 8. Powtarza się więc i w tym przypadku wciąż ten sam scenariusz, tzn. eksport ZSEE do Azji. W ten sposób UE traci cenne surowce i ogranicza szanse rozwoju recyklingu, którego poziom dla większości metali jest bardzo niski (poniżej 1%).

Trendy szanse i zagrożenia dla recyklingu metali z surowców wtórnych w Polsce



Rys. 7. Rynek złomu miedzi i aluminium w Polsce –wymiana handlowa z UE [7].

Fig. 7. Copper and aluminum scrap market in Poland - trade with the EU [7].

Najbliższe dekady będą wyzwaniem dla UE oraz Polski w zakresie utrzymania bezpieczeństwa surowcowego oraz pozycji na arenie międzynarodowej. Nieustanny, gwałtowny wzrost zapotrzebowania na surowce mineralne, nie będzie mógł być zaspokajany wzrostem wydobycia czy importem, dlatego tak ważną staje się współpraca państw członkowskich UE w obszarze recyklingu.

Recykling metali nieżelaznych z ZSEE jest dużym wyzwaniem. Ekstrakcja metali bazowych (Cu, Al, Pb, Sn, Zn) znajdujących się w znacznej ilości w elektroodpadach nie stanowi problemu dla hutnictwa, natomiast metale rzadkie wymagają opracowania nowych metod. Jak to już wspomniano na początku, nowe telefony komórkowe zawierają więcej pierwiastków niż kiedykolwiek – niektóre w sumie ponad 60, dla porównania, w współczesnym przemyśle wykorzystuje się tylko około 85 różnych pierwiastków. Stąd łatwiej jest oddzielić metale ziem rzadkich z surowców naturalnych niż z telefonów komórkowych. Aby proces był efektywny, muszą powstać nowe technologie recyklingu oparte na selektywnej ekstrakcji. Niezbędnym warunkiem podnoszenia efektywności ekonomicznej recyklingu jest wdrożenie działań badawczych i rozwojowych, obejmujących opracowanie nowych innowacyjnych metod i technologii wykorzystujących nowoczesne maszyny i urządzenia.

Rozwojowi innowacyjnej gospodarki recyklingu elektroodpadów będą sprzyjać:

- wymagany w UE recykling odpadów komunalnych na poziomie 65% do 2030 r,
- redukcja składowania odpadów do maksymalnie 10% do 2030 r.
- całkowity zakaz składowania segregowanych odpadów a więc odzysk i recykling
- fundusze UE na lata 2014 – 2020 dla przedsiębiorców.

W styczniu 2012 r. Parlament Europejski zaakceptował zaproponowaną już w 2008 r. przez Komii-

ję Europejską zmianę przepisów. Minimalny poziom zbierania podniesiono do 10 kg w 2021 r. Polska wynegocjowała, że w 2016 r. zbierzemy co najmniej 40% masy wprowadzonego sprzętu, czyli ok. 5,8 kg/mieszkańca. A od 2021 r. – 65% masy wprowadzonego lub 85% masy powstającego zużytego sprzętu, czyli ok. 11 kg. Wymagane poziomy zbiórki, wytworzą strumienie surowca do zagospodarowania i recyklingu metali. To szansa dla branży recyklingowej opartej w znacznej mierze o MŚP.

W Polsce występuje „pozorny” niedobór zaawansowanych technologicznie i innowacyjnych badań w zakresie recyklingu i odzysku materiałowego w obszarze ZSEE. Przyczyną jest brak odpowiedniego finansowania. Skutkiem tego jest brak innowacyjnych technologii i instalacji, a te znajdujące się na polskim rynku są z reguły pochodzenia zagranicznego i są bardzo drogie, co przy braku funduszy, zamyka drogę rozwoju dla firm przetwarzających odpady ZSEE.

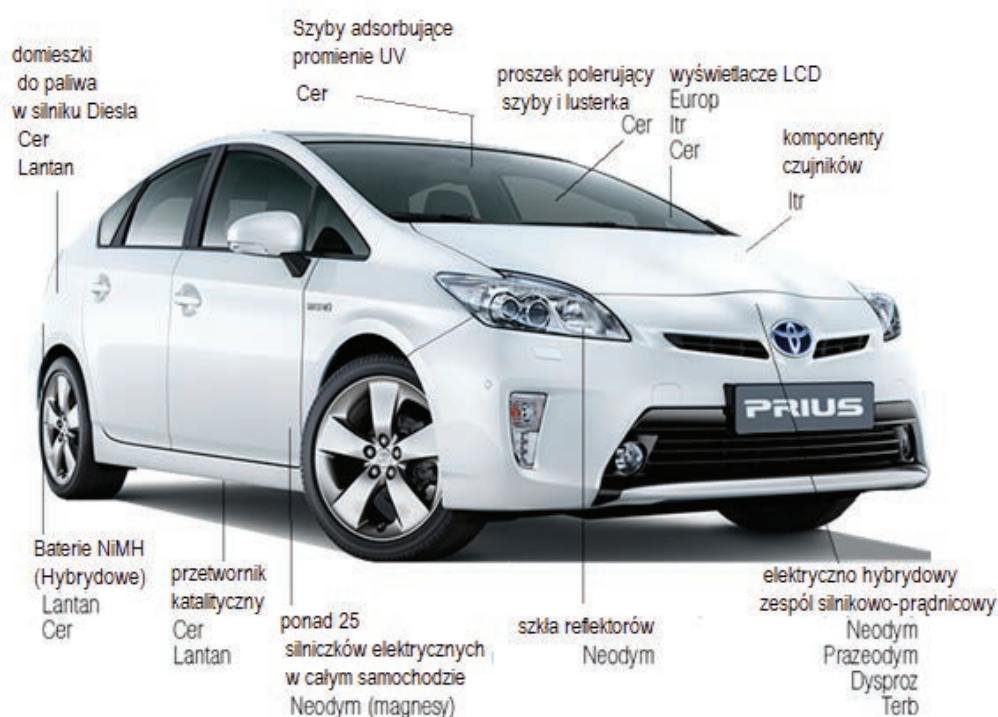
Wprowadzone w 2015 r. zmiany legislacyjne (Ustawa z dnia 11 września 2015 r. o zmianie ustawy o zużytym sprzęcie elektrycznym i elektronicznym oraz o zmianie niektórych innych ustaw), nie spowodowały naprawy systemu gospodarki ZSEE. Trzy miesiące po wejściu w życie nowych przepisów o ZSEE, temat ponownie powrócił do sejmu. Od wejścia w życie ustawy, przyszłość branży, której trzon tworzy 13,5 tys. mikro i małych polskich firm stanęła pod wielkim znakiem zapytania, „co dalej?”.

Nowe przepisy prowadzą do jej upadku, a w konsekwencji do likwidacji tysięcy miejsc pracy oraz redukcji wpływów do budżetu państwa m.in. tytułem podatków. Ponadto, z każdym dniem rośnie ryzyko nałożenia na Polskę wielomilionowych kar, z tytułu niezrealizowania nałożonych poziomów zbiórki, przetworzenia i recyklingu elektroodpadów. Polski system prawny dotyczący ZSEE, będący implementacją prawa europejskiego (Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/19/UE z dnia 4 lipca 2012 r., w sprawie



Rys. 8. ZSEE jako nowe wyzwanie dla recyklingu.

Fig. 8. WEEE as a new challenge for recycling



Rys. 7. Toyota Prius - zastosowanie metali ziem rzadkich [9].

Fig. 7. Toyota Prius - use of rare earth metals [9].

zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego), opiera się na rozszerzonej odpowiedzialności wprowadzającego tj. producenta i importera. Trudno jednak mówić o odpowiedzialności producenta za system, kiedy za zbiórkę, transport, przetwarzanie i recykling 1 kg elektroodpadów producent płaci pośrednikowi – organizacji odzysku - średnio 7 groszy (jeszcze w 2008 r. było to 90 groszy), a realny koszt przerobu 1 kg elektroodpadów wynosi na chwilę obecną aż 97 groszy.

Trendy te trafnie opisuje rys. 9 i jak widać z tej ilustracji graficznej, w roku 2016 koszty ponoszone przez wprowadzających nie osiągną nawet 50% prognozowanych. W latach 2009–2016 łączne „oszczędności” wprowadzających osiągną 150 mln zł. Przyczyną takiego stanu rzeczy jest nieustanna walka rynkowa pomiędzy organizacjami odzysku, które z roku na rok obniżają stawki dla wprowadzających.

Dodatkowo niektóre organizacje odzysku dalej stosują niezgodne z prawem praktyki przerzucania na zakłady przetwarzania ZSEE opłat karnych za nieosiągnięcie poziomu zbiórki, których wysokość jest pozbawiona racjonalności i logiki w porównaniu do kar groźących wprowadzającym za ich niedotrzymanie.

Regulatorem procesów gospodarczych związanych z finansowaniem jest tzw. „wolny rynek”. W efekcie nabywca usług – producent (importer) SEE oraz pośrednik – organizacja odzysku, nie są zainteresowani, jakością usług, a wyłącznie najniższą ceną. Konsument, podmiot faktycznie ponoszący koszty KGO (koszty gospodarki odpadem), nie ma świadomości o swoim udziale w systemie finansowania ZSEE. Pośrednik – Organizacja Odzysku, działająca, jako spółka akcyjna, mimo zdefiniowanego ustawowo zakresu działalności, ukierunkowana jest na osiągnięcie zysków i wypłatę dy-

Tabela 2. Zastosowanie metali nieżelaznych w wyprodukowanym sprzęcie elektrycznym i elektronicznym (SEE) – 2012r.

Table 2. The use of non-ferrous metals in produced electrical and electronic equipment (WEEE) - 2012.

Metal	Globalna produkcja w tonach	Zużycie w urządzeniach SEE w tonach	Zużycie w SEE /produkcja	Cena metalu w USD/kg	Wartość metalu w SEE w mld USD
Srebro	22 200	7 554	34%	649	4.90
Złoto	2 500	327	13%	39 443	12.90
Pallad	229	44	19%	16 948	0.74
Platyna	188	7	4%	51 811	0.37
Ruten	29	21	72%	5 069	0.11
Miedź	16 200 000	7 174 000	44%	8	54.08
Cyna	261 000	129 708	50%	20	2.65
Antymon	135 000	67 500	50%	9	0.61
Kobalt	88 000	16 470	19%	45	0.75
Bismut	7 600	1 216	16%	20	0.02
Selen	2 260	185	8%	82	0.02
Ind	574	717	125%	566	0.41
				SUMA	77.56

widendy dla akcjonariuszy. Natomiast zakład przetwarzania – podmiot odpowiedzialny za fizyczny proces przetworzenia ZSEE, ponosi z tego tytułu koszty, nie otrzymując w zamian stosownego wynagrodzenia za wykonywane usługi. W systemie, w którym decydują ceny, warunki rynkowe, zyski i straty, bodźce i korzyści, mamy wyłącznie nieprawidłowości i patologie. Istnieje potrzeba natychmiastowych zmian legislacyjnych dla naprawy działania systemu recyklingu ZSEE. Jednym z rozwiązań naprawczych jest postulowane wprowadzenie ustawowego mechanizmu regulującego przepływ środków finansowych pozyskanych od wprowadzających SEE przez organizacje odzysku ZSEE, a mianowicie 90% na finansowanie zbiórki, przetwarzania i recyklingu ZSEE, 5% na działalność operacyjną organizacji odzysku oraz obsługę administracyjną obowiązków wprowadzających, z którymi organizacja zawarła umowę, oraz 5% na edukację ekologiczną.

Podsumowanie

Optymistyczną nutą na koniec jest fakt, iż istnieje duży potencjał naukowy i badawczo-rozwojowy pol-

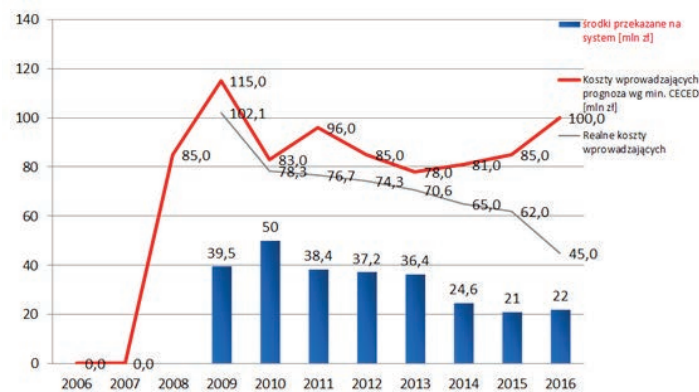
skich uczelni do tworzenia innowacyjnej gospodarki recyklingu elektroodpadów - szczególnie na silnie związanej z hutnictwem AGH. Opracowane przez naukowców, polskie technologie w tym obszarze mogą stać się „towarem eksportowym”. Badania w takim kierunku są m.in. rozwijane na wydziale Metali Nieżelaznych AGH. W recyklingu metali specjalizuje się Katedra Fizykochemii i Metalurgii Metali Nieżelaznych. Od kilkunastu już lat prowadzi się w niej intensywne badania nad recyklingiem metali nieżelaznych z różnych źródeł; zarówno z odpadów przemysłowych jak i pokonsumpcyjnych. Prace dotyczą metali takich jak: Cu, Al, Zn, Pb, Mo, Ta, Au, Ag, Ni, PGM oraz metali rzadkich czy krytycznych (Co, Ge, In, Sc, La, Ce, Nd, Nb, In). W dobrze wyposażonych laboratoriach katedry opracowywane są metody piro i hydrometalurgicznej ekstrakcji dla celów recyklingu metali z odpadów pochodzących z różnych dziedzin zastosowania.

Obecnie nauka jest „skazana” na współpracę z przedsiębiorcami, ponieważ zmienił się system finansowania projektów, teraz to przedsiębiorstwa zgłaszają projekty i zapraszają po uzyskaniu finansowania,



Rys.8. Główne światowe miejsca przerobu ZSEE [10].

Fig. 8. The world's major processing sites for WEEE [10].



Rys. 9. Środki przekazane na system recyklingu ZSEE a koszty wprowadzającego SEE na rynek [11].

Fig. 9. Funds transferred to the WEEE recycling system and the costs of introducing WEEE to the market [11].

jednostki naukowo badawcze i badawczo rozwojowe do współpracy. Może to dać bardzo dobre rezultaty w postaci dopracowania pod kątem innowacyjności już istniejących wyników badań, jak i powstanie nowych innowacyjnych technologii. Pojawia się również nowa szansa „zastrzyku” finansowego, ponieważ na rozwój

innowacji, badań i wzrost konkurencyjności polskich przedsiębiorców reprezentujących głównie sektor MSP, przeznaczonych zostało chociażby z funduszy unijnych na lata 2014–2020 aż 82,5 mld euro co stwarza nowe możliwości i szanse rozwoju.

Literatura

1. Critical Metals and Mobile Devices, Working Document, OECD Environment Directorate, OECD
2. The evolution of the mobile phone, Posted on September 17, 2012, www.inet.net.au/history-mobile/
3. B. J. Skinner: Exploring the resource base. Keynote talk presented at the workshop on “The Long-Run Availability of Minerals,” sponsored jointly by Resources for the Future (RFF) and the Mining, Minerals and Sustainable Development Project (MMSD). The workshop was held at RFF, Washington, DC, April 22-23, 2001.
4. Reducing the EU’s dependency on raw materials: European Innovation Partnership launched, European Commission MEMO, Brussels, 12 February 2013
5. Bureau of International Recycling: <http://www.bir.org/publications/publications-overview/>
6. CRU Report Copper, <https://www.crugroup.com/>
7. K. Poznański: Znaczenie Branży recyklingu metali nieżelaznych dla polskiej gospodarki Prezentacja IGMNiR, Komisja Gospodarki Narodowej, Senat Rzeczypospolitej Polskiej, Warszawa, 13 grudnia 2012
8. Recycling Magazine, <https://www.recycling-magazine.com/?s=Recycling+Magazine+%2C+IX+2012> (2012)
9. Metale Ziemi Rzadkich, strategiczne surowce w rękach Chin, New Times News <https://new-timesnews.pl/metale-ziem-rzadkich-strategiczne-surowce-w-rekach-chin/2/>, 2014-06-11
10. Moving Mountains- e-waste review, China Water Risk July 11, 2013, <http://chinawaterrisk.org/resources/analysis-reviews/electronic-waste-moving-mountains/informacje-z-Krajowego-Kluczowego-Klastra-Gospodarki-Odpadowej-i-Recyklingu>.
11. J. Hłosta, D. Zurovec, M. Kratochvil, J. Botula, J. Zegzulka, 2017 – Procesy sortowania elektroodpadów (WEEE) oraz separacja drutów miedzianych za pomocą modelowania DEM, Inżynieria Mineralna z. 1(39), Wyd. Polskiego Towarzystwa Przeróbki Kopalni, Kraków, s. 159–164.
12. A. Jaroński, S. Żelazny, M. Cholewa, 2016 – Źródła i możliwości uzyskiwania surowców mineralnych w Polsce, Inżynieria Mineralna z. 1(37), Wyd. Polskiego Towarzystwa Przeróbki Kopalni, Kraków, s. 233–240.

Processing of Non-Ferrous Metals Secondary Raw Materials in Poland – Trends, Opportunities and Threats

The basic challenges facing modern metallurgy are: shrinking resources of natural resources (ores) and deterioration of their quality, increased demand for metals as still the best and most common construction materials, concentration of mining and metallurgical production in countries with rich deposits leading to monopolization of the market supply, declining production profitability and environmental restrictions on waste emissions.

The solution of the problems of metallurgy may be the introduction and intensification of metal economy in a closed circuit (so-called circular economy), requiring the introduction of recycling / processing of secondary metals.

The principle of recycling is to maximize the re-use of the metals, taking into account the minimization of outlays for their processing, which protects natural resources, both for their production and used for their subsequent processing.

Metal recycling takes place in two areas: during the production of goods (production waste) and the subsequent deposition of waste (post-consumer and post-consumer waste).

In order for the recycling system to function properly, there must be cooperation between the state policy (protection of the market of secondary raw materials), producers of products (eco-design), recycling enterprises (collecting and processing) and environmentally friendly habits of the society (education). The article discusses the main problems faced by the domestic market for recycling non-ferrous metals from secondary raw materials.

Keywords: non-ferrous metals, processing, metal recycling