

# Recykling metali żelaznych i nieżelaznych pozyskanych z demontażu pojazdów wycofanych z eksploatacji

Krzysztof Rećko

## Streszczenie

*W artykule przedstawiono znaczenie recyklingu metali żelaznych i nieżelaznych pochodzących z demontażu pojazdów wycofanych z eksploatacji. Omówiono metody zagospodarowania złomów metali z uwzględnieniem technologii stosowanych w przemyśle hutniczym.*

**Słowa kluczowe:** recykling metali, złom, demontaż pojazdów.

## Wstęp

Pojazdy wycofane z eksploatacji (PWE) stanowią grupę odpadów, która ze względu na ilości występowania, swój charakter tj. rodzaj poszczególnych materiałów wchodzących w skład budowy pojazdów, stanowią źródło surowców wtórnych, które przy dobraniu odpowiednich metod recyklingu można odzyskać i ponownie wykorzystać w różnych gałęziach przemysłu. Efektywny recykling surowców wtórnych zawartych w PWE można osiągnąć poprzez właściwy i pełny demontaż pojazdów, maksymalny odzysk materiałów, ich segregowanie i przekazywanie do wyspecjalizowanych przedsiębiorstw posiadających stosowne zezwolenia w zakresie gospodarowania odpadami.

Masę pojazdu wycofanego z eksploatacji w około 80 – 85% stanowią materiały przeznaczone do recyklingu. Największy udział w masie pojazdu posiadają metale i ich stopy, gdzie udział stali pod względem ekonomicznym jest wyższy nad innymi materiałami takimi jak aluminium czy tworzywa sztuczne. Przykładową strukturę budowy pojazdu z uwzględnieniem średniego udziału materiałowego wchodzącego w skład całkowitej masy pojazdu można przedstawić w następujący sposób:

- Metale w tym:
  - stal 50 – 65%;
  - żeliwo 2 -11%;
  - aluminium 5 -14%;
  - Cu, Zn, Pb, inne ok. 1%;
- Polimery 11 -16%;
- Guma 3 -5%;
- Szkło 2 -3%;
- Inne 3 -8%.

Na stacji demontażu PWE złom metali odzyskiwany jest w wyniku demontażu, głównie ręcznego, części nienadających się do sprzedaży i właśnie kierowanych do odzysku metali oraz w wyniku strzępienia, gdzie złom poddawany procesom jednostkowym zostaje podzielony na frakcję magnetyczną – stal, frakcję niemagnetyczną – aluminium, miedź, cynk oraz odpady niemetaliczne.

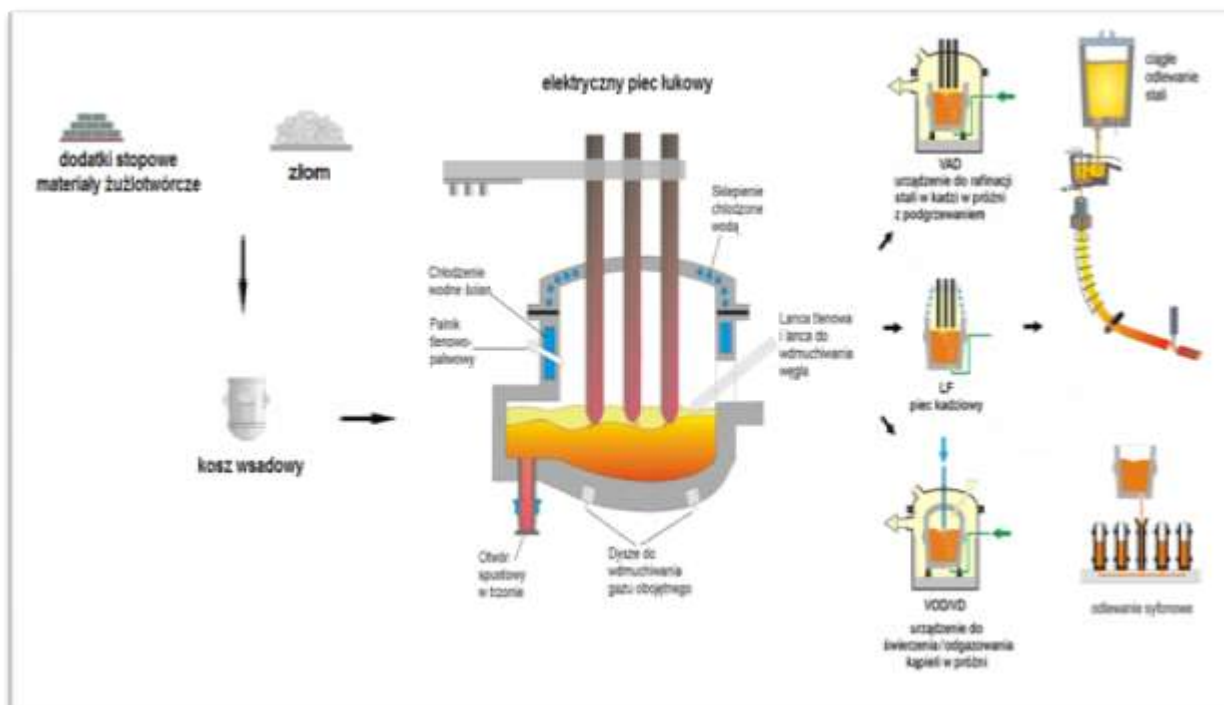
## 1. Złom stali

Stal jest powszechnie wykorzystywana w konstrukcji pojazdów i stanowi zdecydowanie największy udział masy pojazdu ok. 780 kg na 1100 kg całkowitej masy. Stale stosowane przy konstrukcji pojazdów to przede wszystkim: stale nośne nadwozi starszych modeli pojazdów oraz stale o podwyższonej wytrzymałości i energochłonne stosowane na struktury nośne nowoczesnych samochodów.

Złom stalowy pochodzący z demontażu pojazdów wycofanych z eksploatacji w całości nadaje się do odzysku i stanowi ważny składnik wsadu dla hut i odlewni. Jednym z przykładów recyklingu surowcowego w piecach hutniczych złomu stalowego z PWE są stalownie, które wytwarzają stal w procesie elektrycznym realizowanym w piecach łukowych. Proces wytapiania stali w łukowym piecu elektrycznym prowadzony jest w oparciu o główny składnik, który stanowi złom stalowy poamortyzacyjny i obiegowy z poszczególnych wydziałów hut. Stosowanie procesu elektrycznego realizowanego z wykorzystaniem złomu stalowego do produkcji stali jest metodą znacznie mniej energochłonną w porównaniu z procesem wytapiania stali w hutach zintegrowanych, gdzie wytwarza się surówkę żelaza w wielkich piecach i przerabia na stal w konwertorach tlenowych. Metoda wytwarzania stali w procesie elektrycznym z wykorzystaniem złomu stalowego obejmuje:

- etap roztopienia wsadu i świeżenia (utleniania domieszek) kąpieli metalowej;
- etap pozapiecowej obróbki stali – rafinacja i wykańczanie końcowej regulacji składu;
- odlewanie stali metodą ciągłą [1].

Schemat procesu produkcji stali w łukowym piecu elektrycznym z wykorzystaniem złomu stalowego przedstawia rysunek 1.



Rys. 1 Schemat procesu elektrycznej produkcji stali z wykorzystaniem złomu stalowego [1]

Wsad, który do produkcji stali stanowi złom stalowy oraz inne materiały wykorzystywane w procesie tj. materiały żuźłoworcze, nawęglacze, odtleniacze czy spiekacze, ładowany jest do koszy, których ilość zależy od jakości złomu (gęstości nasypowej). Następnie po odsunięciu na bok sklepienia z elektrodami następuje załadunek wsadu do pieca. Po załadunku pierwszego kosza piec zamykany jest sklepieniem, a elektrody opuszczane są w celu zainicjowania pracy łuku. Wsad metalowy nagrzewany jest łukami elektrycznymi tworzonymi przez trójfazowy prąd zmienny, między nagrzewanym metalem, a trzema elektrodami rozmieszczonymi nad tym metalem. Dodatkowo energia cieplna dostarczana jest w wyniku pracy palników paliwowo – tlenowych, które umieszczone w ściankach pieca i w oknie, pozwalają na roztopienie wsadu w tzw. zimnych miejscach. Gdy elektrody całkowicie zagłębią się w złomie moc prądu zwiększa się i po roztopieniu pierwszego kosza wsadu ładuje się kolejny. Świeżenie kąpieli metalowej rozpoczyna się po roztopieniu części wsadu i kontynuuje po roztopieniu całego złomu do momentu uzyskania zawartości węgla w stali. Do utleniania węgla i innych niepożądanych domieszek zwykle stosuje się tlen gazowy wdmuchiwany za pomocą lancy. Wdmuchiwanie tlenu powoduje także utlenianie tlenku żelaza i wzrost temperatury kąpieli metalowej. Tlenki żelaza przechodzące do żuźła można ponownie zredukować do metalicznego żelaza w wyniku wdmuchiwania węgla. Utworzony CO i CO<sub>2</sub> powodują spienienie żuźła, który zakrywa końce elektrod i zwiększa efektywność grzania łukiem. Praca łukiem zakrytym oraz chłodzenie ścian pieca wodą pozwalają ograniczyć zużycie materiałów ogniotrwałych, natomiast wprowadzenie gazu obojętnego przez dysze umieszczone w trzonie pieca powoduje mieszanie kąpieli, a to z kolei intensyfikuje przebieg reakcji

metalurgicznych, sprzyjając jednoczesnemu ujednorodnieniu temperatury kąpieli.

Ciekła stal spuszczana jest z pieca do kadzi przez rynnę spustową albo otwór spustowy w trzonie pieca, natomiast ściąganie żuźła z powierzchni kąpieli metalowej następuje albo samoistnie na skutek spienienia pod koniec okresu roztopiania wsadu i przez cały okres śnieżenia lub jeśli jest potrzeba w trakcie procesu rafinacji przez otwór znajdujący się w piecu po przeciwnej stronie do rynny spustowej.

Proces wykańczania stali prowadzony jest na stanowisku do obróbki ciekłej stali. Podstawowe zabiegi obróbki pozapiecowej stali nadają jej cech jakościowych poprzez: uzupełnienie składu chemicznego, oczyszczanie z wtrąceń niemetalicznych, regulacji temperatury stali, odtlenianie i odsiarczanie stali oraz obniżenie zawartości gazów w stali.

Ostatnim procesem technologicznym produkcji stali jest jej odlewanie. Proces ciągłego odlewania stali (COS) polega na zasilaniu kontrolowaną ilością ciekłej stali, schłodzonego wodą miedzianego krystalizatora o odpowiednim przekroju poprzecznym. W procesie ciągłego odlewania stali otrzymuje się półprodukty o różnych przekrojach, a dobrze dobrane parametry procesu odlewania ciągłego pozbawiają je wad powierzchniowych i wewnętrznych. Metoda ciągłego odlewania stali gwarantuje największą wydajność, niskie koszty i wysoką jakość stali [1, 2].

## 2. Złom aluminium

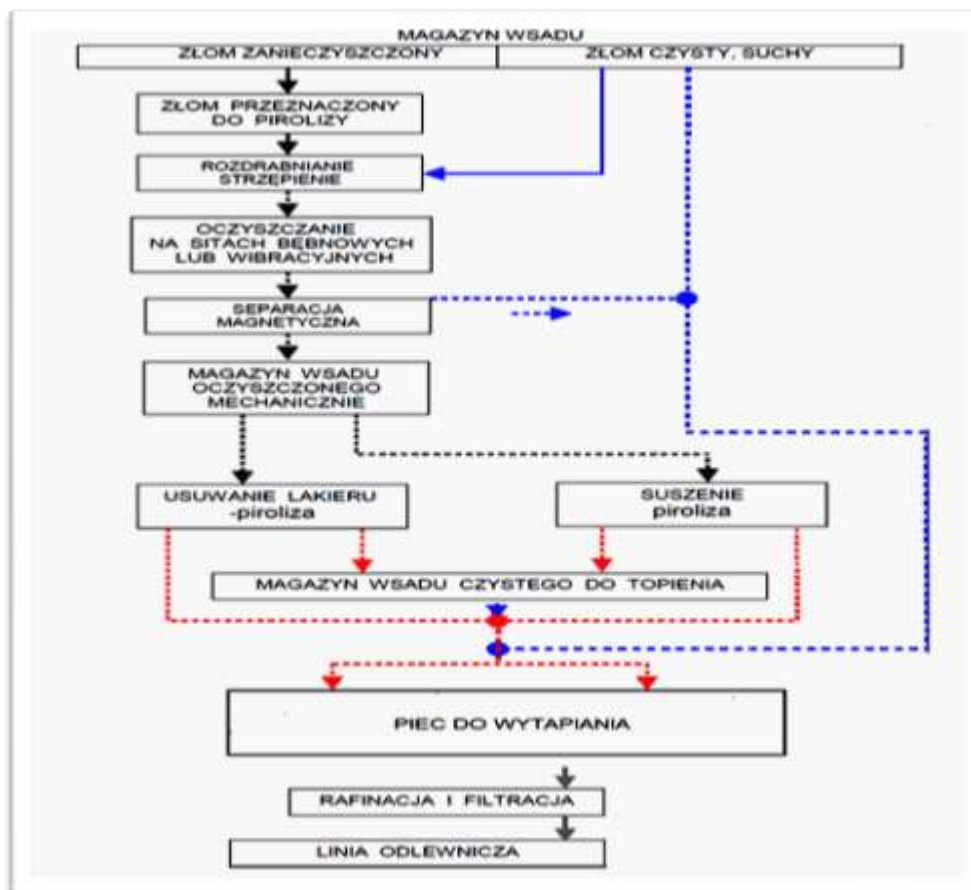
Aluminium jest coraz częściej stosowanym metalem nieżelaznym w przemyśle motoryzacyjnym ze względu na dużą wytrzymałość i jednocześnie dość małą masę właściwą, co pozwala obniżyć masę pojazdu i w konsekwencji zmniejszyć spalanie paliwa i emisję CO<sub>2</sub>. W samochodach aluminium

znalazło zastosowanie przede wszystkim w elementach zawieszania (wahacze zawieszania), w układzie hamulcowym (np. zaciski i cylinderki hamulcowe), w układzie chłodzenia (np. chłodnice), w zespole napędowym (np. obudowa skrzyń biegów) i w częściach silnika (np. głowice oraz kadłub silnika).

Odzysk elementów aluminiowych przy demontażu pojazdów wycofanych z eksploatacji jest ważną kwestią ze względu na wysoką ich wartość, wiążącą się z dużą oszczędnością energii przy przetopie wtórnego aluminium, w porównaniu z produkcją aluminium z surowców naturalnych – boksytów. Podczas

demontażu PWE elementy i części zawierające w swej budowie aluminium są ręcznie wymontowywane, poddawane segregacji i klasyfikacji w celu odzysku tych, które nadają się do ponownego użycia jako części zamienne i tych z przeznaczeniem do odzysku metali [3].

Przykładem recyklingu surowcowego złomu aluminiowego z demontażu PWE jest jego przetop w instalacji do produkcji aluminium z surowców wtórnych. Schemat procesu produkcji aluminium z surowców wtórnych przedstawia rysunek 2.



Rys. 2 Schemat procesu produkcji aluminium z wykorzystaniem złomu aluminiowego [4]

W procesie produkcji aluminium lub jego stopów ze złomu aluminiowego można wyodrębnić cztery podstawowe etapy:

- mechaniczne przygotowanie złomu;
- termiczne usuwanie powłok lakierowanych i zanieczyszczeń organicznych;
- topienie wraz z korektą składu chemicznego;
- rafinacja i odlewanie.

Typowym źródłem złomu aluminiowego wykorzystywanego do produkcji aluminium wtórnego oprócz przemysłu motoryzacyjnego

jest również złom technologiczny, zużyte puszkarki aluminiowe po napojach, folie, wyroby wyciskane, wióry i inne odpady z obróbki skrawaniem oraz użytkowe wyroby walcowane oraz odlewy. Taka różnorodność materiałów wsadowych wpływa na ich zwiększone zanieczyszczenie zarówno substancjami metalicznymi, jak i organicznymi (powłoki lakierowane, oleje, smary, itp.).

Mechaniczne przygotowanie złomu aluminiowego polega na zastosowaniu procesu strzępienia pozwalającego na uzyskanie materiału w postaci płatków lub poprzez rozdrabnianie w celu uzyskania cząstek o nieregularnym kształcie i szerokości. W trakcie procesu strzępienia lub rozdrabniania następuje równocześnie przesiewanie realizowane za pomocą sit obrotowych lub stołów wibracyjnych, którego celem jest odsiew piasku i innych zanieczyszczeń stałych. Tak wstępnie przygotowany złom poddawany jest separacji magnetycznej pozwalającej na usunięcie do 80% zanieczyszczeń zawierających żelazo.

Złom aluminiowy zanieczyszczony lakierami czy tworzywami sztucznymi lub wilgotny poddaje się natomiast obróbce termicznej w piecach obrotowych o niskich temperaturach do odparowania wody i oleju. Proces topienia mechanicznie przygotowanego złomu aluminiowego może być prowadzony nie tylko w piecach obrotowych, ale także

indukcyjnych. W procesie przetopu złomu stosowane są tzw. topniki zapobiegające utlenianiu i absorbujące zanieczyszczenia. Ciekły metal powstały w wyniku przetapiania złomu aluminiowego poddawany jest korekcie składu chemicznego poprzez wprowadzenie odpowiednich dodatków stopowych w postaci czystych składników.

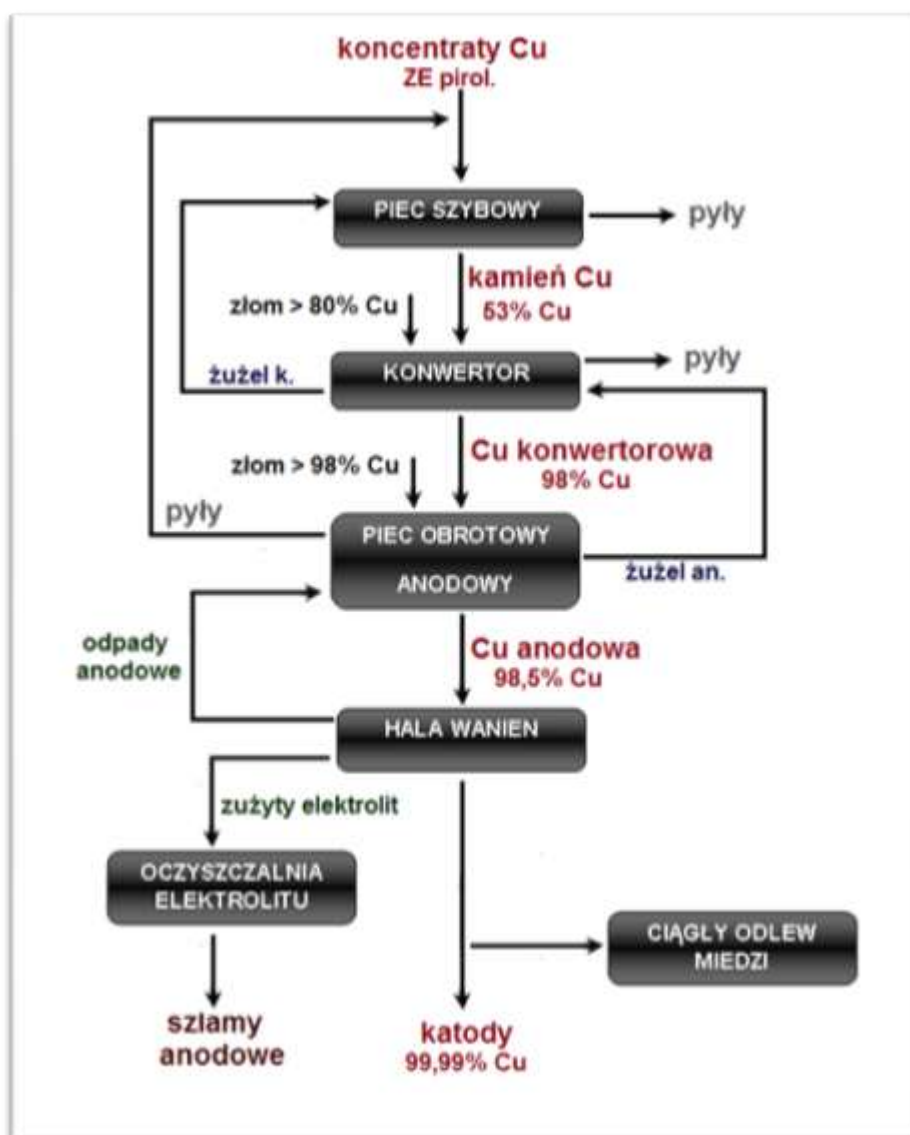
Ponieważ ciekły metal z przetopu złomu jest naturalnie zgazowany ostatnim etapem jego obróbki jest proces rafinacji. Do tego celu służą urządzenia do przedmuchiwania ciekłego metalu gazem obojętnym – argonem lub azotem. Proces obróbki ciekłego metalu kończy się jego filtracją, a następnie odlewa się go do form [4,5].

### 3. Złom miedzi

Miedź w przemyśle motoryzacyjnym wykorzystywana jest nie tylko do produkcji przewodów elektrycznych, ale ze względu na dobre własności mechaniczne oraz przewodność jest surowcem, które znalazło zastosowanie w uzwojeniach

alternatorów, rozruszników, cewek zapłonowych, elektrycznych pomp paliwa, itp. Odzyskany w wyniku demontażu pojazdów wycofanych z eksploatacji złom miedzi można przerabiać w instalacji do przetopu koncentratów miedzi. Obecnie w Polsce nie prowadzi się wytopu miedzi wyłącznie z surowców wtórnych, lecz stanowią one dodatek do standardowych wsadów. Ponieważ są one najczęściej o charakterze metalicznym wymagają topienia w atmosferze redukcji.

Złom miedzi można przerabiać w procesie konwertorownia kamienia miedziowego i jako dodatek wprowadzany jest w drugiej fazie tego procesu – tzw. świeżenia kamienia miedziowego. Nadmiar ciepła wytwarzany w drugim okresie konwertorownia wykorzystywany jest właśnie do topienia złomu miedzi. Złom miedzi najwyższej jakości – czystości najczęściej kierowany jest do procesu rafinacji ogniowej, która prowadzona jest w piecach anodowych [4]. Schemat procesu produkcji miedzi z wykorzystaniem złomu miedzi jako dodatku przedstawia rysunek 3.



Rys. 3 Schemat procesu produkcji miedzi w HM LEGNICA [5]

Złom miedzi wprowadzany do produkcji miedzi w hutach w konwertorowaniu lub rafinacji poddawany jest dalej standardowej technologii produkcji miedzi z surowców pierwotnych. W procesie konwertorownia w atmosferze utleniającej spalane są zanieczyszczenia organiczne, a metale lotne odpędzane są do pyłów. Inne zanieczyszczenia takie jak żelazo przeprowadza się do żużla. W efekcie procesu konwertorownia kamienia miedziowego z dodatkiem złomu miedzi powstaje miedź konwertorowa (miedź blister), która wraz z dodatkiem czystszej złomu miedzi kierowana jest do procesu rafinacji. Podczas procesu rafinacji w piecach anodowych zostają usunięte pozostałe zanieczyszczenia. Odlane anody poddawane są następnie elektrofiltrach, w wyniku której miedź anodowa rozpuszcza się w elektrolicie i pod wpływem prądu stałego osadza się na podkładach katodowych, tworząc produkt końcowy miedź katodową o zawartości 99,99% Cu [4,6].

## Podsumowanie

Przemysł motoryzacyjny jest największym rynkiem dla stali i żelaza, ale również aluminium i innych metali nieżelaznych i niewątpliwie fakt ten stawia stacje demontażu pojazdów wycofanych z eksploatacji jako największych dostawców złomu tych metali. Demontaż pojazdów wycofanych z eksploatacji pozwala na pozyskanie złomu metali, które jako surowce wtórne z odzysku mogą być łatwo poddawane dalszemu zagospodarowaniu.

Złom stalowy pochodzący z demontażu pojazdów wycofanych z eksploatacji kierowany jest do hut, gdzie w całości nadaje się do przetopienia, i z którego produkowane są gotowe produkty lub stanowi materiał do wytwarzania półproduktów. W ten sposób w procesie produkcji stali ze złomu w elektrycznych piecach łukowych zużywa się tylko połowę energii w porównaniu do produkcji opartej na przetapianiu rudy. Sytuacja podobnie kształtuje się w odniesieniu do złomu aluminium

pochodzącego z demontażu PWE. Powtórne stopienie złomu i wytworzenie z niego gotowych produktów pozwala na oszczędności ok. 95% energii jaka potrzebna jest do produkcji materiałów aluminiowych z surowca pierwotnego – boksytu.

Recykling metali jest opłacalny nie tylko ze względów ekonomicznych mających na uwadze wzrost produkcji oraz ograniczenie wzrostu cen produktu, gdyż odzyskany surowiec wtórny do ponownego wykorzystania wymaga mniejszych nakładów finansowych. Recykling metali odgrywa bardzo istotną rolę również ze względu na ochronę środowiska, ponieważ poprzez wzrost zagospodarowania złomu metali zmniejsza się ich negatywny wpływ na środowisko naturalne i zagrożenia wynikające z ich składowania, zmniejszają się nakłady energii oraz emisja zanieczyszczeń podczas procesu odzysku oraz przyczynia się do racjonalnego gospodarowania nieodnawialnymi lub trudno odnawialnymi źródłami surowców naturalnych.

## Bibliografia

1. Niestara M.: *Wytyczne dla produkcji stali stalownie elektryczne z odlewaniem stali*. Najlepsze Dostępne Techniki (BAT), Ministerstwo Środowiska, Warszawa (2005).
2. Lis T.: *Współczesne metody otrzymywania stali*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice (2000).
3. Osiński J.: *Wybrane zagadnienia z recyklingu samochodów*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa (2006).
4. Chmielarz A., Wężyk W., Kamiński K., Bratek Ł.: *Wytyczne dla produkcji i przetwórstwa metali nieżelaznych*. Najlepsze Dostępne Techniki (BAT), Ministerstwo Środowiska, Warszawa (2007).
5. Guzicki S., Czernecki J., Śmieszek Z.: *Metody przerobu złomów miedziowych*. Rudy Metale, R 58, nr 3 (2013).
6. Kucharski M.: *Recykling metali nieżelaznych*. Wydawnictwo AGH, Kraków (2010).

## Recycling of ferrous and non-ferrous metals from dismantling of exploited vehicles

### Abstract

The article presents the advantages of recycling of ferrous and non-ferrous metals generated during dismantling of exploited vehicles. It presents the methods of metal scrap management used in metallurgical industry.

**Key words:** metal recycling, scrap, dismantling vehicles.

### Autorzy:

Dr inż. **Krzysztof Rećko** – Politechnika Częstochowska