

Nowoczesne metody recyklingu w przemyśle metalurgicznym

M. Maj^{a*}, B. Kalandyk^b, R. Zapala^b

^a Katedra Inżynierii Procesów Odlewniczych, ^b Katedra Inżynierii Stopów i Kompozytów Odlewanych, Wydział Odlewnictwa AGH, ul. Reymonta 23, 30-059 Kraków, Polska

*Kontakt korespondencyjny: e-mail: mmaj@agh.edu.pl

Streszczenie

Problem zanieczyszczenia środowiska na skutek wzmożonej działalności przemysłowej jest przedmiotem uwagi w kraju i w całym świecie. Możliwości odzysku i recyklingu odpadów w różnych sektorach gospodarki są wielorakie, a konkretne metody – rozszerzane i udoskonalane, w zależności od tego jakiego pochodzenia są te odpady. W niniejszej pracy skupiono się przede wszystkim na charakterystyce odpadów i recyklingu w obszarze przemysłu metalurgicznego.

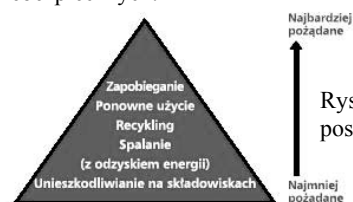
Słowa kluczowe: Recykling; Hutnictwo; Odpady z tworzyw sztucznych

1. Wprowadzenie

W sumarycznym zużyciu metali udział stali wynosi ponad 92%. W 2008 r. produkcja stali na świecie przekroczyła 1,3 mld ton, a odlewów ze stopów żelaza 78,8 mln ton metrycznych [1]. Stąd też hutnictwo należy do dziedzin gospodarki, które generują najwięcej produktów ubocznych. W przypadku przemysłu metalurgicznego są to m.in. pyły i szlamy, żużle, zgary, odpady materiałów ogniotrwałych.

W UE za pierwszoplanowe działanie uznaje się zapobieganie powstawaniu odpadów i ograniczanie ich ilości (rys. 1). Drugie miejsce w hierarchii działań zajmuje wprowadzenie w szerokim zakresie odzysku i recyklingu odpadów. Jak wynika z dyrektywy UE w sprawie odpadów (2008/98/WE z 19 XI 2008 r.) recykling i inne metody odzysku powinny być traktowane priorytetowo w ramach unieszkodliwiania odpadów. Niespełnienie unijnych dyrektyw w tym zakresie może w najbliższym czasie skutkować wysokimi karami nałożonymi przez UE. Na samym końcu zezwala się na unieszkodliwienie odpadów w bezpieczny dla środowiska sposób np. na składowanie lub spalanie. Ciągłe zwiększający się strumień odpadów stawia większe wymagania twórcom metod przetwarzania różnorodnych ich frakcji.

Pojęcie recyklingu zdefiniowano w dyrektywie szczegółowej (94/62/WE) wg której recykling to powtórne przetworzenie materiałów odpadowych w procesach produkcyjnych w celu uzyskania materiałów o przeznaczeniu pierwotnym lub o innym przeznaczeniu (w tym recykling ograniczony z wyjątkiem odzysku energii) [2]. W związku z tym recykling należy traktować jako jedną z form odzysku. Różnica pomiędzy odzyskiem a recyklingiem polega na tym, że w wyniku recyklingu otrzymujemy nowy produkt. Natomiast odzysk, traktowany jako szersze pojęcie, ma na celu przetwarzanie odpadów powstających w sektorze komunalnym i gospodarczym (m.in. w przemyśle hutniczym, metalurgicznym i odlewniczym) skutkujące jedynie zmianą ich charakteru lub składu (rekułtywacja, mieszanie). Odzysk obejmuje również przetwarzanie odpadów niebezpiecznych.



Rys. 1. Europejska hierarchia postępowania z odpadami [11]



Rys. 2. Podstawowe rodzaje odpadów powstających w hutnictwie żelaza i stali oraz w odlewnictwie stopów żelaza

Proces odzysku charakteryzuje to, że powstający w jego wyniku odpad służy do jakiegoś pożytecznego celu, zastępuje inne materiały, które by musiały zostać zużyte, dzięki czemu oszczędza się zasoby naturalne. Jest to zgodnie z Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z 19 XI 2008 r. w sprawie odpadów art 6, która mówi o utracie statusu odpadów. W wyniku przetwarzania odpadów w ZZO (zakłady zagospodarowania odpadów) otrzymujemy produkty i surowce a nie odpady. Na podkreślenie zasługuje fakt, że działalność ZZO nie polega wyłącznie na odbieraniu odpadów komunalnych, ale zapewnia także ich przetwarzanie (dyrektywa tym samym zamyka możliwość działania polegającego tylko na odbieraniu i składowaniu odpadów).

W zależności od własności odpadu rozróżnia się następujące formy recyklingu: surowcowy, materiałowy, produktowy, energetyczny i chemiczny [3]. Podstawowym celem tworzonych planów gospodarki odpadami są przede wszystkim działania zapewniające ochronę środowiska jako całości, przy wykorzystaniu obecnych i przyszłych możliwości technicznych, organizacyjnych i ekonomicznych z uwzględnieniem poziomu technicznego istniejącej infrastruktury [4].

W hutnictwie i przemyśle metalurgicznym korzyści jakie wynikają z wprowadzenia recyklingu odpadów obejmują:

- ograniczenie zużycia zasobów naturalnych,
- zmniejszenie terenów składowisk odpadów,
- zmniejszenie lub eliminacja kosztów związanych ze składowaniem odpadów,
- osiągnięcie korzyści ekonomicznych (np. wykorzystanie w technologiach odzyskowo-tlenowych złomu własnego odlewni).

Niezbędnym warunkiem podnoszenia efektywności ekonomicznej recyklingu jest wdrożenie działań badawczych i rozwojowych obejmujących opracowanie nowych metod i technologii wykorzystujących nowoczesne maszyny i urządzenia. Świadczą o tym chociażby pierwsze targi maszyn do recyklingu, które zostały zorganizowane w Karlsruhe w Niemczech w 2007 r. [5]. Producenci maszyn gwarantują znalezienie takiego rozwiązania,

które zapewnia wysoką efektywność i jakość produktu końcowego recyklingu. Należy pamiętać, że różne metody utylizacji odpadów skutkują odmiennymi efektami technicznymi, ekologicznymi i materiałowymi.

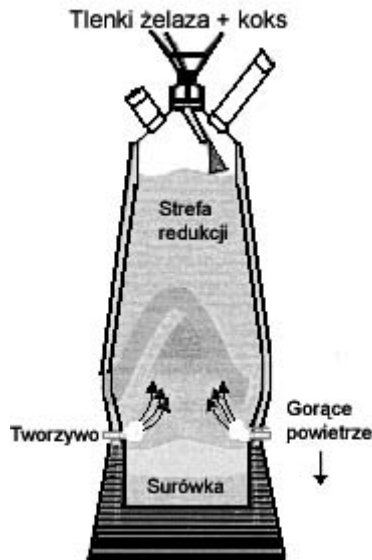
2. Odpady i metody recyklingu w obszarze przemysłu hutniczego

Na podstawie rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie katalogu odpadów (Dz. U Nr 112 z 2001 r.) do grupy odpadów termicznych (oznaczonych kodem „10”) należą między innymi odpady z hutnictwa żelaza i stali (kod „10 02”) oraz odpady z odlewnictwa stopów żelaza (kod „10 09”) [6]. Na rys. 2 przedstawiono podstawowe rodzaje odpadów należących do wyżej wymienionych podgrup [7].

W przemyśle hutniczym (metalurgicznym) największe znaczenie odgrywa recykling surowcowy i materiałowy. Wyroby stalowe i odlewy ze stopów żelaza podlegają prawie 100% recyklingowi. Niestety w grupie tworzyw sztucznych, które są uważane za drugi ważny materiał stosowany w gospodarce, problem odzysku (recyklingu) nie został do końca rozwiązany. Ponad 65% wszystkich metod odzysku stosowanych dla odpadów z tworzyw sztucznych (OTS) stanowi odzysk energii (np. w Danii i Szwajcarii). Nowoczesne technologie są kapitałochłonne dlatego szczególnie zainteresowanie budzi wykorzystanie OTS w eksploatowanych instalacjach przemysłowych jak: piece hutnicze, kotły energetyczne i piece cementowe [8].

W ostatnich latach piece hutnicze zostały wykorzystywane do zagospodarowania odpadów z tworzyw sztucznych (OTS) w tym: polietylenu (PE), polipropylenu (PP), politereftalanu etylu (PET), polichlorku winylu (PCV), polistyrenu (PS) (rys. 3). W Austrii (Voestalpine), Niemczech i Japonii powstały zintegrowane infrastruktury umożliwiające wykorzystanie odpadów sztucznych jako paliwa i czynnika redukującego w wielkim piecu. Odpady te są dostarczane w postaci granulatu (poniżej 10 mm) otrzymanego zarówno z przemysłowych oraz post-konsumenckich odpadów (opakowania, zużyty sprzęt elektryczny i elektroniczny). Granulat

ten jest transportowany rurociągami i podawany do pieca bezpośrednio poniżej strefy redukcji [9].



Rys. 3. Produkcja surowki w wielkim piecu z wykorzystaniem odpadów z tworzyw sztucznych [9]

Mankamentem technologicznym procesu jest ograniczenie obecności PCV ze względu na zawartość chloru do 0,5% w granulacie OTS. Do wyprodukowania 1000 t surowki należy zużyć: ok. 370 t koksu oraz 90 t ropy naftowej. W zależności od składu rudy żelaza i rodzaju procesu technologicznego owe 90 t ropy można częściowo zastąpić przez 70 t OTS. Dla producenta stanowi to oszczędność ok. 150 000 t ropy naftowej rocznie [9].

Zastosowanie 220 tys. ton odpadów z tworzyw sztucznych to: dodatkowe 880 000 m³ przestrzeni na składowisku, oszczędność ponad 10 mln GJ energii, co odpowiada zapotrzebowaniu na energię do ogrzewania i podgrzewania wody dla ponad 400 tys. ludzi, wreszcie oszczędność emisji ponad 400 tys. ton CO₂ rocznie oraz redukcja gazów takich jak SO₂ i pyłów. W ten sposób technologia spalania odpadów z tworzyw sztucznych wpisuje się w strategię oszczędzania surowców naturalnych [9].

Różnorodność źródeł wytwarzania odpadów hutnictwa żelaza i stali komplikuje wybór właściwej technologii ich utylizacji, a zwłaszcza wtórnego przerobu. Do procesów recyklingu zaliczamy:

- *Carbofer* (do recyklingu zaolejonej zendry walcowniczej i pyłów z elektrycznych pieców łukowych),
- *RMF (Recycling Melting Furnace)* – do przerobu pyłów),
- proces *SMS Demag* (do recyklingu szlamów, skrzepów, pyłów),
- *RedsMelt* (do recyklingu materiałów odpadowych ze stalowni produkujących stale nierdzewne oraz do recyklingu materiałów odpadowych zawierających większą ilość skały płonnej niż te uzyskiwane w stalowniczym piecu łukowym).

Odpady powstające w czasie przeróbki rud metali należą do najbardziej, obok odpadów przemysłu chemicznego i energetycznego, toksycznych dla człowieka i środowiska. W ostatnich latach, zgodnie z wytycznymi UE dąży się do ich zagospodarowania lub zneutralizowania [10]. Należy pamiętać, że odpady hutnicze zawierają obok substancji niebezpiecznych wiele cennych składników, które mogą być wykorzystywane w innych dziedzinach gospodarki. Żużle pohaniczne stanowią cenny materiał zastępujący naturalne surowce skalne. Żużle wielkopiecowe zawierają około 300-400 kg/t surowki żelaza. W 2005 roku produkcja żużla wielkopiecowego na świecie wyniosła około 270 mln ton. Jest on wykorzystywany jako kamień naturalny do budowy dróg (jako komponent warstwy nawierzchniowej lub jako składnik podbudowy dróg – żużel kawałkowy), może zastępować w przemyśle cementowym pewne ilości klinkieru. Cement z dodatkiem żużla hutniczego jest odporny na działanie wody morskiej (żużle granulowany), jako izolacja cieplna i akustyczna (pumeks hutniczy, wełna żużlowa). Natomiast żużle stalownicze o zasadowości znacznie większej od 1,1-1,2 (CaO/SiO₂) są stosowane w rolnictwie jako nawozy i środki odkwaszające ziemię.

Ilość pyłów powstających podczas procesu wytapiania w piecach łukowych jest silnie zróżnicowana i zależy od rodzaju i jakości materiałów wsadowych (zanieczyszczenia złomu powłokami lakierniczymi, chlorokauczukowymi, emaliami, itp.). Przeciętny skład pyłów obejmuje: żelazonośne tlenki żelaza, związki metali nieżelaznych (Zn, Pb i Cd), składniki szkodliwe (chlor, fluor, siarkę) i związki o charakterze mineralnym (CaO, MgO, SiO₂, Al₂O₃). Szacuje się, że przy produkcji stali w elektrycznych piecach łukowych ok. 1-2% wsadu metalicznego ulega konwersji na pył. Ograniczeniem pełnego wykorzystania pyłów jest ich zmienny skład oraz wysokie koszty wdrażania nowych technologii utylizacji. W Japonii koszt składowania 1 t pyłów stanowi 50% ceny jednej tony prętów stalowych. Pyły te nie mogą być składowane na otwartych składowiskach.

Pyły metalurgiczne przerabia się metodami: pirometalurgiczną, hydrometalurgiczną (*Ezinex*) i hybrydową. Obecnie głównie zastosowanie mają metody pirometalurgiczne. Pyły i szlamy ołowionośne z hut miedzi przerabiane są na ołów surowy w nowoczesnych i wydajnych piecach wahadłowo-obrotowych.

3. Wnioski

Podstawowymi korzyściami dla środowiska związanymi z zastosowaniem różnych metod recyklingu w przemyśle hutniczym jest oszczędność surowców naturalnych, redukcja emisji gazów (CO₂, SO₂), miejsca na składowiskach odpadów oraz oszczędność energii.

Recykling surowcowy z wykorzystaniem OTS stanowi uzupełnienie pozostałych możliwości recyklingu.

Literatura

- [1] Modern Casting. December 2009, pp. 18-22.
- [2] European Parliament and Council Directive 94/62/EC of 20 December 1994 (O.J.L 365 31.12.1994 p. 10).

- [3] J. Mróz, Recykling i utylizacja materiałów odpadowych w agregatach metalurgicznych. Wyd. Politechniki Częstochowskiej. Częstochowa (2006) (in Polish).
- [4] Krajowy Plan Gospodarki Odpadami. Załącznik do uchwały nr 219 Rady Ministrów z dnia 29.X. 2002 r. Monitor Polski, nr 11 z 28.02.03.
- [5] Recykling aktywne. Recykling, vol. 76, Nr 4, (2007) p. 33.
- [6] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27.09.01, (Dz.U. Nr 112 z 2001 r., poz. 126).
- [7] Praca zbiorowa pod red. M. Holtzer, J. Dańko, Możliwości ograniczenia i metody zagospodarowania odpadów z procesów odlewniczych, Wyd. Naukowe AKAPIT, ISBN 978-83-60958-57-5, Kraków (2010) (in Polish).
- [8] T. Bogacz, J. Głownia, Techniczne i ekonomiczne aspekty argonowania stali Hadfielda. Przegląd Odlewnictwa. Tom 55, No. 10 (2005) pp. 660-664.
- [9] A. Szalkowska, Recykling surowcowy w piecach hutniczych. Recykling, vol. 107 No 11 (2009) pp. 30-32.
- [10] Bańkowska A., Wardzińska E., Rosińska J.: Recykling odpadów pchutniczych, Recykling, vol. 87, No 3 (2008) pp. 20-21.
- [11] Strona internetowa: www.huby.seo.pl, zakładka Gospodarka odpadami w Polsce

Modern recycling methods in metallurgical industry

Abstract

The contamination of environment caused by increased industrial activities is the main topic of discussions in Poland and in the world. The possibilities of waste recovery and recycling vary in different sectors of the industry, and the specific methods, developed and improved all the time, depend on the type of the waste. In this study, the attention has been focussed mainly on the waste from metallurgical industry and on the available techniques of its recycling