

RECYKLING STALI Z ROZBIÓRKI KONSTRUKCJI METALOWEJ

1. WSTĘP

Budownictwo zrównoważone w Polsce jest niezbędną potrzebą społeczną. Przykładem może być coraz większe zainteresowanie firm, które chcą, aby ich siedziby określane były jako „zielone biura”, tj. takie, które zdobywają ekologiczne certyfikaty. Takie budynki, dzięki zastosowaniu w nich nowoczesnych i ekologicznych rozwiązań materiałowych oraz technologicznych są w stanie zużywać nawet do 30% mniej energii w porównaniu z budynkami tradycyjnymi. Są one dzięki temu bardziej przyjazne dla środowiska naturalnego.

Budownictwo zrównoważone rozpatrywane jest w trzech głównych aspektach: ekologicznym, ekonomicznym i ergonomicznym. Pod aspektem ekologicznym rozumie się: oszczędność energii, efektywne wykorzystanie wody, zmniejszenie emisji CO₂ do atmosfery, wykorzystanie energii odnawialnej, ograniczenie ilości odpadów i zanieczyszczeń (recykling materiałów budowlanych), racjonalne stosowanie zasobów naturalnych, stosowanie ekologicznych technologii i materiałów budowlanych (innowacyjne rozwiązania). Aspekt ekonomiczny jest ściśle powiązany z kosztami związanymi z inwestycją. Wysokie koszty ekologicznych oraz innowacyjnych rozwiązań rekompensowane są niskimi kosztami eksploatacji budynku. Już na etapie projektowania obiektów budowlanych w zgodzie z założeniami „zrównoważonego rozwoju”, powinna być redukowana materiałochłonność i energochłonność, w celu znacznego obniżenia kosztów. W aspekcie ergonomicznym głównymi założeniami są: komfort mieszkania, estetyka, ochrona zdrowia i bezpieczeństwo użytkowników.

Pod pojęciem „recykling” rozumiemy wykorzystywanie odpadów jako surowca wtórnego w procesach przemysłowych lub szeroko pojęte przyrodnicze ich zagospodarowanie. W kontekście recyklingu materiałów budowlanych, pod tym pojęciem rozumiemy wielokrotne wykorzystanie odpadów budowlanych w celu otrzymania nowych materiałów. Głównym celem w odniesieniu do recyklingu, jest utworzenie zamkniętego cyklu obiegu materiałów budowlanych lub chociaż jego wydłużenia.

2. WPŁYW BUDOWNICTWA NA ŚRODOWISKO

Jednym z największych współcześnie zagrożeń globalnych, jest duża ingerencja w środowisko przez rozwijającą się gospodarkę. Budownictwo należy do

* Politechnika Częstochowska

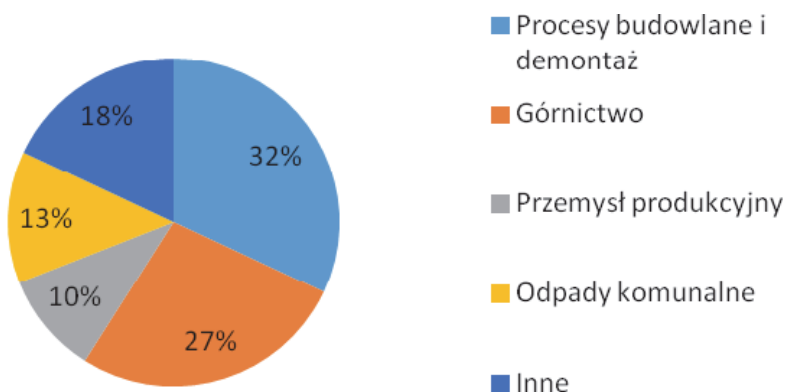
tej gałęzi gospodarki, która stanowi duże obciążenie dla środowiska wraz z innymi gałęziami, tj.: przemysłem wydobywczym, energetycznym, hutniczym oraz chemicznym.

Wpływ budownictwa na środowisko wynika przede wszystkim z ciągłego zużywania zasobów surowców naturalnych do produkcji materiałów budowlanych. Do wytwarzania materiałów i wyrobów budowlanych wykorzystywane są surowce naturalne pobierane bezpośrednio ze środowiska, a następnie przetwarzane w różnych procesach technologicznych. Wiąże się to ze zwiększonym zużyciem energii oraz wody, a jednocześnie do środowiska usuwa się ścieki technologiczne, odpady stałe oraz szkodliwe substancje gazowe.

Szkodliwy wpływ realizowanej konstrukcji wiąże się z przygotowaniem oraz oczyszczeniem terenu (tzn. następuje usunięcie roślinności oraz wyższych warstw gleby i wykonanie wykopów) oraz przygotowaniem dróg dojazdowych, a także koniecznością magazynowania materiałów budowlanych na placu budowy w czasie jej trwania.

Duże zużycie energii niezbędnej do zapewnienia odpowiedniego komfortu cieplnego w obiekcie stanowi również spore obciążenie środowiskowe. Dlatego też ważne jest stosowanie najnowszych technologii, pozwalających na oszczędności na etapie eksploatacji budynku, mimo większego wkładu finansowego na etapie jego realizacji.

Kolejnym etapem „życia” konstrukcji, nie bez wpływu na środowisko, jest faza rozbiórki obiektu. W sektorze budowlanym w Polsce na przestrzeni roku z rozbiórki jest pozyskiwane 818,6 tys. ton odpadów (rys. 1).



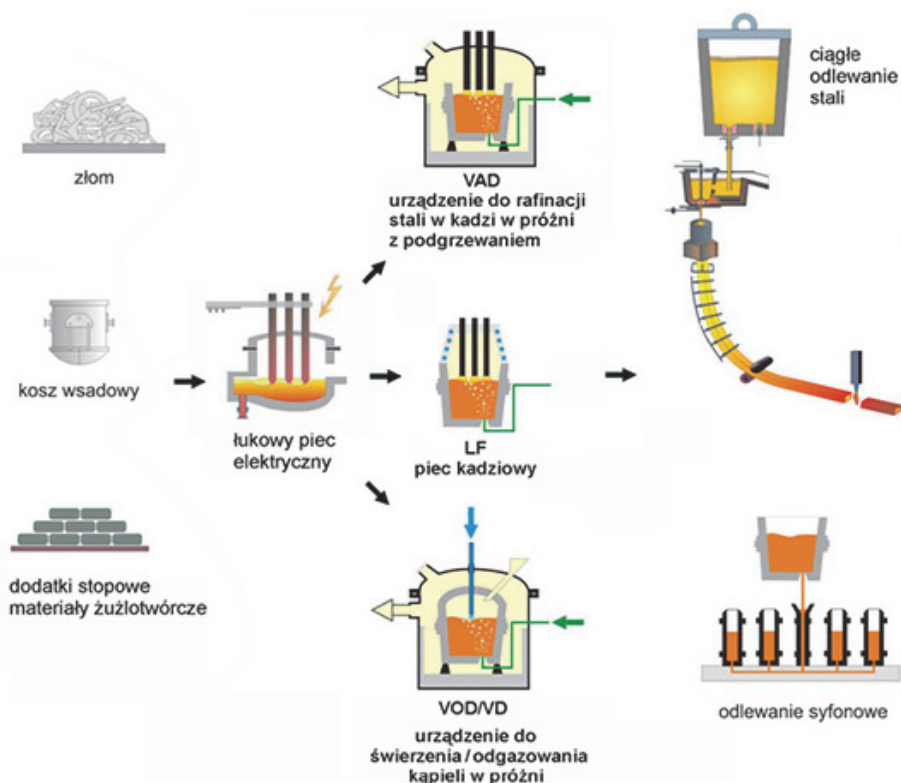
Rys. 1. Podział odpadów generowanych w Polsce [1]

Sektor budowlany zobowiązany jest do wznoszenia obiektów, które będą spełniać określone kryteria ekologiczne, ekonomiczne i społeczne. Gwarantuje to postępowanie zgodne z założeniami „budownictwa zrównoważonego”.

3. STAL JAKO MATERIAŁ BUDOWLANY

Obecnie w przemyśle najbardziej popularnymi materiałami konstrukcyjnymi są stopy żelaza z węglem, tzn.: stal, staliwo i żeliwo. Stal to stop żelaza z węglem, który jest plastycznie obrobiony i obrabialny cieplnie. Zawartość węgla wynosi 2,11%, co odpowiada granicznej rozpuszczalności węgla w żelazie. Zawiera również inne pierwiastki takie jak krzem czy mangan, dostające się do stali z surowców i paliw stosowanych podczas otrzymywania stali w procesach stalowniczych [2].

Na świecie dominują dwie metody wytwarzania stali. Pierwsza jest realizowana w hutach zintegrowanych, w których wytwarzana jest surówka żelaza w wielkich piecach, a następnie przerabiana na stal w konwertorach tlenowych z niewielkim (nieprzekraczającym 25%) udziałem złomu stalowego. Natomiast druga metoda wytwarzania stali, w odróżnieniu do metody pierwszej, wykorzystuje do jej produkcji złom stalowy. Odbывается to w stalowniach z użyciem łukowych pieców elektrycznych (rys. 2). Przy tej metodzie produkcji stali wsad składa się w niemalże w 100% ze złomu stalowego.



Rys. 2. Schemat procesu elektrycznego produkcji stali z wykorzystaniem złomu stalowego [7]

4. RECYKLING STALI

Stal należy do materiałów poddających się łatwemu demontażowi oraz obróbce termicznej, co świadczy o niezwykle wysokiej podatności na recykling [2]. W czasie recyklingu nie traci ona swoich właściwości, co stanowi jedną z głównych jej zalet. Stal charakteryzuje się dużą trwałością i wytrzymałością. Ponowne przetworzenie stali z demontażu pozwala na duże zaoszczędzenie energii.

Surowcem wtórnym wykorzystywanym przy produkcji stali jest złom stalowy, który otrzymuje się między innymi z metalowych odpadów produkcyjnych, wyrobów metalowych nienadających się do dalszego użytku oraz elementów konstrukcyjnych pochodzących z rozbiórki [4]. Ponadto wykorzystywane są wyselekcjonowane odpady komunalne obejmujące wyroby z metali, jak również stalowe elementy konstrukcyjne uszkodzone w wyniku działań mechanicznych lub skorodowane (tab. 1).

Tabela 2. Podział odpadów [5]

Kod	Grupy, podgrupy i rodzaje odpadów
17	Odpady z budowy, remontów i demontażu obiektów budowlanych oraz infrastruktury drogowej (włączając glebę i ziemię z terenów zanieczyszczonych)
1704	Odpady i złomy metaliczne oraz stopy metali
170405	Żelazo i stal

Cena złomu stalowego – w 2016 oscylowała między wartościami 400 zł/Mg a 710 zł/Mg. W 2017 cena ta jest stała i wynosi około 660 zł/Mg [8].

Metoda wzrokowa jest podstawową metodą oceny i klasyfikacji złomu stalowego. W czasie oceny wymagane jest doświadczenie i odpowiednia praktyka. Należy zwrócić uwagę na takie czynniki jak: postać stopu, kształt danego przedmiotu czy urządzenia, barwę stali, stopień utlenienia czy też jego brak i skład chemiczny. Metodą pomocniczą jest próba magnesem trwałym [3].

Odpowiednio przygotowany złom stalowy jest poddawany procesowi recyklingu głównie w elektrycznych piecach łukowych. Oprócz złomu stalowego do produkcji stali wykorzystywane są również: topniki, nawęglacze, dodatki stopowe, odtleniacze oraz spienianie żużła. W procesie recyklingu złomu stalowego wyróżnia się następujące operacje technologiczne: składowanie i przygotowanie złomu, załadunek pieca złomem, topienie złomu, spust stali i żużła, obróbkę ciekłego metalu w piecu, w celu nadania stali odpowiedniej jakości, ciągle odlewanie stali.

Miejscem składowania złomu stalowego zazwyczaj są niezadaszone place o nieutwardzonej powierzchni, co sprawia że materiał jest narażony na nega-

tywny wpływ środowiska. Tylko w nielicznych punktach skupu złom deponowany jest na zadaszonych składowiskach z utwardzoną nawierzchnią.

Surowiec wtórny poddawany jest procesowi separacji, a później rozdrobnienia. Przygotowanie złomu lekkiego na potrzeby stalowni polega głównie na jego zagęszczeniu dla właściwego wykorzystania objętości użytkowej pieców stalowniczych. Stosowanie kruszarek i pasów zwanych paczkarkami zapewnia zmniejszenie objętości wiórów. Odpowiednio przygotowany surowiec wtórny jest transportowany do hut koleją lub transportem drogowym.

Załadunek złomu stalowego do elektrycznego pieca łukowego odbywa się za pomocą koszy załadunkowych. Dzięki tej metodzie w przypadku pieca o wydajności 70 Mg, załadunek trwa zaledwie 10-15 min. W koszach obok złomu znajdują się materiały żużłotwórcze (np. wapno) oraz nawęglacze.

Proces wytopu stali składa się ze wstępnego topienia, topienia i świeżenia. Obecnie większość pieców jest zasilana prądem zmiennym, co wiąże się z tym, że są one znacznie głośniejsze niż w przypadku pieców na prąd stały. Jest to skutkiem zmiany liczby elektrod. W czasie wstępnego topienia złomu, piec utrzymywany jest w niskich temperaturach w celu ochrony ścian pieca i sklepienia przed uszkodzeniami. Po upływie około 15 min, gdy to elektrody są prawie całkowicie zanurzone, zwiększa się energię w celu ukończenia procesu topienia. Wytop stali w piecach łukowych odbywa się przy ciśnieniu atmosferycznym. Proces trwa około 1,5 h. Po roztopieniu złomu, ciekła stal o temperaturze 1600°C poddawana jest procesowi świeżenia, który będzie trwał do momentu uzyskania założonej zawartości węgla w stali. Do tego procesu zazwyczaj wykorzystywany jest tlen gazowy. Zaletą tej metody jest szybkość utleniania się węgla, a sam proces trwa około 10 minut. Podczas ostatniego etapu wytopu stali następuje jej odtlenienie i odsiarczenie, a także korekta składu chemicznego do wymaganych granic. Cały proces trwa 2h.

Ciągłe odlewanie stali (COS) obecnie jest najczęściej stosowanym sposobem odlewania stali. W tym procesie ciekła stal przelewana jest z kadzi głównej do kadzi pośredniej, z której to jest rozlewana ze stałą prędkością do miedziowych krystalizatorów o odpowiednich kształtach. Są one w sposób ciągły chłodzone wodą. Do działającego na kierunku odlewania krystalizatora z prędkością większą niż prędkość odlewania dodawany jest środek poślizgowy w postaci proszku lub oleju roślinnego, w celu wyeliminowania przywierania skrzepniętego naskórka do ścianek krystalizatora. Wlewek jest wyciągany w sposób ciągły i dalej chłodzony za pomocą wody. W przypadku zakończenia krzepnięcia, wlewek jest cięty na kawałki za pomocą palnika tlenowego.

4.1. Zagospodarowanie odpadów z produkcji stali

Produkcja stali zarówno z surowców pierwotnych, jak też z surowców wtórnych, obok głównego produktu jakim jest stal, prowadzi do wytworzenia dużej ilości różnych odpadów. Wśród głównych odpadów z hutnictwa żelaza i stali wyróżniamy następujące grupy:

- żużel wielkopiecowy i stalowniczy,
- zgorzeliny i mułki zgorzelinowe,
- złom metalowy z walcowni, stalowni i wydziału wielkich pieców,
- pyły i szlamy.

Obecnie gospodarka odpadami powstającymi w procesach hutniczych zmierza w kierunku ograniczenia ilości wytwarzanych odpadów oraz ograniczenia ich szkodliwego wpływu na środowisko naturalne.

Materiały odpadowe z procesu produkcji stali niestanowiące materiału metalonośnego mogą być wykorzystywane w innych gałęziach przemysłu. W sposób ogólny ze względu na metodę, zagospodarowywane odpady można podzielić na trzy grupy:

- a) odpady, które są gromadzone na składowiskach o charakterze ogólnym, czego przykładem mogą być np.: materiały izolacyjne, filtracyjne, odpady z tworzywa polimerowego. Udział tego typu odpadów stanowi zaledwie 2% względem sumy uzyskiwanych odpadów przy produkcji stali,
- b) odpady gromadzone w sposób selektywny, ze względu na obecny brak efektywnej utylizacji. Przykładem jest tu np. szlam żelazonośny. Udział tego typu odpadów szacowany jest na 8% w odniesieniu do całości odpadów wytwarzanych w hucie,
- c) odpady, które w całości ulegają zagospodarowaniu w hucie lub poza nią, np. żużel wielkopiecowy i stalowniczy, żużel z walcowni, pyły wielkopiecowe. Udział odpadów tego typu wynosi około 90% w odniesieniu do całości odpadów powstałych w hucie (tab. 2).

Tabela. 2. Ilość odpadów wytwarzanych podczas produkcji żelaza i stali [3]

Rodzaj materiału	kg/ Mg stali
Pył ze spiekania	15
Żużel wielkopiecowy	150-350
Pył wielkopiecowy	1,5
Szlam wielkopiecowy	<1
Żużel stalowniczy konwektorowy	100
Żużel stalowniczy z pieców elektrycznych łukowych	15
Żużel z ciągłego odlewania stali	30-35
Pył z pieców elektrycznych łukowych	15
Szlam z procesu konwertorowania(grubsza frakcja)	5,5
Szlam z procesu konwertorowania (miałkie frakcje)	17
Zgorzelnia	15

5. PODSUMOWANIE

Omówiony powyżej przykład recyklingu stali nie jest jedynym rozwiązaniem technologicznym, które może być zastosowane w budownictwie. Przedstawiona technologia może być przykładem dążenia sektora budownictwa do realizacji zasad „zrównoważonego rozwoju”. Na świecie cały czas wzrasta świadomość ekologiczna, podczas doboru materiałów budowlanych na realizowane inwestycje. Związane jest to nie tylko z doбором właściwej technologii, która powinna minimalizować szkodliwy wpływ na środowisko oraz uwzględniać długotrwałe konsekwencje w postaci uniwersalności i trwałości obiektu, jak również możliwością zastosowania recyklingu materiałów budowlanych. Stosowanie recyklingu minimalizuje negatywny wpływ działań człowieka na środowisko związany ze składowaniem odpadów. Wiąże się to z możliwością powstawania nowych miejsc pracy oraz zmniejszeniem kosztów produkcji, co przekłada się na zmniejszenie kosztów pozyskania materiału. W celu zahamowania szkodliwego działania na środowisko niezbędne jest zwiększenie zainteresowania kryteriami wyboru materiałów budowlanych pod względem ochrony środowiska oraz wykorzystaniem materiałów z recyklingu.

LITERATURA

- [1] Adamczyk J., Dylewski R., 2010. Recykling odpadów budowlanych w kontekście budownictwa zrównoważonego. Polska Akademia Nauk Komitet Człowiek i Środowisko.
- [2] Encyklopedia tom 15, 2010. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- [3] Mróz J., Francik P., Budzik R., 2006. Niektóre problemy recyklingu materiałów odpadowych w hutnictwie żelaza i stali, Wiadomości Hutnicze 7,
- [4] Pietrasik M., 2016. Przerób i recykling złomu na potrzeby hutnictwa stali. Axis Media s.c.
- [5] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2014 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz.U. 2014, poz. 1923).
- [6] Ulewicz M., 2015. Procesy odzysku i recyklingu metali nieżelaznych i stali, Wydawnictwo Politechniki częstochowskiej.
- [7] <http://student.agh.edu.pl/~mlezon/Stal.html>.
- [8] <http://zlom.info.pl/ceny-zlomu/>.