

**Wydruk zbiorczy przeglądu literaturowego  
do Umowy z Ministerstwem Środowiska nr 1/BAT/2010 z dnia w 26.01.2010 r.  
pt. „Analiza stanu techniki w zakresie Najlepszych Dostępnych Technik dla branży  
produkcji i przetwórstwa metali nieżelaznych”  
Część 4 z dnia 30.11.2010 r.**

**poz.1**

**Autor: DAS S.K., GREEN J.A.S., KAUFMAN J.G.**

**Tytuł oryginału: ALUMINUM RECYCLING: ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL BENEFITS**

**Tłumaczenie tytułu: RECYKLING ALUMINIUM: KORZYŚCI EKONOMICZNE I ŚRODOWISKOWE**

**Źródło: LIGHT METAL AGE 2010 NR 2 S.42-46 RYS.2 BIBL.14**

**Analiza:**

Produkcja pierwotnego aluminium wymaga ok. 45 kWh energii i emituje ok. 12 kg CO<sub>2</sub> na każdy kilogram metalu. Z kolei recykling aluminium wymaga jedynie ok. 2,8 kWh energii i emituje jedynie ok. 0,6 kg CO<sub>2</sub>. Poddanie metalu recyklingowi oszczędza energię i redukuje wielkość emisji do środowiska o ok.95%.

Uważa się, że energia zawarta w metalicznym aluminium, uzyskiwanym z rudy, może być rozważana jako „bank energii”, ponieważ może być bez końca odzyskiwana, gdy metal poddawany jest recyklingowi. Tak więc z punktu widzenia ekorozwoju recykling aluminium jest wykorzystywany w „miejskich kopalniach” materiału, co umożliwia jego powtórne użycie przy oszczędności energii i zredukowanym wpływie na środowisko. Jest to coraz bardziej realne, ponieważ stale rośnie ilość aluminium, wykorzystywanego m.in. w przemyśle spożywczym, motoryzacyjnym, budownictwie czy też konstrukcjach architektonicznych. Współczynnik recyklingu puszek do napojów osiąga obecnie poziom ok. 54%, a przy przeróbce złomowanych samochodów - powyżej 90%. Z kolei wysokowytrzymałe stopy 2xxx i 7xxx stosowane w lotnictwie generalnie nie są poddawane recyklingowi. Stare samoloty są jednak gromadzone, rozmontowywane i stanowią źródło części zapasowych. Podczas rozdrabniania złomu samochodowego w procesie separacji magnetycznej oddzielane jest żelazo, a pozostałe metale - w instalacjach do wzbogacania w cieczach ciężkich. Cięższe metale np. miedź i jej stopy (mosiądz, brąz) oraz ołów oddziela się od lżejszego aluminium i magnezu. Niemagnetyczna frakcja zawierająca ok. 75% aluminium kierowana jest do obróbki końcowej.

Firma Huron Valley Steel Corp. (HVSC) z USA jest pionierem w dziedzinie precyzyjnej i nowoczesnej technologii sortowania, bazującej na spektroskopii emisyjnej wzbudzonej laserem (ang.: LIBS), technice prądów wirowych, sortowaniu według kolorów i analizie rentgenowskiej. Dzięki zastosowaniu powyższej techniki można rozdzielić i powtórnie wykorzystać stopy Al-Mg (5xxx) i Al-Si-Mg (6xxx), stosowane w dużych ilościach w samochodach. Separacji poddaje się również aluminium i magnez, co redukuje straty obu metali.

Firma HVSC oddziela stopy odlewnicze od przerobionych plastycznie. Stwarza to możliwość recyklingu złomu odlewniczego i jego powtórnego wykorzystania przy produkcji nowych wyrobów odlewanych. Niestety technologia sortowania LIBS nie jest jeszcze stosowana na skalę przemysłową. Celem wszystkich operacji przeróbki złomu jest maksymalna ochrona, zachowanie wartości metalu (aluminium), zminimalizowanie dalszego wkładu energii, emisji CO<sub>2</sub> oraz zredukowanie zużycia węgla w procesie. W świecie, gdzie zasoby węgla są ograniczone, recykling ma zasadniczy wpływ na rozwój przemysłu aluminiowego.

W raporcie International Aluminium Institute (IAI) przedstawiono rozwój globalnego przemysłowego recyklingu oraz jego wpływ na zrównoważony rozwój. Recykling aluminium wzrósł o prawie 400% z poziomu 5 mln ton w 1980 roku do 18 mln ton w 2007 roku. W tym samym czasie produkcja aluminium pierwotnego wzrosła tylko o 250% z poziomu 15 mln ton do 38 mln ton.

Rozpatrywano możliwości nowych, unikalnych zastosowań wtórnego aluminium. I tak np. w energetyce stosowane są doskonałej jakości odlewy aluminiowe piast wirnika turbin wiatrowych, gdzie wymagana jest szczególnie wysoka odporność na zmęczenie i korozję. Z kolei na gondole i łopatki wybrano odlewniczy stop A356,0-T6, charakteryzujący się wysoką wytrzymałością i jakością powierzchni. Prognozuje się również wzrost zastosowań wtórnego aluminium w urządzeniach do produkcji energii słonecznej. W pierwszym na świecie (USA) hybrydowym urządzeniu wykorzystującym zarówno energię słoneczną, jak i energię z paliw kopalnych, zastosowano wyciskane podzespoły aluminiowe. W 2010 roku ta druga co do wielkości instalacja słoneczna na świecie będzie produkować 75 MW energii. Aluminium z recyklingu wykorzystano do produkcji m.in. ram,

podpór, filarów i łączników dla 180 tys. lusterek. Podzespoły te poddawane są bardzo dokładnej obróbce mechanicznej, wymaganej przy szybkim montażu. Wtórne aluminium jest również wykorzystywane w wielu rozwiązaniach architektonicznych m.in. na ściany osłonowe, fasady, dachy, żaluzje oraz wewnętrzne elementy dekoracyjne.

Przewiduje się, że w Ameryce Północnej średnia zawartość aluminium w samochodzie wzrośnie do 2020 roku o 4-6 funtów. Redukcja masy pojazdu jest krytycznym parametrem, jeżeli chodzi o zużycie paliwa. Już 10% redukcja masy samochodu przekłada się na ok. 7% oszczędność paliwa. Szacuje się, że użycie 1 tony aluminium może zastąpić około 2 ton materiałów konwencjonalnych np. stali, eliminując prawie 20 ton emisji CO<sub>2</sub> w ciągu całego okresu użytkowania pojazdu. Redukcja emisji wynikająca ze stosowania wtórnego aluminium w przemyśle samochodowym kontrastuje z ilością emisji generowanych podczas produkcji aluminium, wykorzystywanego w transporcie. Możliwa jest więc taka sytuacja, że w pewnym momencie przemysł aluminiowy zaoszczędzi więcej emisji niż będzie ich produkował. Prognozuje się, że nastąpi to około 2020 roku. Modele przepływu materiału pokazują, że około 70% całego aluminium produkowane jest jeszcze metodą Hall-Heroult'a i dlatego w sytuacji, gdy świat ogranicza zużycie węgla – recykling, jak nigdy dotąd, stanowi bardzo atrakcyjną alternatywę produkcji zarówno ze względów ekonomicznych, jak i na ochronę środowiska.

**Słowa kluczowe:**

**<PRZERÓBKA> <ODZYSK> <RECYKLING> <ALUMINIUM> <EKONOMIA> <OCHRONA ŚRODOWISKA> <OSZCZĘDNOŚĆ ENERGII>**

**poz. 2**

**Autor:**

**Tytuł oryginału: TOSHINORI KATO: SUSTAINABLE GROWTH STRATEGY FOR JAPANESE COPPER BUSINESS**

**Tłumaczenie tytułu: STRATEGIA ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU DLA JAPONSKIEGO PRZEMYSŁU MIEDZIOWEGO**

**Źródło: ERZMETALL 2010 V.63 NR 3 S. 124-129 RYS.8**

**Analiza:**

W przemyśle miedziowym w ciągu ostatnich lat nastąpiły duże zmiany. Przeprowadzono np. wiele przejęć i fuzji w kopalniach (ang.: M&A), co wytworzyło oligopolistyczny rynek koncentratów.

Mimo kryzysu światowego przewiduje się, że rynki towarowe będą podtrzymywać zrównoważony rozwój górnictwa. W ciągu ostatnich lat popyt na miedź rósł bardzo szybko przede wszystkim z uwagi na silny rozwój gospodarczy krajów rozwijających się, szczególnie Chin i Indii, co doprowadziło w tych krajach do gwałtownego rozwoju wydajności hut. Wydajność hut w Chinach jest wyższa niż w Japonii. Wzrostowi sprzyja również polityka gospodarcza prowadzona w niektórych krajach. Utrzymanie zatrudnienia i osiągnięcie planowanych poziomów wzrostu PKB to cele mocno zależne od gwałtownej ekspansji gospodarki, jednak bez uwzględniania zyskowności, szerokich oddziaływań socjalnych i środowiska oraz bezpieczeństwa surowcowego. Zarządzający hutami japońskimi mają świadomość oddziaływania na środowisko i dlatego z korzyścią dla całego przemysłu sporo inwestują w prace badawczo-rozwojowe (R&D) w zakresie nowych technologii.

W artykule szczegółowo opisano znaczenie hut japońskich na przykładzie Mitsubishi Materials (ang.: MMC). Huty w Japonii od wielu lat angażują się w działania na rzecz ochrony środowiska. Większe firmy japońskie, w tym MMC, są członkami International Council on Mining & Metals (ICMM). Dowodzi to ich bardzo wyraźnego i oczywistego zaangażowania w zapewnienie zrównoważonego rozwoju gospodarki, obejmującego również partnerów w łańcuchu podaży. Członkowie ICMM są odpowiedzialni za zminimalizowanie socjalnych i środowiskowych oddziaływań związanych z prowadzoną produkcją. Rozpoznanie i szczegółowa analiza wszystkich czynników ma udział w minimalizacji potencjalnego ryzyka związanego z prowadzonymi procesami. Takim przykładem zaangażowania w udoskonalenie osiągnięć względem środowiska są znaczne inwestycje MMC w hucie Naoshima, mające na celu redukcję szkodliwych emisji do atmosfery. Japońskie huty już od dawna utrzymują pozycję światowego lidera czystej technologii. i charakteryzują się największą na świecie sprawnością energetyczną.

W hucie Onahama pracują dwa piece płomienne do obróbki koncentratów miedziowych. W latach 90. ubiegłego wieku huta rozpoczęła obróbkę odpadów, takich jak np. pozostałości ze strzępienia złomu samochodowego

(ASR) lub artykułów gospodarstwa domowego (SR), co pozwoliło na mniejsze zużycie paliw kopalnych i uzyskanie wyższego poziomu recyklingu wartościowych metali.

Technologia Mitsubishi to idealny proces wytapiania miedzi, nie wymagający wysokich nakładów inwestycyjnych i operacyjnych, o wysokiej sprawności energetycznej, przyjazny dla środowiska ze względu na minimalne emisje zanieczyszczeń. W 2004 roku został on zmodernizowany poprzez wprowadzenie instalacji spopielenia i topienia odpadów przemysłowych. Firma MMC jest jednym z pionierów recyklingu, a w zakresie przeróbki ASR/SR zajmuje w Japonii czołową pozycję. Przeróbkę ASR/SR umożliwia zainstalowany w hucie Onahama największy na świecie piec płomienny. Firma MMC w swoich zakładach produkcji miedzi i cementu może w pełni przerabiać różnego rodzaju odpady przemysłowe bez emisji lub wysypisk, przyczyniając się w ten sposób do tworzenia społeczeństwa zorientowanego na recykling.

Obecnie japońskie huty miedzi są podporą prowadzonej w kraju polityki względem środowiska. Gospodarka miedziana w grupie MMC ma zintegrowaną strukturę - od górnictwa poprzez wytwarzanie produktów miedzianych i recykling. Przykładem jest współpraca, na kolejnych etapach badań i produkcji stopów miedzi, z firmą Mitsubishi Shindoh Co.(MSC), która jest własnością MMC i produkuje wyroby o wysokiej wartości dodanej. Nowym osiągnięciem firmy jest bezołowiowy stop miedzi Eco Brass® przyjazny dla środowiska, zapewniający doskonałe osiągi podczas cięcia i kucia, o wysokiej wytrzymałości, odporności na pękanie korozyjne i odcynkowanie. Klienci z przemysłu motoryzacyjnego i elektronicznego o bardzo zróżnicowanych potrzebach wymagają materiałów lepszych i o coraz wyższych osiągnięciach. W grudniu 2009 roku firma MMC podpisała umowę z Mitsubishi Cable Industries (MCI) i planuje przejęcie jej na własność. MMC uważa, że wraz z rosnącymi wysiłkami w kierunku realizacji „niskowęglowego społeczeństwa”, będzie rósł udział czystej energii, a w konsekwencji - popyt na wyroby z miedzi o doskonałej przewodności i obrabialności.

Współpraca pomiędzy obu firmami umożliwi rozwój i sprzedaż nowych wyrobów w związku z ułatwionym dostępem do technologii i baz klientów obu firm. Jest to również korzystne dla rozwoju nowych zastosowań miedzi i umocni sektor miedziany grupy MMC ściśle związany z końcowymi odbiorcami wyrobów miedzianych, w tym np. artykułów gospodarstwa domowego i samochodów.

Postęp integracji sektora produkcji miedzi wzmocnił zdolność japońskiego przemysłu do dostarczania użytkownikom końcowym wyrobów o wysokiej wartości dodanej. Misją hut miedzi jest możliwie najefektywniejsze wykorzystanie wartościowych zasobów bez niszczącego wpływu na środowisko. Oczwistym jest twierdzenie, że huty bez nowoczesnych technologii nie będą zdolne przetrwać w świecie świadomym zagrożeń dla środowiska. Osiągnięcie tego celu przyczyni się w dużym stopniu do zrównoważonego rozwoju gospodarki światowej i udoskonalenia standardów życiowych. Huty japońskie będą kontynuować swą wiodącą rolę w przemyśle poprzez wkład do rozwoju i wdrażanie rozwiązań na skalę światową.

**Słowa kluczowe:**

**<PRZEMYSŁ> <MIEDŹ> <JAPONIA> <STRATEGIA> <ROZWÓJ>**

**poz. 3**

**Autor: ECKENBACH W.**

**Tytuł oryginału: PROCESS TECHNOLOGY FOR MELTING AND CASTING OF ULTRAPURE, OXYGEN-FREE COPPER MATERIALS**

**Tłumaczenie tytułu: TECHNOLOGIA PROCESU TOPIENIA I ODLEWANIA ULTRACZYSTYCH, BEZTLENOWYCH MATERIAŁÓW MIEDZIOWYCH**

**Źródło: PROCEEDINGS OF THE 7 TH INTERNATIONAL COPPER-COBRE, JUNE 6-10.2010 - HAMBURG, GERMANY. COPPER - INDICATOR OF THE PROGRESS OF CIVILIZATION. VOL.1 DOWNSTREAM FABRICATION, APPLICATION AND NEW PRODUCTS SUSTAINABLE DEVELOPMENT/HEALTH, SAFETY AND ENVIRONMENTAL CONTROL. S.31- 48 RYS.26 TABL.1**

**Analiza:**

Opisano technologię procesu w nowoczesnym zakładzie miedzi – Marx GmbH & Co KG (Niemcy), od wytworzenia katod, poprzez elektrolizę, przetapianie w piecach indukcyjnych, aż do odlewania.

We współpracy z firmą Montanwerke Brixlegg (Austria) zaprojektowano urządzenia do topienia, zapewniające wysoką funkcjonalność i jakość. Produkcja miedzi o wysokiej czystości wymaga zastosowania zamkniętego kotła do topienia. W piecach utrzymuje się odpowiednią kąpiel, nagrzewaną indukcyjnie, spływającą w dół katod.

Uzyskano najwyższy możliwy poziom usunięcia tlenu. Katody podawano do kąpiel w wiązkach lub pojedynczo i nagrzewano poprzez cewki kanałowe. Kąpiel jest pokryta węglem drzewnym i dodatkową warstwą ochronną. Zbiorniki pieca zaprojektowano jako duże, płytkie baseny z poziomą połączoną kołnierzem cewką, która kontroluje proces topienia w kanale o ukierunkowanym przepływie. Połączenie kotła pieca z urządzeniami do odlewania zabezpiecza fazę stopioną przed zanieczyszczeniem. Optymalny projekt geometrii, technologii i układów elektronicznych pozwala na:

- uzyskanie spokojnego i jednorodnego przepływu kanałowego w zredukowanych temperaturach przegrzania;
- uzyskanie bardzo niskich turbulencji fazy stopionej;
- zmniejszenie niepożądanego absorpcji w związku z pokryciem węglem drzewnym całej kąpeli
- dodatkowe zmniejszenie absorpcji tlenu w związku z małą odległością pomiędzy spustami;
- zabezpieczenie możliwości precyzyjnej kontroli temperatury w czasie topienia w związku z zastosowaniem ciągłej technologii konwertora IGBT;
- prowadzenie procesu odlewania w prawie stałej temperaturze;
- automatyzację i wizualizację procesu, które pozwalają na uzyskanie wielu informacji i ich wykorzystanie na różnych etapach procesu produkcji;
- otrzymanie wysokiej jakości miedzi beztlenowej i stopów specjalnych.

Firma Montanwerke Brixlegg posiada piec szczytowy Asarco o osiągniętych topienia 10 t/h. Po procesie topienia materiał podawany jest do pieców do odlewania opracowanych przez firmę Marx. Zawartość tlenu w kąpeli zredukowano poprzez dodatek np. fosforu. Żużel, który pojawia się w kanale nie może być usunięty z kąpeli miedziowej, a to doprowadza do obniżenia żywotności cewek kanałowych. Szczegółowe informacje są dostępne pod adresami: [www.montanwerke-brixlegg.com](http://www.montanwerke-brixlegg.com) lub [www.marx-gmbh.de](http://www.marx-gmbh.de)

**Słowa kluczowe:**

**<TOPIENIE INDUKCYJNE> <ODLEWANIE INDUKCYJNE > <MATERIAŁ> <MIEDŹ> <MIEDŹ BEZTLENOWA> <TECHNOLOGIA> <ZAKŁAD MARX GMBH & CO KG> <NIEMCY> <FIRMA MONTANWERKE BRIXLEGG> <AUSTRIA>**

**poz. 4**

**Autor: DEVOS G.; HOUBART M.; ROTH J.L**

**Tytuł oryginału: OPTIMAL AND SUSTAINABLE METALS RECOVERY FROM SMELTER AND CONVERTER COPPER SLAG**

**Tłumaczenie tytułu: OPTYMALNY I ZRÓWNOWAŻONY ODZYSK METALI Z HUTNICZEGO I KONWERTOROWEGO ŻUŻLA MIEDZIOWEGO**

**Źródło: PROCEEDINGS OF THE 7 TH INTERNATIONAL COPPER-COBRE, JUNE 6-10.2010 - HAMBURG, GERMANY. COPPER - INDICATOR OF THE PROGRESS OF CIVILIZATION. VOL.1 DOWNSTREAM FABRICATION, APPLICATION AND NEW PRODUCTS SUSTAINABLE DEVELOPMENT/HEALTH, SAFETY AND ENVIRONMENTAL CONTROL. S.379-386 RYS.6**

**Analiza:**

Przez długi czas huty miedzi zdawały sobie sprawę z dwoistości powstającego w procesach żużla miedziowego, będącego jednocześnie obciążeniem jak i wartościowym produktem ubocznym!

Żużel jest obciążeniem, gdy rozważa się go jako drogi materiał odpadowy, który musi spełniać coraz bardziej rygorystyczne wymagania i przepisy dotyczące ochrony środowiska. Z kolei, gdy rozpatruje się go z punktu widzenia zawartych w nim frakcji metali, jest on wartościowym produktem ubocznym, który poddany odpowiedniej i wydajnej przeróbce może przynieść dodatkową wartość. Może ona skompensować koszty przeróbki i idealnie generować zysk.

Opisano rozwiązania Paula Wurtha dla recyklingu i powtórnego użytkowania pozostałości. Szczególną uwagę zwrócono na bezodpadowe procesy PRIMUS oraz i-Meltor™ dla odzysku żelaza, cynku, miedzi i innych metali takich jak nikiel czy srebro z ubocznych produktów metalurgicznych.

Przedstawiono wyniki prób laboratoryjnych i pilotowych, odnośnie do żużla miedziowego, które w porównaniu z istniejącymi technologiami oczyszczania żużla mogą udoskonalić odzysk miedzi poprzez uzyskanie lepszej wydajności, wyższego uzysku, a po spełnieniu pewnych wymagań zwiększyć całkowitą wydajność produkcyjną huty.

Elektryczny piec łukowy i-Meltor™ - bardzo elastyczny z punktu widzenia zadań metalurgicznych i materiałów, umożliwia z jednej strony realizację na różnych etapach metalurgiczny odzysk miedzi i ewentualnie innych pierwiastków szlachetnych oraz z drugiej strony - niepożądanych zanieczyszczeń - preferując powtórne wykorzystanie żużla końcowego.

Dla usunięcia cynku z pozostałości z procesu otrzymywania stali stosuje się proces PRIMUS®. Jest to pierwsze rozwiązanie przestrzegające zasady „zero odpadów” dla obróbki pyłu z elektrycznych pieców łukowych (EAF), zawierającego duże ilości cynku. Może być on również stosowany do innego rodzajów materiałów lub łączony z różnymi procesami uzupełniającymi.

Paul Wurth zwrócił także szczególną uwagę na obróbkę żużla z procesu wytapiania i konwertorowania w celu odzysku większej ilości miedzi i udoskonalenia wydajności. Elektryczny piec łukowy i-Meltor™, w porównaniu z konwencjonalnym piecem z łukiem zakrytym, ma zwartą i prostą konstrukcję. Może on pracować z dużymi ilościami żużla albo bez żużla, w warunkach utleniania lub redukcji, umożliwiając realizację kolejnych procesów przy zmianie warunków i obiektów.

Wyniki otrzymane podczas prób pilotowych potwierdziły, że piec i-Meltor™ pozwala na redukcję zawartości miedzi w żużlu do 0,5% i odzysk miedzi w kąpeli miedziowej oraz umożliwia usunięcie cynku i redukcję zawartości Fe w kąpeli miedziowej do poniżej 0,5% poprzez wtryskiwanie tlenu. Próby pilotowe wykazały zdolność i-Meltor™ do uzyskania lepszej wydajności dla miedzi i jej odzysk w postaci półrafinowanego metalu oraz to, że stosowanie pneumatycznego mieszania kąpeli przetapianego złomu, w pewnych warunkach, pozwala na usuwanie zanieczyszczeń takich jak np. As, Sb. Reaktor i-Meltor™ może być dostosowany do wymagań lokalnej instalacji, co wymaga jednak ścisłej współpracy z hutami.

**Słowa kluczowe:**

**<METALURGIA METALI NIEŻELAZNYCH> <METALURGIA WTÓRNA> <PIROMETALURGIA>  
<ODZYSK> <MIEDŹ> <RECYKLING> <PRZERÓBKA> <ŻUŻEL> <ŻUŻEL HUTNICZY> <ŻUŻEL  
KONWERTOROWY> <PIEC i-MELTOR™ > <OPIS> <KONSTRUKCJA>**

*poz. 5*

**Autor: SAFE P.; RUSSELL M.**

**Tytuł oryginału: HEAT RECOVERY AND ENERGY OPTIMIZATION IN SMELTER GAS CLEANING**

**Tłumaczenie tytułu: ODZYSK CIEPŁA I OPTYMALIZACJA ZUŻYCIA ENERGII PODCZAS  
OCZYSZCZANIA GAZU HUTNICZEGO**

**Źródło: PROCEEDINGS OF THE 7 TH INTERNATIONAL COPPER-COBRE, JUNE 6-10.2010 -  
HAMBURG, GERMANY. COPPER - INDICATOR OF THE PROGRESS OF CIVILIZATION. VOL.1  
DOWNSTREAM FABRICATION, APPLICATION AND NEW PRODUCTS SUSTAINABLE  
DEVELOPMENT/HEALTH, SAFETY AND ENVIRONMENTAL CONTROL. S.497-515 RYS.8 BIBL.1**

**Analiza:**

Procesy w hutach miedzi generują znaczne ilości gazów odlotowych o wysokich temperaturach. Gazy te stanowią główne źródło strat ciepła. Zdolność do odzysku ciepła z gazów odlotowych i optymalizacja zużycia energii w procesach oraz systemy oczyszczania gazu są decydujące dla obniżenia kosztów operacyjnych. Gaz odlotowy z procesu metalurgicznego stanowi realne wyzwania dla odzysku ciepła z uwagi na wysokie obciążenie pyłem, gaz korozyjny i obiegi cieplne w procesach okresowych. Zbiorniki ciepła odpadowego są wykorzystywane do odzysku ciepła w ciągłych procesach wytapiania np. zawieszinowego, TSL i konwertorowania. Jednakże procesy okresowe, takie jak konwertorowanie Peirce-Smith, w tych rozważaniach są przy odzysku ciepła pomijane.

Referat przedstawia w zarysach wyzwania stojące wobec odzysku ciepła i optymalizacji zużycia energii dla procesów okresowych i zastosowań w niższych temperaturach. Odzysk ciepła odpadowego stanowi szereg wyzwań projektowych, operacyjnych i konserwacyjnych, które muszą być skierowane na efektywne, długoterminowe osiągi systemu. Nowe technologie odzysku ciepła pozwolą hutom na odzyskiwanie ciepła ze źródeł o niskiej jakości i procesów okresowych. Technologie te mogą być wykorzystane do uzupełniającego odzysku ciepła zwykle realizowanego za pomocą technologii konwencjonalnych w wyższych temperaturach. Przykładem może być odzysk ciepła z zastosowaniem olejowych wymienników ciepła oraz odzysk ciepła z cyklem cieplnym Rankine'a z cieczą organiczną.

Urządzenia na ciepły olej są podobne w konstrukcji do zbiorników na ciepło odpadowe, w których jako medium

wymiany ciepła zamiast wody i pary zastosowano - ciekły olej. Olej może być nagrzany do około 350C. W procesie mogą być użyte różnego rodzaju oleje naturalne lub syntetyczne. Kluczowymi czynnikami przy wyborze oleju są: jego cena, przewidywany zakres działania, wymagane ilości i dostępność.

Odzysk ciepła z cyklem Rankine'a polega na zastosowaniu zamiast wody i pary, płynu organicznego o niskiej temperaturze wrzenia. Podstawowy system odzysku ciepła z cyklem Rankine'a obejmuje: kocioł, turbiny lub turborozprężarki z generatorem, kondensator i pompy. Płyn roboczy jest pompowany jako ciecz do kotła, gdzie odparowuje przez pośredni kontakt z gorącym medium wymiany ciepła. Odparowany płyn organiczny opuszczając kocioł przechodzi do turbiny lub turbosprężarki. Płyn organiczny wychodzący z turbiny przechodzi do chłodnicy/kondensatora, chłodzonych wodą lub powietrzem. Pompa wprowadza do obiegu skondensowany płyn, który uzupełnia cykl. Udane sposoby odzysku ciepła są ważnym elementem rozwiązywanych problemów, przed którymi obecnie stoją huty, w tym wzrostu kosztów paliwa i energii, jak i nowych lub bardziej rygorystycznych przepisów dotyczących emisji gazów cieplarnianych oraz wymagań zrównoważonego rozwoju.

**Słowa kluczowe:**

**<OZYSK CIEPŁA> <OPTIMALIZACJA> <ZUŻYCIE ENERGII> <OCZYSZCZANIE GAZÓW> <KOSZT>  
<METALURGIA METALI NIEŻELAZNYCH> <PIROMETALURGIA> <HUTA MIEDZI>**

**poz. 6**

**Autor: WILLBRANDT P.; HESSLING M.; KUCK K.; HINRICHS-PETERSEN K.**

**Tytuł oryginału: SUSTAINABILITY IN COPPER PRODUCTION**

**Tłumaczenie tytułu: ZRÓWNOWAŻENIE W PRODUKCJI MIEDZI**

**Źródło: PROCEEDINGS OF THE 7 TH INTERNATIONAL COPPER-COBRE, JUNE 6-10.2010 - HAMBURG, GERMANY. COPPER - INDICATOR OF THE PROGRESS OF CIVILIZATION. VOL.1 DOWNSTREAM FABRICATION, APPLICATION AND NEW PRODUCTS SUSTAINABLE DEVELOPMENT/HEALTH, SAFETY AND ENVIRONMENTAL CONTROL. S.561-575 RYS.14 BIBL.3**

**Analiza:**

„Sustainability of Copper” - zrównoważenie w produkcji miedzi, wdrażane jest jako szereg projektów w ramach strategii Komisji Europejskiej „Sustainable Development Strategy (SDS)”.

Siedem kluczowych priorytetowych wyzwań do 2010 roku to:

- zmiany klimatu i sprawność energetyczna;
- ochrona środowiska;
- zrównoważona konsumpcja;
- strategia recyklingu i zasobów;
- stan zdrowia i bezpieczeństwo społeczeństwa;
- włączenie społeczne, demografia i migracja;
- wyzwania zrównoważonego rozwoju.

Firma Aurubis (Niemcy) jest największym producentem miedzi w Europie i światowym liderem w recyklingu miedzi. Jej zaangażowanie w zrównoważoną produkcję miedzi ma długą tradycję i niezależnie od ekonomii, obejmuje w równym stopniu ochronę środowiska i aspekty społeczne. W procesie produkcji wykorzystuje się technologie, w których powstają małe ilości gazów odlotowych i ścieków, mniejsza ilość odpadów oraz niskie straty energii.

W ramach światowej inicjatywy przemysłu chemicznego „Responsible Care” firma zobligowana jest do ciągłego doskonalenia działalności w dziedzinie ochrony środowiska i zdrowia, jak również poprawy warunków bhp dla pracowników i społeczności lokalnej. Zasady wprowadzania w życie tej inicjatywy zebrane są w specjalnie opracowanych, okresowo aktualizowanych, zarządzeniach firmy. Wdrożenie strategii zrównoważenia jest wspierane przez zalegalizowany i certyfikowany system zarządzania środowiskiem Environmental Management System, w zgodności z Systemem Ekozarządzania i Audytu EMAS i normą DIN ISO 14001.

Aurubis jest jedną z najbardziej przyjaznych dla środowiska hut na świecie. Jest to wynik jej zintegrowanych działań dotyczących ochrony środowiska i wysokiego poziomu wydatków kapitałowych. Od 1991 roku na ochronę środowiska w Hamburgu wydano ponad 269 mln Euro, co pozwoliło na zredukowanie emisji określonych pyłów o ponad 80% w porównaniu do 1990 roku.

Aurubis szczególnie angażuje się w ochronę klimatu, uczestnicząc w latach 2007-2012 z wielkim oddaniem w

opracowywaniu koncepcji Climate Protection Concept. Obecnie zainwestowano w 22 mln Euro w 200 projektów, mających na celu dalszą redukcję zużycia energii i udoskonalenie działań na rzecz ochrony klimatu. Od roku 1990 firma Aurubis zmniejszyła emisję CO<sub>2</sub> o 78%.

Materiały zawierające miedź poddawane są pełnemu recyklingowi, chroniąc w ten sposób zasoby światowe. Aurubis, jako największa firma recyklingu miedzi na świecie, ma znaczny wkład m.in. w zachowanie bazy surowcowej i konsekwentnie oszczędzanie wartościowej energii.

**Słowa kluczowe:**

**<METALURGIA METALI NIEŻELAZNYCH> <PIROMETALURGIA> <PRODUKCJA> <MIEDŹ>**  
**<ROZWÓJ > <OCHRONA ŚRODOWISKA> <ZUŻYCIE ENERGII> <OCHRONA ZDROWIA>**  
**<RECYKLING> <ODZYSK> <MIEDŹ> <FIRMA AURUBIS> <NIEMCY>**

**poz. 7**

**Autor: COURSOŁ P.; MACKEY P.J.**

**Tytuł oryginału: ENERGY CONSUMPTION IN COPPER SULPHIDE SMELTING**

**Tłumaczenie tytułu: ZUŻYCIE ENERGII PODCZAS WYTAPIANIA SIARCZKU MIEDZI**

**Źródło: PROCEEDINGS OF THE 7 TH INTERNATIONAL COPPER-COBRE, JUNE 6-10.2010 - HAMBURG, GERMANY. COPPER - INDICATOR OF THE PROGRESS OF CIVILIZATION. VOL.2 PYROMETALLURGY I. S.649-668 RYS.4 TABL.13 BIBL.23**

**Analiza:**

Obliczono zużycie energii podczas wytapiania siarczkowego koncentratu miedzi dla czterech procesów:

1. Wytapiania zawieszinowego Outokumpu + konwertorowanie zawieszinowe Kennecott/Outokumpu;
2. Wytapiania Isasmelt/osadnik kamień/żużel RHF + konwertorowanie Peirce-Smith (PS);
3. Ciągłego procesu wytapiania Mitsubishi;
4. Ciągłe wytapiania w kąpeli Noranda/Teniente + konwertorowanie PS.

Przedmiotem badań było uzyskanie odpowiedzi na następujące pytania:

- Jakież będą wydatki na energię przy zastąpieniu pieców płomiennych nowymi technologiami?
- O ile zostaną obniżone emisje CO<sub>2</sub>?
- Jak dużą cenę płaci przemysł za zrównoważenie?
- Jakie są dostępne urządzenia i techniki zarządzania materiałami wtórnymi, oferującymi znaczącą oszczędność energii?

Przeprowadzono przegląd literaturowy wcześniejszych relewantnych informacji. Zużycie energii w urządzeniach pomocniczych i energię dostarczaną do procesu obliczono ze współczynników energii jednostkowej. We wszystkich czterech schematach wykorzystano dane z przeglądu hut miedzi za 2003 rok, zakładając:

- całkowite gromadzenie i oczyszczanie gazu wtórnego;
- rafinację i odlewanie anod;
- obróbkę gazu procesowego z instalacji kwasu z dostarczaniem gazu do zbiornika magazynowego.

Uwzględniono odzysk ciepła z procesowych gazów odlotowych. Koncentraty i inne strumienie stałych materiałów, wymagające suszenia, suszono w suszarkach parowych, wykorzystując ciepło odpadowe. Nadmiar pary wykorzystano do wytwarzania energii elektrycznej.

Przy obliczaniu energii dla procesów brano pod uwagę wydajność hut, warunki standardowe dla każdego z wybranych procesów, obejmujące m.in. analizę standardowego koncentratu miedzi oraz dane na temat topników i paliw. Do obróbki anod z czterech procesów użyto pieca anodowego o wydajności 250 t. Pełny cykl piecowy obejmuje: załadunek miedzi konwertorowej, utlenianie, redukcję i odlewanie anod.

Pokazano, że czas utleniania tony miedzi konwertorowej wyprodukowanej podczas konwertorowania PS jest krótszy niż dla miedzi konwertorowej o wyższej zawartości siarki produkowanej w konwertorach Mitsubishi i Kennecott-Outokumpu. Przyjęto, że czas redukcji tony miedzi jest taki sam we wszystkich czterech procesach. Określono wymagania dla rafinacji i odlewania anod, dla obróbki (oczyszczania) żużla i jednostkową energię elektryczną dla gazów wtórnych i uchodzących. Podczas rozważań przyjęto, że materiały wejściowe: mokry koncentrat, topniki i inne zużywające się materiały dostarczane są do huty codziennie, a materiały wyjściowe to: anody miedziane, kwas siarkowy, gaz z instalacji kwasu i gaz oczyszczony, uchodzący do atmosfery oraz oczyszczony żużel.

Wydajność koncentratu i modele dla każdego procesu oparto na opublikowanych informacjach. Wykorzystano wszystkie możliwe kontakty z przemysłem celem potwierdzenia lub modyfikacji danych. W badaniach wykorzystano standardowy koncentrat, zawierający: 30,5%Cu;28,5%Fe;31,5%S; 5%SiO<sub>2</sub>; 2%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

**Dla procesu 1.**

• **Wytapianie:**

- a) prędkość nadawy – 161 t suchego koncentratu/h;
- b) kamień – 70% Cu, temperatura pieca 1324C;
- c) żużel Fe/SiO<sub>2</sub> 1,28, 2,5% Cu.

• **Konwertorowanie:**

- a) miedź konwertorowa – 0,2% S, temperatura pieca 1270C;
- b) żużel – 15% CaO, 22% Cu.

**Dla procesu 2.**

• **Wytapianie:**

- a) prędkość nadawy – 161 t suchego koncentratu/h;
- b) kamień – 64% Cu, temperatura .pieca 1185C;
- c) żużel Fe/SiO<sub>2</sub> 1,4, 0,8% Cu.

• **Konwertorowanie:**

- d) żużel – Fe/SiO<sub>2</sub> 1,5, 4,4% Cu.

**Dla procesu 3.**

• **Wytapianie:**

- a) prędkość nadawy – 100,7 t suchego koncentratu/h;
- b) kamień – 70,1% Cu, temperatura pieca 1200C;
- c) żużel Fe/SiO<sub>2</sub> 1,28, 0,8% Cu.

• **Konwertorowanie:**

- a) miedź konwertorowa – 0,75% S, temperatura 1250C;
- b) żużel – 15% CaO, 15% Cu.

**Dla procesu 4.**

• **Wytapianie:**

- a) prędkość nadawy – 114,2 t suchego koncentratu/h;
- b) kamień – 70% Cu, temperatura pieca 1240C;
- c) żużel Fe/SiO<sub>2</sub> 1,4, 4,5% Cu.

• **Konwertorowanie:**

- d) żużel – Fe/SiO<sub>2</sub> 1,5, 6,8% Cu.

Otrzymane wyniki badań pokazały, że trzy spośród czterech badanych procesów mają podobne wymagania odnośnie do energii. Wykazano, że proces 4 charakteryzuje się najwyższym zużyciem energii i wtryskiwanego pod wysokim ciśnieniem powietrza i ma największe wymagania co do ilości energii w procesie produkcji kwasu. W nowoczesnych hutach zużycie paliw kopalnych jest o wiele niższe, co jest związane z udoskonaleniem m.in. konstrukcji pieca i praktyk operacyjnych, komputeryzacji procesów kontroli, wyższym przerobem wsadu w piecu.

Obliczono całkowite średnie emisje CO<sub>2</sub> dla czterech badanych procesów. Wynoszą one 0,63 tony CO<sub>2</sub>/tonę miedzi anodowej. W obliczeniach uwzględniono wyniki badań i przyjęto, że do bezpośredniego ogrzewania huty i wytwarzania elektryczności, jako paliwo zastosowano gaz ziemny. Zwrócono jednak uwagę, że podane dane, dotyczące zużycia energii, nie odzwierciedlają warunków rzeczywistych - tylko idealne.

Stwierdzono, że w rozważaniach nie uwzględniono m.in. takich czynników jak: nagrzewanie rynien spustowych i kadzi, czasowego zamknięcia huty, które wymaga utrzymania gorącego pieca, zwracania fazy stałej itd., a co jednak przyczynia się do zwiększonych, w porównaniu z modelem, wymagań odnośnie do paliw.

**Słowa kluczowe:**

<METALURGIA METALI NIEŻELAZNYCH> <PIROMETALURGIA> <WYTAPIANIE>  
<KONWERTOROWANIE> <RAFINACJA> <OCZYSZCZANIE> <ŻUŻEL> <ZUŻYCIE ENERGII>  
<OCHRONA ŚRODOWISKA> <EMISJE>



**Autor:** WARCZOK A.; RIVEROS G.

**Tytuł oryginału:** LATEST RESULTS OF THE INTENSIVE SLAG CLEANING REACTOR FOR METAL RECOVERY ON THE BASIS OF COPPER

**Tłumaczenie tytułu:** NAJNOWSZE WYNIKI UZYSKANE PODCZAS INTENSYWNEGO OCZYSZCZANIA ŻUŻLA W REAKTORZE DO ODZYSKU METALU NA BAZIE MIEDZI

**Źródło:** PROCEEDINGS OF THE 7 TH INTERNATIONAL COPPER-COBRE, JUNE 6-10.2010 - HAMBURG, GERMANY. COPPER - INDICATOR OF THE PROGRESS OF CIVILIZATION. VOL.3 PYROMETALLURGY II S.1213-1231 RYS.16 BIBL.19

**Analiza:**

Opisano nowy sposób udoskonalenia oczyszczania żużla, który może mieć zastosowanie w przemyśle metali nieżelaznych i jest dogodny do odzysku żelazostopów, recyklingu odpadów z walcowni stali i powtórnej obróbki złóż odpadów.

Nowy reaktor do intensywnego oczyszczania żużla wykonano przy współpracy firmy SMS Siemag i Uniwersytetu w Chile. W ciągu ostatnich lat przeprowadzono szereg testów podstawowych, modelowanie komputerowej mechaniki płynów (ang.: CFD - Computational Fluid Dynamics) i próby na skalę pilotową.

Opisano zasadę ciągłego, elektrodynamicznego oczyszczania żużla w piecu na prąd stały typu kanałowego z prostopadłym polem magnetycznym. W celu oddzielenia bardzo drobnych wtrąceń kamień/metal od fazy żużla wymagana jest ich koalescencja. Żużel jest podawany do reaktora w sposób ciągły przez rynnę i spuszczaony po stronie przeciwległej poprzez przelew. Przelew ten utrzymuje stały poziom kąpieli, eliminując konieczność kontroli elektrod. Kamień jest spuszczaony okresowo. Pływająca warstwa koksu na powierzchni żużla, w kontakcie z elektrodą grafitową, służy jako anoda. Warstwa kamienia miedziowego, w kontakcie z blokiem grafitowym, jest ciekłą katodą na trzonie pieca. Zapewnia ona pole elektryczne pomiędzy warstwami żużla oraz metalu/kamienia. Cewka magnetyczna jest umieszczona na zewnątrz płaszcza pieca na dłuższej stronie w pobliżu spodu końcówki elektrody i zapewnia w tym obszarze silne pole magnetyczne. Występująca tam siła Lorentza wytwarza silny ruch żużla i powoduje intensywne mieszanie wewnątrz jego warstwy.

Efekt intensywnego oczyszczania jest wynikiem nakładających się na siebie zjawisk, takich jak:

- uwolnienie ciepła Joule'a dla dodatkowego wzrostu temperatury;
- dodatkowa redukcja chemiczna => przyspieszona prędkość redukcji;
- reakcje katodowe i anodowe => przyspieszona prędkość redukcji;
- wtryskiwanie alternatywnych czynników redukcyjnych, takich jak  $\text{CaC}_2$  w celu przyspieszenia prędkości redukcji;
- większa wymiany masy na powierzchni reduktora spowodowane mieszaniem w polu magnetycznym;
- nasiloną migracją kropeł metal/kamień w polu elektrycznym (zjawisko ruchu elektrokapilarnego);
- koalescencja wtrąceń metal/kamień spowodowana mieszaniem;
- osiadanie spowodowane koalescencją;
- destabilizacja emulsji kamienia lub wtrąceń metalicznych w żużlu.

Przeprowadzono modelowanie CFD reaktora do intensywnego mieszania żużla na bazie miedzi. Piec kanałowy ma długość 3,6 m i szerokość 1,4 m. Przy modelowaniu wykorzystano komercyjne oprogramowanie CFD FLUENT i ANSYS. Uzyskane wyniki stanowiły podstawę uruchomienia w Europie instalacji pilotowej o wydajności 4t/h.

Jednym z głównych wyzwań było modelowanie pola elektromagnetycznego kompletnego urządzenia. Wyniki pomiarów zaimplementowano w modelowaniu FEM. Prostopadła do płaszczyzny wektorów pola magnetycznego i elektrycznego siła Lorentza wymusza płynięcie żużla w ruchu kołowym.

Planowane jest także wdrożenie tej technologii na skalę przemysłową, ponieważ jest to pierwsza pirometalurgiczna technologia oczyszczania żużla pozwalająca na jego oczyszczenie do ultraniskiego poziomu zanieczyszczeń, w której reaktor ma:

- małe gabaryty i wysoką sprawność;
- wyższą niezawodność ze względu na wyeliminowanie konieczności stosowania ruchomych podzespołów mechanicznych podczas mieszania żużla i brak wymagań odnośnie regulacji elektrody podczas jego przelewu.

Technologia daje również możliwość:

- podawania materiałów stałych => czyli obróbki odpadów z walcowni;
- opracowania kolejnych urządzeń dla istniejących pieców dla żelazostopów i oczyszczania żużla;
- odzysku prawie wszystkich metali;

- udoskonalenia całkowitej podatności dla procesu oczyszczania żużla;
  - prowadzenia procesu w sposób ciągły i okresowy;
- oraz charakteryzuje się:
- bardzo niskimi kosztami przetwarzania i inwestycyjnymi, a więc w konsekwencji krótkim okresem amortyzacji.

**Słowa kluczowe:**

<METALURGIA METALI NIEŻELAZNYCH > <PIROMETALURGIA> <PRZERÓBKA>  
<OCZYSZCZANIE> <ŻUZEL> <ODZYSK> <MIEDŹ> <REAKTOR> OPIS> <KONSTRUKCJA>  
<WSPÓŁPRACA> <FIRMA SMS SIEMAG> <NIEMCY> <UNIWERSYTET> <CHILE>