

УДК 621.793

О.В. Цыганкова, аспирант

С.Г. Егоров, доцент, к.т.н.

К ВОПРОСУ КАЧЕСТВА МЕДНЫХ АНОДОВ ОГНЕВОГО РАФИНИРОВАНИЯ

Запорожская государственная инженерная академия

Аналізується робота ділянок вогневого та електролітичного рафінування міді за умов ТОВ «Запорізький завод кольорових металів». Описані дефекти мідних анодів, які виникають під час їх виробництва. Показано, що застосування фосфористої міді на стадії вогневого рафінування не тільки знижує кількість мідних анодів з дефектами, але й поліпшує показники роботи ділянки електролітичного рафінування, зокрема, підвищується середній вихід за струмом на товарних серіях на 4,0...5,2 %.

Ключові слова: мідь вторинна, вогневе та електролітичне рафінування, анод, поверхневі та приховані дефекти, розкислювач.

Анализируется работа участков огневого и электролитического рафинирования меди в условиях ООО «Запорожский завод цветных металлов». Описаны дефекты медных анодов, которые возникают при их производстве. Показано, что применение фосфористой меди на стадии огневого рафинирования не только снижает количество медных анодов с дефектами, но и улучшает показатели работы участка электролитического рафинирования, в частности, повышается средний выход по току на товарных сериях на 4,0...5,2 %.

Ключевые слова: медь вторичная, огневое и электролитическое рафинирование, анод, поверхностные и скрытые дефекты, раскислитель.

It is analyzed the work of fire and electrolytic refinement divisions of copper in the conditions of LTD «Zaporozhe plant of colour metals». Defects of copper anodes which arise by their manufacture are described. It is shown that use of phosphorous copper at a stage of copper fire refinement not only reduce quantity of copper anodes with defects, but also improve factors of work for a electrolytic refinement division, in particular, the average output on a current on commodity series raises on 4,0 ... 5,2 %.

Key words: copper secondary, fire and electrolytic refinements, the anode, superficial and latent defects, deoxidizer.

Введение. Одним из цветных металлов, который до сих пор остается востребованным практически во всех областях деятельности человека, является медь. Данный металл не только прочно удерживает позиции в таких отраслях промышленности, как электротехника и электроника, производство кабельной продукции и теплообменных аппаратов, но и завоевывает новые области применения. Об этом свидетельствуют данные «International Copper Study Group» (ICSG), согласно которым в 2013 г. на долю применения меди как в электротехнике и электронике, так и в строительстве приходится по 30 % [1]. Данные по остальным отраслям применения меди приведены на рис. 1.

Представленное на рис. 1 распределение меди по отраслям промышленности несколько отличается от данных 2007 г. [2]: электротехника и электроника – 45...55 %, машиностроение – 10...15 %, строительство – 8...10 %, транспорт – 8...10 %, то есть очевиден рост потребления меди в строительной области.

Этому, не в последнюю очередь, способствует постоянное увеличение объемов

производства рафинированной меди, как из рудного, так и из вторичного сырья, после кризиса 2008-2009 гг. Согласно данным ICSG [3], мировой объем производства рафинированной меди в 2008 г. составил 18,214 млн. т., в 2009 г. – 18,248 млн. т., в 2010 г. – 18,981 млн. т., в 2011 г. – 19,596 млн. т. и в 2012 г. – 20,129 млн. т. По прогнозам [4], в 2013 г. будет произведено 20,912 млн. т. рафинированной меди, а в 2014 г. – 22,061 млн. т. Соответственно возрастет и потребление рафинированной меди: 20,525 млн. т. – в 2013 г. и 21,429 млн. т. – в 2014 г.

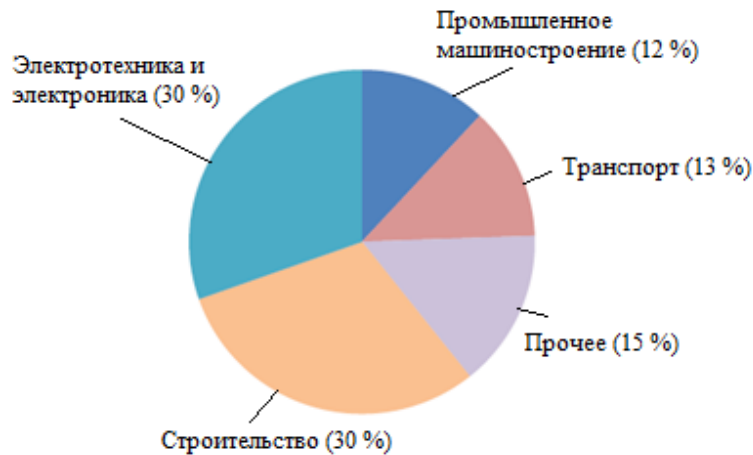


Рисунок 1 – Структура применения меди в различных отраслях промышленности по данным ICSG [1]

В последнее время делаются попытки разработки и внедрения на практике новых методов рафинирования меди, обеспечивающих достаточно высокую степень очистки от примесей при минимальных финансовых затратах [5]. К таким методам можно отнести:

- технологию прецизионного рафинирования, предложенную Донецким государственным научно-исследовательским и проектным институтом цветных металлов, предусматривающую операции поочередной загрузки флюсов на зеркало расплава и реакционный период с последующим снятием образующегося шлака; в качестве флюсов используют гексаметафосфат натрия, карбонаты кальция и магния;

- применение миксеров-дозаторов магнитодинамического типа, обладающих функциями индукционных канальных печей и электромагнитного насоса, что обеспечивает перемешивание расплава металла с вводимыми реагентами в условиях увеличенной площади их контакта и уменьшения толщины пограничного слоя на межфазной границе;

- вакуумно-плазменная обработка расплава, разработанная в Физико-технологическом институте металлов и сплавов НАН Украины под руководством академика В.Л. Найдека, которая позволяет осуществлять вакуумно-плазменную обработку расплавов при дозированном и непрерывном режимах разлива металла, а также поддерживать заданную температуру расплава во время рафинирования.

Указанные методы обеспечивают высокую степень очистки меди от примесей при соответствующей первичной подготовке шихты, состоящей из лома и отходов меди. Произведенную этими методами медь можно применять в строительной, транспортной и других отраслях промышленности, где высокая электропроводность не является лимитирующим фактором.

Однако основная схема производства рафинированной меди электротехнического назначения за последние десятилетия радикально не изменилась и включает в себя такие обязательные операции как огневое и электролитическое рафинирование.

Постановка задачи. Проанализировать влияние качества медных анодов участка огневого рафинирования на технологические показатели работы участка электролитического рафинирования меди в условиях работы ООО «Запорожский завод цветных металлов».

Основная часть исследований. На ООО «Запорожский завод цветных металлов» реализована традиционная схема производства рафинированной меди из лома и отходов, согласно которой сначала выполняют огневое рафинирование, обеспечивающее содержание меди до 99,0...99,6 %, далее полученную медь разливают в аноды и электролитическим рафинированием доводят до марок М0к, М00к по ГОСТ 859-2001.

Огневое рафинирование меди представляет собой окислительный процесс, при котором осуществляется продувка расплава меди воздухом с последующим восстановлением окисленной меди древесиной (операция «дразнение»), в результате чего образуется шлак, в котором концентрируется значительная часть примесей. Процесс огневого рафинирования вторичной черновой меди имеет ряд существенных особенностей по сравнению с процессом получения черновой меди из рудного сырья, обусловленных высоким содержанием свинца, цинка, олова, железа и никеля. Содержание перечисленных примесей на ООО «Запорожский завод цветных металлов» в медных анодах поддерживается в следующих диапазонах, %: 0,1...0,3 *Pb*; 0,07...0,1 *Ni*; 0,01...0,05 *Sn*; 0,015...0,04 *Zn*; 0,002...0,02 *Fe*. Поэтому огневое рафинирование в условиях данного предприятия является подготовительной операцией, которая обеспечивает удаление основной части примесей из меди, а при разливке – придание ей формы анода.



а)

а) следы от выработки изложницы;

б) наличие немедных включений в теле анода

Рисунок 2 – Поверхностные дефекты медных анодов:

Помимо химического состава, на ОАО «Запорожский завод цветных металлов» контролируются габаритные размеры и внешний вид анодов. Поверхность анода дол-

жна быть ровной с кривизной по вертикали не более 7,0 мм. На ней не должно быть наплесков и утолщения кромок, «шишек» и «пузырей», сплошной пузырчатости, углублений и выступов от выработки изложниц, а также не допускается наличие шлака, глины, угля и других немедных включений, которые образуют поверхностные дефекты анодов (рис. 2). Для удаления шлака, глины и других немедных включений применяется ручной труд: устранение дефектов при помощи металлической щетки.

Кроме поверхностных дефектов, могут иметь место и скрытые дефекты, которые обнаруживают только при срабатывании анода. При кристаллизации анода в его теле застывают неметаллические включения (остатки шлака, огнеупорной обмазки изложницы), которые во время срабатывания части анода при электролизе вымываются электролитом и в теле анода появляются сквозные отверстия, которые отрицательно влияют на анодную плотность тока и, следовательно, на весь процесс электролиза. Скрытые дефекты анодов хорошо видны при выгрузке из электролизных ванн анодных остатков (рис. 3). В производственных условиях ООО «Запорожский завод цветных металлов» сложно осуществить контроль скрытых дефектов и невозможно выявить бракованные аноды. Поэтому они поступают на участок электролитического рафинирования и оказывают негативное влияние на показатели его работы.

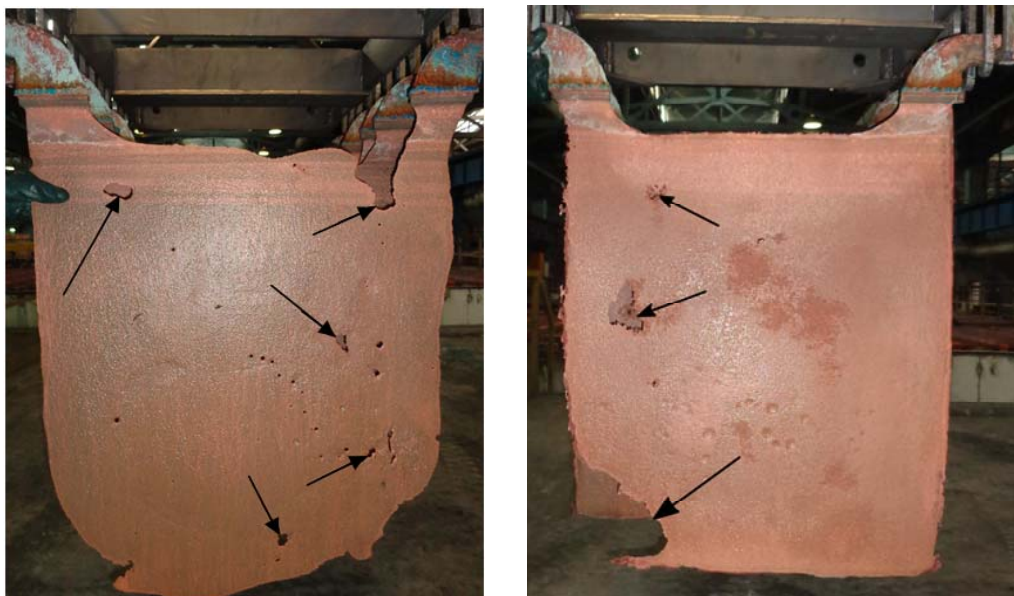


Рисунок 3 – Сквозные отверстия в теле анодных остатков из-за наличия в теле анода скрытых дефектов

Результаты анализа качества анодов, поступающих на участок электролитического рафинирования, а также анодных остатков, выгружаемых из товарных ванн и направляемых на переплавку, позволили получить следующие результаты. Необходимое количество анодов для загрузки одной товарной серии, состоящей из шести товарных ванн, составляет 204 шт. Среднее количество анодов с поверхностными дефектами (включения шлака, огнеупорной обмазки) при загрузке одной товарной серии составило 24...36 шт. или 11,8...17,6 %. Среднее количество анодных остатков со сквозными отверстиями при выгрузке из одной товарной серии составило 36...48 шт. или 17,6...23,5 %. Выполнять суммирование анодов с различными дефектами нельзя, так как один и тот же анод может иметь как поверхностные, так и скрытые дефекты.

На участке огневого рафинирования ООО «Запорожский завод цветных металлов» при производстве медных анодов выполняют следующую последователь-

ность операций: загрузка и расплавление шихты, продувка расплава меди воздухом, удаление шлака, восстановление избыточного кислорода древесиной («дразнение»), подготовка расплава к сливу в ковш, слив расплава в ковш, разливка меди из ковша по изложницам, загрузка закристилизовавшихся анодов в ванну для охлаждения. С целью снижения количества медных анодов с дефектами на участке огневого рафинирования было предложено в расплав меди дополнительно вводить раскислитель – фосфористую медь. Для этого на дно ковша перед сливом расплава размещают фосфористую медь из расчета 1...2 кг на 1 т расплава меди. Производят слив расплава в ковш и после выдержки с поверхности расплава удаляют шлак, а медь разливают по изложницам.

В результате применения раскислителя количество анодов с поверхностными дефектами уменьшилось до 18...30 шт. (8,8...14,7 %), а количество анодных остатков со сквозными отверстиями – до 24...30 шт. (11,8...14,7 %). Кроме того, анализ работы участка электролитического рафинирования на данных анодах в течение двух месяцев показал, что в первый месяц средний выход по току на товарных сериях составил 90,8 %, во второй месяц – 89,6 %, что больше его величины до проведения исследований (85,6 %). Зафиксировано снижение химического растворения медных анодов в сернокислом электролите (150...165 г/л H_2SO_4 , 50...65 г/л Cu) с 2,5 до 2,0 %, а также степени зашламленности электролита и повышение концентрации меди в медеэлектролитном шламе.

Выводы. Применение дополнительного раскислителя (фосфористой меди) на стадии огневого рафинирования меди позволило повысить качество медных анодов: уменьшить количество анодов с поверхностными дефектами в среднем на 3 %, а анодов со скрытыми дефектами – на 5,8...8,8 %. Работа участка электролитического рафинирования на таких анодах характеризуется повышением среднего выхода по току на товарных ваннах на 4,0...5,2 %, что позволило дополнительно получить около 21 т катодной меди в месяц.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The World Copper Factbook 2013. Сайт «International Copper Study Group» [Электронный ресурс] Режим доступа : \www/ URL: <http://icsg.org/index.php/press-releases/finish/170-publications-press-releases/1188-2013-world-copper-factbook>. – Загл. с экрана.
2. Рафинированная медь Украины [Текст] : пособ. / Ю. А. Савенков, В. И. Дубоделов, В. А. Шпаковский и др. – Днепропетровск : АРТ-ПРЕСС, 2008. – 176 с. – Библиогр. : с. 172. – ISBN 978-966-348-147-0.
3. Copper: Preliminary Data for July 2013. Сайт «International Copper Study Group» [Электронный ресурс] Режим доступа : \www/ URL: <http://icsg.org/index.php/press-releases/finish/114-monthly-press-release/1626-2013-10-22-monthly-press-release>. – Загл. с экрана.
4. Copper Market Forecast 2013-2014. Сайт «International Copper Study Group» [Электронный ресурс] Режим доступа : \www/ URL: <http://icsg.org/index.php/press-releases/finish/113-forecast-press-release/1605-2013-10-icsg-forecast-press-release>. – Загл. с экрана.
5. Егоров, С. Г. Альтернативные методы рафинирования меди [Текст] / С. Г. Егоров // *Металлургия : наукові праці Запорізької державної інженерної академії*. – Запоріжжя : РВВ ЗДІА, 2009. – Вип. 20. – С. 70-77.

Стаття надійшла до редакції 27.11.2013 р.
Рецензент, проф. В.П. Грицай

Текст даної статті знаходиться на сайті ЗДІА в розділі Наука
<http://www.zgia.zp.ua>