

водную фазу. Плохо растворимый в воде CH_4 , минуя нижний биореактор поступает в верхний биореактор с омываемым слоем и иммобилизованными на нем микроорганизмами.

Питательную среду подают дозатором через спринклерное устройство (4) сверху навстречу потоку газа. Очищенный газ отводят через штуцер в верхней части биореактора (2). В первом биореакторе (6) после инокуляции путем автоселекции в среде с H_2S и NH_3 формируется микробиоценоз, в котором доминируют хемолитоавтотрофные бактерии – тиобациллы и нитрифицирующие. Во втором биореакторе с омываемым слоем (7), необходимо использовать метанотрофные бактерии.

Список литературы: 1. Троценко Ю.А. Биохимия и физиология метилотрофов / Троценко Ю.А. – Пушино: НЦБИАН ССР, 1987. – 177 с. 2. Кондратьева Е.Н. Хемолитотрофы и метилотрофы / Кондратьева Е.Н. – Учебное пособие. – М.: МГУ, 1983. – 172 с. 3. Малашенко Ю.Р. Метаноокисляющие микроорганизмы / Малашенко Ю.Р. – М.: Наука, 1978. – 197 с. 4. Рост микроорганизмов на C_1 -соединениях / Коллектив авторов. – Пушино: НЦБИАН ССР, 1977. – 234 с. 5. Бахарева А.Ю. Химический состав газообразных выбросов из канализационных сетей / А.Ю. Бахарева, В.А. Юрченко, Е.В. Бригада // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2008. – Вип. 46. – С. 223-228. 6. Мякенький В.И. Микробиологическое окисление метана угольных шахт / Мякенький В.И., Курдиш И.К. – К : Наук. думка, 1991. – 148 с. 7. Куликов Н.И. Установка для исследования процессов биохимической очистки промышленных газовых выбросов / Н.И. Куликов, А.А. Эннан, В. В. Костик, М.Г. Бельдид // Хімія та технологія води. – К.: Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України. – 1995. – № 6 – С. 621-624. 8. Биология метанобразующих и метаноокисляющих микроорганизмов / Малашенко Ю.Р., Хайер Ю., Бергер У. и др. – К: Наукова думка, 1993. – 255 с. 9. Волошина О.С. Исследование очистки газовых выбросов сульфат-целлюлозного производства методом микробиологического дезодорирования / О.С. Волошина, С.Ю. Иванян // Тезисы докладов семинара «Обезвреживание отходов химических производств с использованием биологических систем», 5-10 декабря 1987г., Донецк. – Черкассы: ОНИИТЭХИМ, 1987. – С. 46-48. 10. Шлегель Г. Общая микробиология / Шлегель Г. – М.: Мир, 1987. – 566 с. 11. Каравайко Г.И. Микроорганизмы и их роль в биогеотехнологии металлов / Каравайко Г.И. – М.: Центр международных проектов ГКНТ. – 1989. – 149с.

Поступила в редколлегию 23.11.2011

УДК 621.793

О.В. ЦЫГАНКОВА, асп., ЗГИА, Запорожье

С.Г. ЕГОРОВ, канд.техн.наук, доц., ЗГИА, Запорожье

И.Ф. ЧЕРВОНЫЙ, докт. техн. наук, проф., зав.каф., ЗГИА, Запорожье

Р.Н. ВОЛЯР, ст. преп., ЗГИА, Запорожье

О ПОТЕНЦИАЛЕ ОГНЕВОГО РАФИНИРОВАНИЯ МЕДИ ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

Робота присвячена аналізу виробництва міді з вторинної сировини на підприємствах України. Показане, що в певних умовах технологія одержання високоякісної міді може закінчуватися на операції вогневого рафінування.

Ключові слова: розплав, вогневе рафінування, домішки

Работа посвящена анализу производства меди из вторичного сырья на предприятиях Украины. Показано, что в определенных условиях технологическая цепочка получения высококачественной меди может заканчиваться на операции огневого рафинирования.

Ключевые слова: расплав, огневое рафинирование, примеси

Work is devoted the analysis of copper manufacture from secondary raw materials at the factory of Ukraine. It is shown that under certain conditions the production string of high-quality copper production can come to an end on operation of fire refinement.

Key words: melt, fire refinement, impurity

Введение

На протяжении многих десятилетий основными потребителями меди и сплавов на ее основе являются электротехническая, электронная, химическая, строительная промышленности, машиностроение, транспорт и др. [1,2]. Однако в последние годы наблюдается тенденция к расширению традиционных областей применения меди, особенно возросло потребление меди в строительной промышленности [3]. В развитых странах медь активно используют для производства трубопроводов для холодной и горячей воды, трубопроводов для транспортировки бытового газа [4]. Все это обусловило рост производства и потребления меди до начала мирового экономического кризиса в 2008 г., который привел к падению цен на медь и резкому снижению производства меди. После кризиса производство меди вновь стало расти, о чем свидетельствует рост цен на медь на Лондонской бирже металлов (рис. 1) [5,6].

На Украине существуют перспективные месторождения меди, но их промышленное освоение не ведется [7]. Поэтому единственным внутренним источником сырья меди являются лом и промышленные отходы [8], а переработка рудного сырья должна будет покрывать дефицит баланса между потреблением и производством меди. Кроме того, переработка вторичного сырья позволит рационально расходовать природные ресурсы, снизить техногенную нагрузку на окружающую среду.

По оценке авторов [9], которые рассматривали транспортные средства как источник образования металлолома, на Украине фонд меди, находящейся в транспортных средствах железнодорожного, автомобильного, водного и воздушного транспорта, составляет около 244 тыс.т. Структура содержания меди в каждом виде транспортных средств представлена на рис.2.

Авторы [9] отмечают, что большая часть транспортных средств работает дольше нормативного срока, а у части транспортных средств нормативный срок эксплуатации подходит к концу.

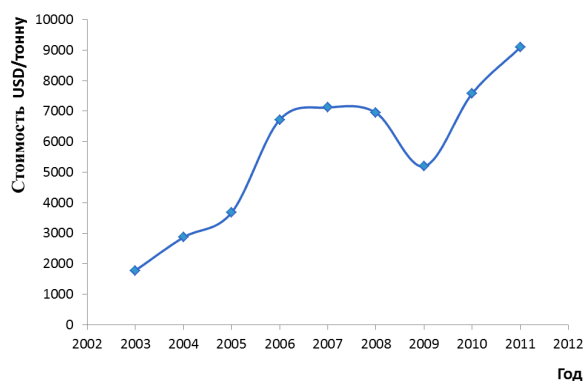


Рис. 1. Динамика среднегодовой цены на 1 тонну меди на Лондонской бирже металлов

В связи с низкими темпами технического перевооружения промышленности, значительным спадом производства в период 2008-2009 гг. и высоких цен на медное вторичное сырье на Украине снизились темпы сбора амортизационного и оборотного лома.

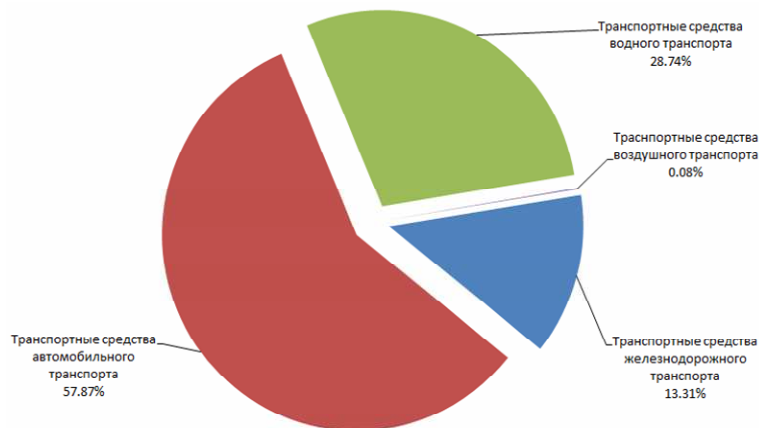


Рис. 2. Содержание меди в транспортных средствах различных видов транспорта

Цель

Провести термодинамический анализ реакций удаления примесей из расплава меди в процессе огневого рафинирования.

Основная часть

В технологической цепочке производства меди электротехнического назначения присутствуют два рафинировочных процесса – огневое и электролитическое рафинирование. Такое построение процесса рафинирования обходится дешевле, чем прямая электролитическая очистка. Огневое рафинирование рассматривается как промежуточная операция, задача которой заключается в получении промежуточного продукта (медные аноды) заданного состава. Однако в некоторых случаях, когда медь не содержит благородных металлов или отсутствует необходимость получения очень чистой меди, ее очистку ограничивают огневым рафинированием. Полученную в этом случае медь используют для проката на лист или для приготовления ряда сплавов.

Данная технология имеет ограничения, сдерживающие расширения производства катодной меди, особенно в странах, не имеющих промышленных запасов медьсодержащих руд: 1) отсутствие во вторичном сырье драгоценных и редких металлов, извлечение которых на стадии электролитического рафинирования обеспечивает приемлемую стоимость конечной продукции; 2) необходимы значительные производственные площади для размещения электролитических ванн; 3) необходимы водоочистные сооружения для регенерации и нейтрализации кислотного электролита; 4) возрастает экологическая нагрузка на окружающую среду. Перечисленные ограничения вынуждают к расширению применения огневого рафинирования как последнего переддела в производстве качественной меди. В результате такого подхода на стадии огневого рафинирования будет производиться не полупродукт, а готовая высококачественная медь, идущая на изготовление требуемых заказчиком изделий.

Основной задачей огневого рафинирования является удаление примесей из расплава меди в результате продувки его воздухом при температуре 1100 °С. При этом происходит окисление меди и примесных элементов, оксиды которых переходят в шлак:



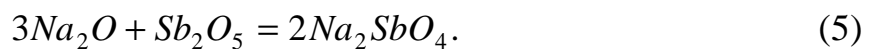
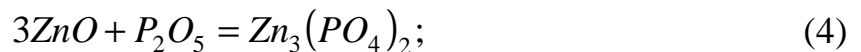
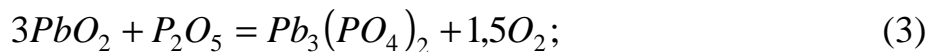


Остаточное содержание примесей определяется равновесием реакции (2).

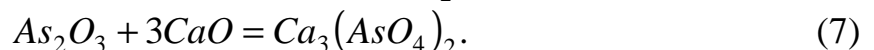
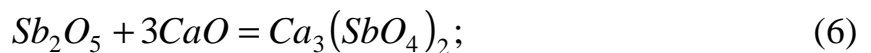
Возможность рафинирования меди путем продувки расплава воздухом под первичным шлаком имеет термодинамические ограничения [10,11]. Остаточная концентрация примеси в расплаве зависит не только от концентрации кислорода в расплаве, но и от активности оксида примеси в шлаке. Чем меньше активность примеси в шлаке, тем глубже рафинирование за счет сдвига равновесия реакции окисления примеси в сторону продуктов реакции. Поэтому для максимального удаления примесей в окислительном периоде рафинирования необходимо постоянно удалять образующийся шлак.

Одним из способов повышения скорости и полноты протекания процессов удаления примесей является применение порошкообразных флюсов [10], загружаемых на зеркало расплава или подаваемых непосредственно в объем расплава. В состав смеси рафинирующих флюсов могут входить гексаметафосфат натрия, фосфид меди, кальцит и др.

Добавление гексаметафосфата натрия ($Na_6P_6O_{18}$) и фосфида меди (Cu_3P) способствует образованию кислого шлака с низкой вязкостью и связыванию некоторых примесных элементов в сложные соединения в результате взаимодействия оксидов этих примесей с P_2O_5 и Na_2O :



Введение кальцита ($CaCO_3$) призвано удалить примеси сурьмы и мышьяка:

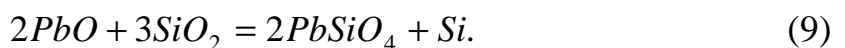


Протекание реакций (3)-(7) возможно с термодинамической точки зрения (рис.3), наиболее отрицательным потенциалом обладают реакции (3) и (6), более положительным потенциалом – (4) и (5). Реакции перехода в шлак оксидов свинца, сурьмы и мышьяка протекают с более высокой скоростью, чем для оксида цинка.

Для дополнительной очистки меди от свинца применяют кварцевый флюс с целью связывания PbO в силикат [11]:



Однако, как показывают термодинамические расчеты, более вероятно протекание следующей реакции (рис.4):



Образование силиката свинца облегчает переход свинца в шлак из-за меньшей плотности силиката в сравнении с глетом (PbO).

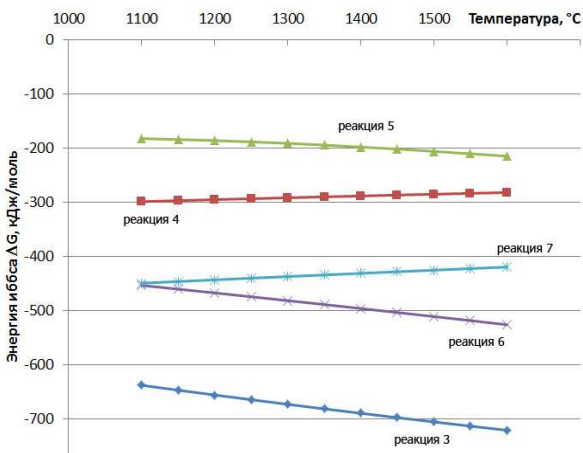


Рис. 3. Зависимость энергии Гиббса от температуры для реакций удаления примесей (3)-(7)

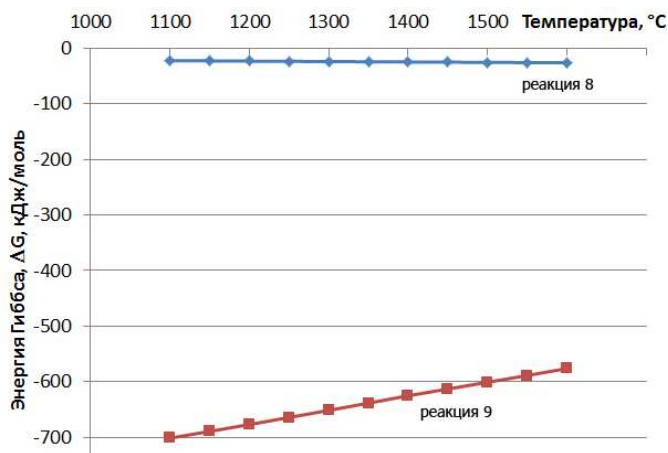
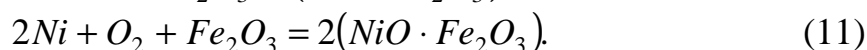
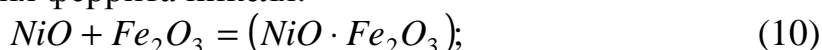


Рис. 4. Зависимость энергии Гиббса реакций образования силикатов свинца от температуры

Очистке расплава меди от никеля способствует добавление оксида железа Fe_2O_3 с целью создания ферритных шлаков. Предполагают протекание следующих реакций образования феррита никеля:



Изобарный потенциал образования феррита никеля в присутствии кислорода значительно выше изобарного потенциала взаимодействия оксидов никеля и железа (рис.5). Введение оксидов железа на завершающей стадии окислительного рафинирования позволяет удалить никель до сотых долей процента [10].

В результате применения порошкообразных флюсов в определенной последовательности

можно добиться высокой степени рафинирования расплава меди от сопутствующих примесей – железа, цинка, мышьяка, сурьмы, никеля.

Выводы

Предприятия Украины, производящие медь и сплавы на ее основе, работают на сырье низкого качества, поэтому необходим комплексный подход к заготовке и сортировке лома, а также к производству меди огневого рафинирования с целью получения высококачественной меди и конкурентоспособной продукции из нее. При модернизации производства необходимо повышать эффективность глубокого рафинирования расплава меди.

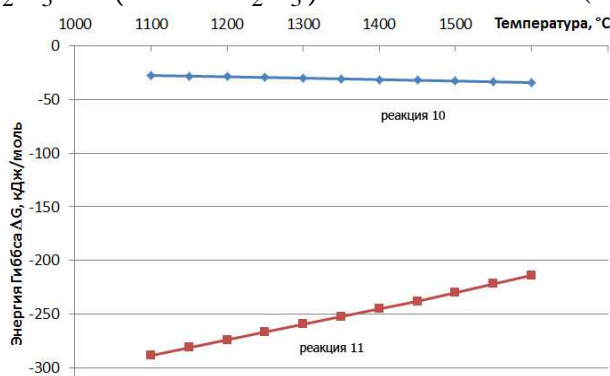


Рис. 5. Зависимость энергии Гиббса реакций образования феррита никеля от температуры

Список литературы: 1. Савенков Ю.Д. Рафинированная медь Украины [Текст] / Ю.Д. Савенков, В.И. Дубоделов, В.А. Шпаковский, В.А. Кожанов, Е.В. Штепан. – Днепропетровск: АРТ-ПРЕСС, 2008. – 176 с., табл. 32, ил. 68. – Библиогр.: с.172. – 150 экз. – ISBN 978-966-348-

147-0. **2. Бредихин В.Н.** Медь вторичная: монография [Текст] / В.Н. Бредихин, Н.А. Маняк, А.Я. Кафтаненко – Донецк: ДонНТУ, 2006. – 416 с., табл. 107, ил. 145. – Библиогр.: с. 404-407. – 300 экз. – ISBN 996-8388-12-7. **3. Червоний И.Ф.** Медь – сестра украинской промышленности [Текст] / И.Ф. Червоний, В.И. Иващенко, С.Г. Егоров // *Металлургический компас*. – 2006. – №5(41). – С.32-35. **4. Чернобаев В.М.** Неосвоенные ниши [Текст] / В.М. Чернобаев // *Металл*. – 2004. – №9. – С.70-75. **5.** Динамика цен на медь (LME.Copper). USD/тонна [Электронный ресурс] // Режим доступа к ресурсу: <http://www.news.yandex.ru/quotes/1501.html> **6.** Игревская Л.В. Конъюнктура мирового рынка меди в 2007-2008 гг. [Электронный ресурс] / Л.В. Игревская // Режим доступа к ресурсу: <http://www.mineral.ru/Analytics/worldtrend/108/236/index.html> **7. Савенков Ю.Д.** Флагман цветной металлургии Украины [Текст] / Ю.Д. Савенков // *Бизнес-мост*. – 2006. – №8. – С.28-29. **8. Кожанов В.А.** Обновление и перспективы развития металлургии вторичных цветных металлов Украины [Текст] / В.А. Кожанов, В.М. Чернобаев, В.А. Попов // *Рынок вторичных металлов*. – 2006. – №4. – С.44-48. **9. Гребельный А.В.** Оценка фонда цветных металлов в транспортных средствах Украины: монография [Текст] / А.В. Гребельный, В.А. Попов, А.В. Самылин, В.А. Токарева. – Д.: Кальмиус, 2011. – 92 с. – Библиогр.: с. 91. – 60 экз. – ISBN 978-966-8388-53-3. **10. Савенков Ю.Д.** Исследование возможности глубокого огневого рафинирования лома и отходов меди [Текст] / Ю.Д. Савенков, В.А. Шпаковский, В.А. Кожанов // *Металл и литье Украины*. – 2007. – №3. – С.45-47. **11. Кожанов В.А.** Термодинамические предпосылки прецизионного огневого рафинирования меди из лома и отходов [Текст] / В.А. Кожанов, Ю.Д. Савенков, В.А. Шпаковский // *Металл и литье Украины*. – 2007. – №8. – С.34-37.

Поступила в редколлегию 23.11.2011

УДК 624.138

В.К. ЖДАНЮК, докт.техн.наук, зав.каф., ХНАДУ, Харків
Я.І. ПНАСЮК, асп., ХНАДУ, Харків

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНІСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЦЕМЕНТОГРУНТУ З ДОБАВКОЮ «ROADCEM»

Досліджено вплив добавки «RoadCem» при укріпленні ґрунту цементом на показники міцності при стиску та на розтяг при вигині. Оцінено морозостійкість ґрунту укріпленого цементом сумісно з добавкою «RoadCem».

Ключові слова: цементогрунт, міцність, добавка «RoadCem»

Исследовано влияние добавки «RoadCem» при укреплении грунта цементом на показатели прочности при сжатии и на растяжение при изгибе. Оценена морозостойкость грунта укреплённого цементом совместно с добавкой «RoadCem».

Ключеві слова: цементогрунт, прочность, добавка «RoadCem»

The influence of additives «RoadCem» by strengthening soil cement on the performance of compression strength and tensile at a bend. Investigated soil frost fortified cement together with the addition of «RoadCem».

Key words: soil strengthened by cement, strength, additive «RoadCem»

1. Вступ та актуальність роботи

У дорожньому будівництві, як і в інших галузях народного господарства підвищення якості робіт, зниження собівартості будівництва за рахунок економії будівельних матеріалів, використання новітніх технологій та матеріалів є важливою задачею. Відомо [1-4], що укріплені ґрунти дешевші привозних дорожньо-будівельних матеріалів, а шари основи дорожнього одягу, що