РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ ПЛАВКИ МЕДНЫХ СПЛАВОВ

Якубов Лазизхан Эргашханович

Алмалыкский государственный технический институт

Аннотация. Разработана ресурсосберегающая технология электрошлаковой плавки медных сплавов с использованием ЭШП с нерасходуемым графитовым электродом. Доказано, что флюсы с 8-10% свободного углерода и предварительный нагрев шихты до 450-550°С обеспечивают минимальный угар (до 2-3%) при переплаве 100% стружки, повышая качество сплава.

Ключевые слова: ЭШП, медные сплавы, угар, флюс, углерод, стружка.

Annotatsiya. Sarflarni tejovchi elektroslag qayta eritish texnologiyasi (ЭШП) mis qotishmalarini erishda sarflanmaydigan grafit elektroddan foydalanilgan holda ishlab chiqildi. Tarkibida 8–10% erkin uglerod bo‘lgan flyuslar va shixani 450–550°C gacha oldindan qizdirish 100% chipani qayta eritishda minimal yo‘qotishni (2–3% gacha) ta’minlashi, natijada qotishma sifatini oshirishi isbotlandi.

Kalit so‘zlar: ЭШП, mis qotishmalari, yo‘qotish (ugar), flyus, uglerod, strujka.

Abstract. A resource-saving electroslag remelting technology for copper alloys using electroslag remelting (ESR) with a non-consumable graphite electrode has been developed. It has been proven that fluxes containing 8–10% free carbon and the preliminary heating of the charge to 450–550°C ensure minimal burn-off (up to 2–3%) when remelting 100% chips, thereby improving the quality of the alloy.

Keywords: ESR, copper alloys, burn-off, flux, carbon, shavings.

Введение.

В представленной диссертационной работе рассматривается разработка и внедрение ресурсосберегающей технологии плавки медных сплавов с использованием усовершенствованной конструкции плавильного агрегата – электрошлаковой печи (ЭШП) с нерасходуемым графитовым электродом. Основная цель разработки – снижение угара металла при переплаве легко окисляемой шихты, в частности отходов производства (стружки, лома), для получения качественного металла, соответствующего требованиям машиностроителей.

Усовершенствование технологии электрошлакового переплава. Новый способ электрошлакового переплава, разработанный сотрудниками Ташкентского государственного технического университета, использует графитовый нерасходуемый электрод вместо расходуемого, характерного для классической ЭШП. В качестве защитного слоя применяется специальный флюс.

Конструкция экспериментальной ЭШП

ISSN 3030-3907

Для проведения исследований была разработана однофазная экспериментальная установка ЭШП, питающаяся от сварочного трансформатора ТС-500.

Экспериментальные исследования по переплаву велись на установке представленной на рисунке 1. Данная установка однофазная, питается от сварочного трансформатора ТС – 500. В качества измерительных прибор применяли К – 50, с помощью которого можно замерять силу тока как на одном электроде, так на двух или трех, вольтаж, мощность.

Экспериментальная установка (рисунок 1) имеет: стойку (1) по которой происходит перемещение верхнего электрода (3), отрос (2), кожух (4) толщиной 4 мм, который соединяется с поддоном, набивная футеровка (6), две стойки (5), которые удерживают экспериментальную установку и дают возможность поворачивать ее на 180 ^{0}. Внизу печи находится нижний электрод (10), который изолирован от окружающей среды набивной футеровкой. К нижнему электроду подводится медный шланг (18). К верхнему электроду подводится медный шланг (13), прикреплённому на изоляторе (12).

Наличие подвижного верхнего электрода обусловлено тем, что при различном шлаке электропроводность его разная, поэтому необходимо менять путь прохождения тока, что, и осуществляется этим электродом. По мере разогрева кокса (7) проводится наводка шлака (8). Проведя расплавление и выпуск металла, установку отключают и поворачивают на 180°, тем самым удаляют шлак и кокс. В верхней части установки имеются два поворотных свода на одной из которых имеется отверстие (16) для вывода газа.

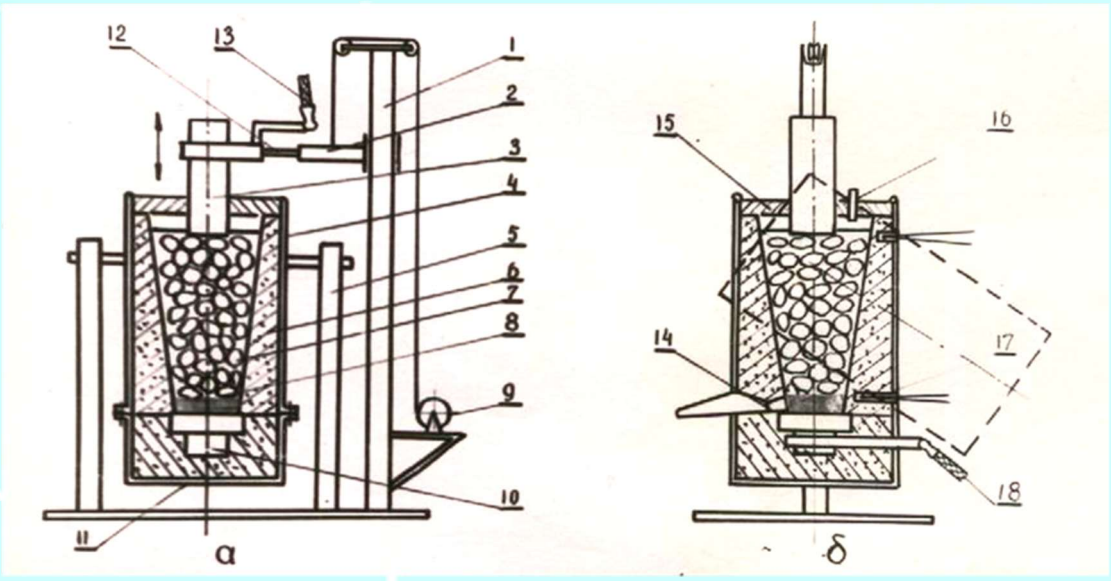


Рис.1. Схема однофазной электрошлаковой печи

Снижение угара за счет флюса и подогрева шихты

ISSN 3030-3907

Проведенные экспериментальные плавки в различных печах (индукционной, сопротивления, ЭШП) и режимах показали, что:

1. Применение защитного флюса позволяет снизить количество угара на несколько процентов.

2. Предварительный нагрев шихты до определенной температуры снижает содержание газовых и оксидных включений в расплаве.

Наиболее эффективным режимом нагрева шихты перед загрузкой для плавки является интервал температур 450–550 °C. При нагреве свыше 600°C происходит образование поверхностных пор в шихте, которые могут поглощать газовые включения, ухудшая качество расплава.

Разработка и анализ составов флюсов. Важнейшим элементом разработанной технологии является использование специального флюса, который обеспечивает защиту расплава и его рафинирование.

Сравнительный анализ плавильных агрегатов

Сравнение различных типов печей (Таблица 1) показало, что разработанная ЭШП имеет следующие преимущества:

Характеристика наиболее широко используемых типов плавильных печей при плавке медных сплавов.

Таблица-1.

№	Тип плавильного агрегата	Характеристика плавильного агрегата					Количественные показатели газовых включений в выплавляемых сплавах	
		Ёмкость, т	Удельный расход топлива	Производительность, т/час	Угар металла, %	КПД, %	Содержание газа, $см^3$/100г сплава	Содержаниеметаличесих включений, мм/см (по пробе Добаткина В.И.)
1.	Индукционно-канальные печи	0,4-16	520-453 кВт ч/т	0,10-7	1,6-2,0	60-75	0,4-1,2	0,5-1,5

ISSN 3030-3907

2.	Индукционные тигельные печи	0,4-10	727-557 кВт ч/т	0,12-4,4	2,0-2,3	60	0,6-2,5	0,9-2,7
3.	Печи электро-сопротивления	0,5-10	620-525 кВт ч/т	0,10-7	1,6-1,8	60-75	0,4-1,2	0,5-1,5
4.	Электро шлаковая печь	0,2-1,2	40-1000 кВт ч/т	0,2-1,2	0.3-0,8	75-80	0,05-0,9	0,08-0,12

Низкий угар металла: 0.3-0.8% (самый низкий показатель).

Низкое содержание неметаллических включений (по пробе Добаткина): 0.08-0.12 мм/см (самый низкий показатель).

Высокий КПД: 75-80% (один из самых высоких).

Ключевым фактором для снижения угара в ЭШП является наличие свободного углерода в составе флюса.

Механизм действия: В зоне горения дуги ЭШП достигаются высокие температуры (свыше 1827°C), при которых активность углерода к кислороду резко возрастает по сравнению с медными сплавами. Это позволяет эффективно восстанавливать оксиды и снижать угар.

Оптимальное содержание. На основе экспериментов установлено, что содержание свободного углерода в количестве 8-10% в составе флюса в достаточной мере обеспечивает защиту расплава от окисления, обеспечивая угар в ЭШП на уровне 2-3%.

Таблицы-2

Рекомендуемые составы флюсов для ЭШП

Назначение флюса	**NaCl (%)**	**KCl (%)**	**C (%)**	**$MgCl_2$ (%)**	**$CaCl_2$ (%)**	**NaF (%)**
Для переплавки отходов	50	30	**8-10**	2	2-4	2-4
Для покровного флюса	40	30	**8-10**	5	5	10

Флюсы для латуни и бронзы. Для плавки латуни и бронзы в разработанной ЭШП также рекомендуется использовать составы флюсов с добавлением углерода (10%). Эти флюсы включают такие компоненты, как SiO_2, бура, CaF_2, $CaCl_2$, KCl, NaO, CaO в различных соотношениях, обеспечивая рафинирование и защиту расплава *(*Таблицы 2*)*.

Промышленное внедрение и экономический эффект

ISSN 3030-3907

Испытания на ЦРМЗ АГМК. Промышленные испытания разработанной технологии и конструкции печи были проведены на Центральном ремонтно-механическом заводе (ЦРМЗ) Алмалыкского горно-металлургического комбината (АГМК).

Агрегат. Была изготовлена металлоконструкция электрошлаковой печи с графитовым нерасходуемым электродом и смонтирована на действующей установке ЭШП УЭШП-А-550.

Результаты испытаний. Эксперименты показали, что разработанная технология и флюс позволяют переплавлять шихту, состоящую из 100% стружки (отходов), в данной печи, получая качественный металл, удовлетворяющий физико-механическим свойствам.

Скорость плавки. Время плавки второй партии расплава в уже разогретой печи составило всего 35 минут, что свидетельствует о высокой производительности.

Преимущества разработанного способа. Внедрение данной технологии на базе ЭШП с нерасходуемым электродом обеспечивает:

1. Сокращение безвозвратных потерь металла (низкий угар).
2. Экономию энергетических затрат.
3. Повышение качества расплава за счет его прохождения через слой флюса.
4. Возможность использования более дешевой шихты (отходов производства).
5. Исключение необходимости в отдельном агрегате для приготовления шлака.

Рекомендуется использование заводских установок ЭШП для применения данной технологии плавки цветных сплавов с использованием рекомендованных составов шлаков в условиях ЦРМЗ при АГМК.

Заключение. Разработанная технология электрошлакового переплава медных сплавов с применением нерасходуемого графитового электрода и специализированного флюса с содержанием углерода 8-10% представляет собой эффективный ресурсосберегающий метод. Она позволяет существенно снизить угар металла при переработке отходов (стружки), одновременно повышая качество конечного сплава. Промышленные испытания на АГМК подтвердили практическую применимость и эффективность предложенного подхода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vagi Ian Ichiro // 1. Mining and Met. Inst., Iap. -1977.-V. 93, N1077. -P.889-894, 963-968.

ISSN 3030-3907

2. Тураходжаев Н.Д. Использование тепла отходящих газов из шахты плавильных агрегатов. //Сборник научных статей Республиканской научно–практической конференции «Фан ва техника тараққиётида ёшлар». – Ташкент, 2007. - С. 43-45.
3. Александров, М.В. Повышение циклической термостойкости путем улучшения их литой структуры / М.В. Александров // Труды XI Съезда литейщиков России. - Екатеринбург, 2013. -С.29-32.
4. Коростелев В.Ф. Автоматизация технологических процессов и производств. Учебное пособие (с грифом УМО). Владимирский гос. ун-т. – Владимир: Ред.-изд. комплекс ВлГУ. 2005. – 149 с.
5. Коростелев В.Ф., Щелоков М.Е., Игошин А.В. Программно-корректируемое управление наложением давления при литье автомобильных дисков. Ж. Мехатроника, автоматизация, управление, № 10. 2003. С. 8-12.
6. KorostelevV. Methodeund Einrichtung fur Druckguss // Internationale Fachmesse “Ideen - Erfindungen – Neuheiten”. 28 Oktober, 2004.
7. Сысоев С.Н. Принципы и методы нахождения технических решений. Метод исследования функционально-физических связей: монография / С.Н. Сысоев; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007. – 214 с. – ISBN 5-89368-775-2.
8. Якубов Л.Э., Тураходжаев Н.Д., Туляганов Э.Х. Заключительный отчёт по хоздоговорной работе №24/10-02-3865/10. Алмалык, 2012, 112 с.
9. Якубов М.М., Юсупходжаев А.А., Ли И.И. Поиск перспективных путей переработки клинкера цинкового производства на Алмалыкском горно-металлургическом комбинате // Узб. хим. ж., 2004. - № 3. - С. 52-55.
10. Якубов Л.Э., Тураходжаев Н.Д., Туляганов Э.Х. Заключительный отчёт по хоздоговорной работе № 19/13/02-1465 юр Алмалык, 2015, 126 с.

ISSN 3030-3907