

С.И. Адамчук, к.т.н., ст. науч. сотр., Г.А. Бялик, к.т.н., доцент, В.В. Наумик, д.т.н., доцент, В.В. Лунёв, д.т.н., профессор, О.С. Омельченко (Запорожский национальный технический университет, Украина)

Способ рафинирования расплава меди и ее сплавов от кислорода

Разработан способ рафинирования расплава меди и ее сплавов от кислорода в процессе индукционной плавки при помощи шайбы из плотного графита, имеющей определенное количество свободно расположенных отверстий. За счёт аккумуляции тепла расплава шайба также создаёт условия для направленного затвердевания литой заготовки.

Ключевые слова: медь, вторичные материалы, рафинирование, графит, направленное затвердевание.

Розроблено спосіб рафінування розплаву міді і її сплавів від кисню в процесі вакуумної плавки за допомогою шайби з щільного графіту, що має певну кількість вільно розташованих отворів. За рахунок акумуляції тепла розплаву шайба також створює умови для спрямованого затвердіння литої заготовки.

Ключові слова: мідь, вторинні матеріали, рафінування, графіт, спрямоване затвердіння.

It is developed the method of copper and copper alloys fusion purifying from oxygen in the process of the induction melting by a tight graphite puck, having a certain quantity of the freely located openings. Due to the accumulation of heat of fusion a puck also creates conditions for the strait solidification of the cast semis.

Keywords: copper, secondary materials, purifying, graphite, strait solidification.

Введение

Медь и сплавы на её основе получили широкое распространение в современном машиностроении, в особенности в таких отраслях как энергетика, электроника, аэрокосмическая, криогенная и атомная техника.

Промышленное использование чистой меди, прежде всего, обусловлено её высокими электро- и теплопроводностью. Использование в полной мере перечисленных уникальных свойств меди, подразумевает применение при изготовлении различных деталей чистого исходного материала. Наличие вредных примесей даже в небольших количествах существенно ухудшает комплекс эксплуатационных свойств меди.

Как известно, Украина не располагает собственными природными ресурсами первичной меди, потому, несомненно, актуальным является вопрос усовершенствования технологических процессов, позволяющих получать высококачественные изделия с использованием имеющихся в наличии запасов вторичной меди.

Отходы меди попадают на переработку, как правило, в виде стружки, обрезков проводов, шин обмоток трансформаторов, высеч-

ки корпусов мощных диодов и тиристоров, отходов штамповочного производства (рис. 1). Они имеют развитую поверхность, вследствие чего сильно подвержены поверхностному окислению.

Исследование отходов меди показало, что основной вредной примесью в них, как правило, является кислород.

Основной материал исследований

Согласно расчетным данным, при использовании в качестве шихты обрезков проводов содержание кислорода в зависимости от диаметра провода и толщины оксидного слоя может достигать 0,5 % и более.

Эффективным раскислителем меди является углерод. Согласно данным, приведенным в работе [1], при раскислении углеродом содержание кислорода в меди может быть снижено до уровня $5,2 \cdot 10^{-7}$ %.

Предельная растворимость углерода в меди определяется согласно уравнению [1]:

$$\lg[C]^{нас} = -\frac{11100}{T} + 3,10. \quad (1)$$

Так, при 1200°C содержание углерода в меди, соответствующее концентрации насыщения, состав-

ляет $3,57 \cdot 10^{-5}$ %. Незначительная растворимость углерода в меди позволяет использовать графит в качестве конструкционного материала для деталей, контактирующих с её расплавом.

Углерод активно окисляется на воздухе, что негативно сказывается на долговечности нагретых до



Рис. 1. Внешний вид вторичных медных шихтовых материалов

высоких температур графитовых деталей. Существенно повысить ресурс работы этих деталей можно за счёт размещения их в рабочей камере вакуумной плавильной установки.

В случае ведения плавки при остаточном давлении 6,5 Па ($5 \cdot 10^{-2}$ мм рт. ст.) окисление углерода незначительное и ресурс работы нагретых до высоких тем-

ператур графитовых деталей, в основном, определяется механическим износом. Такое давление в рабочей камере установки может быть обеспечено механическими вакуумными насосами, и для снижения содержания кислорода наиболее эффективным является раскисление меди углеродом в вакууме.

Известен способ рафинирования отходов меди за счёт последовательного введения рафинирующих флюсов с последующим удалением образующихся шлаков [2]. Флюс содержит от 25 до 52 весовых процентов оксида меди, химически связанного с фосфорсодержащими соединениями. Основную часть флюса вводят в шихту на стадии загрузки медного лома в тигель печи, и ещё 10 – 20 % – под зеркало расплава после расплавления около половины загруженной шихты. Рафинирование таким способом осуществляется недостаточно качественно.

Медь и сплавы на её основе рафинируют в процессе индукционной плавки за счёт равномерного введения рафинирующих флюсов на основе полиметафосфатов щелочных металлов с добавлением оксидов меди и последующего удаления образующихся шлаков [3]. Однако в ходе осуществления процесса происходит восстановление вредных примесей из остатков не удалённого шлака и их обратная диффузия в расплав.

Существует способ выплавки высококачественных марок меди, при котором в качестве раскислителя используется углерод (древесный уголь, сажа и т.п.) [4]. Измельчённый углеродистый материал загружается в графитовый тигель печи вместе с шихтой. Раскисление происходит в процессе вакуумной индукционной плавки за счёт взаимодействия расплава с измельчённым углеродом и поверхностью тигля. Эффективность процесса раскисления при этом зависит от исходного содержания кислорода в шихте. Стойкость графитового тигля недостаточна. Используемый порошок графита всасывается в вакуумную систему и загрязняет масло в вакуумных насосах.

Разработан способ рафинирования расплава отходов меди в процессе индукционной тигельной плавки, при котором на дно тигля устанавливается шайба, изготовленная из плотного графита и име-

ющая определенное количество свободно расположенных отверстий, поверх которой загружается шихта [5]. Отверстия в рафинирующей графитовой шайбе значительно (в 2-3 раза) увеличивают её реакционную поверхность (рис. 2).

По мере расплавления медь в жидком состоянии проходит сквозь отверстия в шайбе, активно раскисляется и скапливается в нижней части тигля (рис. 3). Графитовая шайба, как более лёгкая, в процессе плавки всплывает на поверхность жидкой меди, обогревая зеркало расплава. Это позволяет после отключения индуктора обеспечить направленное затвердевание литой заготовки, и выведение усадочных дефектов в его верхнюю часть.

Шайба может использоваться многократно – при выполнении порядка 30 – 60 плавков.

За счёт того, что шайба выполнена из плотного графита, исключается загрязнение вакуумной системы, в сравнении с раскислением при помощи измельчённого углеродистого материала.

Рафинирование расплава меди от кислорода при помощи разработанного способа может выполняться как в вакуумных, так и в открытых индукционных печах. Естественно, во втором случае эффективность рафинирования будет гораздо меньшей.

Данный способ также был использован для рафинирования расплава при получении высококачественных медных заготовок методом непрерывного литья.

Выводы

Рафинирование расплава меди от кислорода при помощи шайбы из плотного графита, имеющей определенное количество свободно расположенных отверстий для

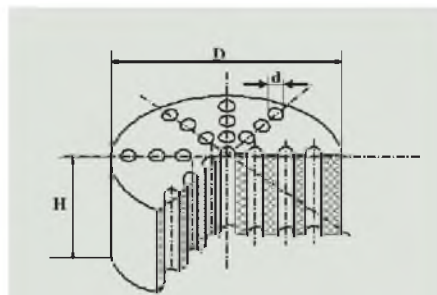


Рис. 2. Графитовая шайба для раскисления расплава меди: D – диаметр шайбы; d – диаметр отверстия; H – высота шайбы

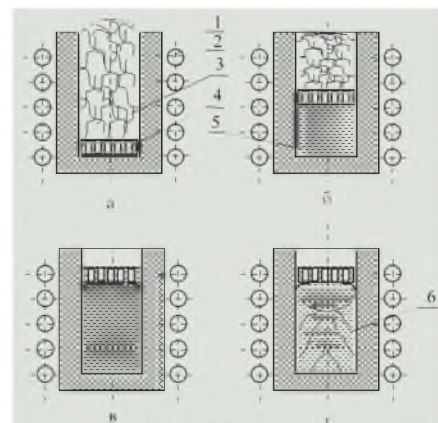


Рис. 3. Схема способа рафинирования расплава отходов меди: а – загрузка шихты; б – процесс плавления шихты; в – полное расплавление; г – направленное затвердевание; 1 – индуктор; 2 – тигель; 3 – шихта; 4 – графитовая шайба; 5 – медный расплав; 6 – затвердевающая литая заготовка

увеличения её реакционной поверхности, применимо в процессе как вакуумной, так и открытой индукционной плавки. Аккумуляция тепла расплава шайбой создаёт условия для направленного затвердевания литой заготовки и выведения из неё дефектов усадочного характера.

Список литературы

- Куликов И.С. Раскисление металлов / Куликов И.С. – М.: Металлургия, 1975. – 504 с.
- Пат. 11523 Украина, МПК С22В9/10. Спосіб рафінування розплаву брухту міді / Ключев А.П., Ключев С.П., Шпаковский В.Н. – № 200509121; заявл. 27.09.2005; опубл. 15.12.2005.
- Пат. 2185455 Россия, МПК С22В15/14, С22В9/10. Способ рафинирования меди и сплавов на медной основе / Шмаров, А.В., Черемиски В.И., Мочалов Н.А., и др. – № 2000129791/02; заявл. 30.11.2000; опубл. 20.07.2002.
- Чурсин В.М. Плавка медных сплавов / Чурсин В.М. – М.: Металлургия, 1982. – 152 с.
- Патент на корисну модель 24175 Украина, МПК С 22 В 9/04 Спосіб рафінування розплаву брухту міді / Адамчук С.І., Бялік Г.А., Луньов В.В., Наумик В.В., Омельченко О.С.; заявник та власник патенту Запорізький національний технічний університет – № u200700157; заявл. 05.01.07; видано 25.06.07, Бюл. № 9.