

Литейное материаловедение, специальные способы литья

The technology of production of high-quality billets of Cu-Mg- and Cu-Mg-Sn-alloys in regimes of continuous melting and casting is given.

Э. Б. ТЕН, И. Б. БАДМАЖАПОВА, Национальный исследовательский технологический университет
«Московский институт стали и сплавов»

УДК 621.74

ПОЛУЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ Cu-Mg- И Cu-Mg-Sn-СПЛАВОВ

Низколегированные Cu-Mg- и Cu-Mg-Sn-сплавы имеют высокую электропроводность и износостойкость, хорошо обрабатываются давлением и могут применяться в качестве материала для троллейных проводов, в том числе в высокоскоростном железнодорожном транспорте.

Однако эти сплавы нетехнологичны из-за склонности легирующих компонентов (Mg и Sn) к разнонаправленной ликвации по плотности и высокой склонности магния к испарению и окислению. С этим связана проблема обеспечения в заготовках стабильности и однородности химического состава, прежде всего, прецизионного содержания в них магния (в пределах $\leq 0,02\%$). Кроме того, сплав склонен из-за активного окисления магния к загрязнению трудноудаляемыми нежелательными оксидными неметаллическими включениями. При этом отрицательное влияние последних наиболее сильно проявляется на финишных операциях обработки заготовок – при тонком волочении.

Указанные факторы обуславливают технологические трудности получения качественных заготовок как при вертикальном полунепрерывном литье, так и при горизонтальном непрерывном литье. Однако второй вариант более предпочтителен из-за возможности полного исключения вторичного окисления сплава в процессе литья заготовок, поскольку расплав поступает в кристаллизатор непосредственно из миксера (металлоприемника).

Для получения качественных заготовок из Cu-Mg- и Cu-Mg-Sn-сплавов методом горизонтального непрерывного литья необходимо обеспечить следующие условия.

1. Приготовить исходный расплав меди высокой чистоты и раскисленности.

2. Обеспечить непрерывную рафинирующую и гомогенизирующую обработку расплава в течение всего процесса литья.

3. Защитить расплав от внешней окислительной атмосферы и таким образом минимизировать и стабилизировать угар компонентов сплава, прежде всего магния.

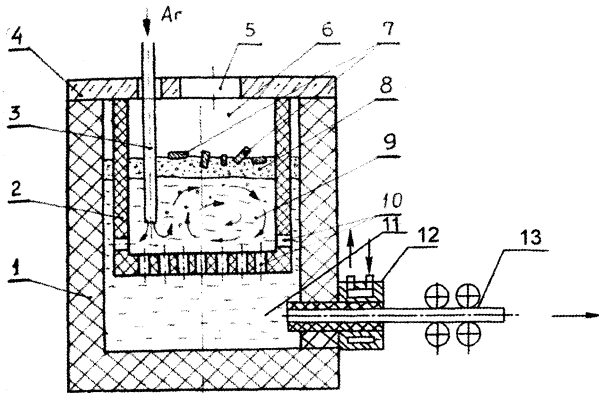
4. Обеспечить точную компенсацию угара компонентов сплава как при усвоении присадки шихты, так и при выдержке расплава в печи.

5. Согласовать частоту присадки шихты и массу ее порции с регламентируемыми требованиями к содержанию легирующих элементов в сплаве и скоростью литья заготовок.

Разработана технология, которая обеспечивает получение заготовок из Cu-Mg- и Cu-Mg-Sn-сплавов с высокой стабильностью регламентируемых свойств. Она основана на технологии непрерывной плавки и непрерывного горизонтального литья заготовок из бескислородной меди [1, 2]. Технологические режимы в ней приняты с учетом закономерностей раскисления жидкой меди углеродом [3].

В этой технологии предусматривается наряду с комплексным применением современных способов обработки металлических расплавов использование специального устройства (см. рисунок) в виде вставного стакана 2 с днищем, который погружают в полость тигля печи 1 с расплавом.

При этом рабочая полость печи разделяется на три камеры: верхнюю 6 – полость между поверхностью покровного слоя 8 и крышкой 4; среднюю 9 – полость между верхней границей покровного слоя 8 и днищем вставного стакана 2 и нижнюю 11 – полость в тигле печи 1 под днищем стакана 2. Средняя и нижняя камеры заполнены расплавом и имеют сообщение через боковые и донные проточные каналы 10. Верхнюю и среднюю камеры



Устройство для непрерывной плавки и литья: 1 – тигель печи; 2 – стакан вставной; 3 – фурма; 4 – крышка; 5 – загрузочное окно; 6 – верхняя камера; 7 – шихта; 8 – покровный слой; 9 – средняя камера; 10 – проточные каналы; 11 – нижняя камера; 12 – кристаллизатор; 13 – заготовка

разделяет покровный слой 8, который представляет собой пористую среду. Поэтому он проницаем как для жидкого металла, так и газа: капельки и струйки расплавленной катодной меди просачиваются через него сверху вниз как через зернистый фильтр, а пузырьки рафинирующего газа (аргона) также проходят этот слой, но снизу вверх и под избыточным давлением.

В устройстве реализована комбинированная рафинирующая обработка расплава путем продувки его инертным газом через фурму 3, воздействия на него покровным слоем 8 и фильтрации через покровный слой и проточные каналы 10 в днище вставного стакана 2.

В верхней камере происходит подогрев, прокаливание и расплавление шихты 7, загружаемой через окно 5. В ней формируется атмосфера защитного газа (аргона). В процессе расплавления шихты и просачивания каплей жидкого металла через покровный слой достигается его предварительное рафинирование.

В средней камере за счет вдувания аргона происходит рафинирование расплава от растворенных газов (водорода) и неметаллических включений, а за счет контакта расплава с покровным слоем и стенками тигля и графитового стакана обеспечивается глубокое углеродное раскисление. Процесс этот реализуется в непрерывном режиме с формированием циркуляционного потока, который охватывает не только среднюю, но также частично и нижнюю камеру печи.

В нижней камере за счет воздействия циркуляционного потока происходит непрерывное смешивание расплава, находящегося в нижней камере, с порциями расплава, поступающими из средней камеры. Из нижней камеры рафинированный и гомогенизи-

рованный расплав поступает в кристаллизатор 12, в котором происходит формирование заготовки 13.

Комбинированное рафинирование обеспечивает повышенную чистоту расплава по содержанию газов и неметаллических включений, а непрерывное циркуляционное перемешивание – однородность химического состава жидкого металла, выдаваемого из печи. Наличие покровного слоя и защитной атмосферы над расплавом обеспечивает минимальное загрязнение формирующегося исходного расплава, стабильно низкий угар компонентов сплава. Оптимизацией массы дозы и компонентного состава шихты, а также прецизионным дозированием всех ее компонентов достигнута высокая стабильность химического состава сплава.

Принятые технические решения позволяют преодолеть трудности обеспечения прецизионного содержания магния и олова; устранить сильную ликвацию их в расплаве; нейтрализовать высокую поверхностную активность магния и склонность его к окислению; стабилизировать усвоение магния из лигатуры и минимизировать загрязнение расплава продуктами его окисления; достичь глубокого рафинирования металла от газов и неметаллических включений; гомогенизировать расплав по химическому составу; снизить дефектность конечной продукции, в том числе и на стадии тонкого волочения.

Разработанная технология позволяет осуществить процесс изготовления высококачественных заготовок из Cu–Mg- и Cu–Mg–Sn-сплавов в режиме непрерывной плавки и литья. Такая технология отработана и реализована в промышленных условиях при производстве прутковых заготовок из сплавов Cu – 0,20% Mg – 0,10 Sn и Cu – 0,40% Mg – 0,10% Sn на установке горизонтального непрерывного литья английской фирмы «Rautomead International Limited», которая оснащена печью-миксером с графитовым тиглем вместимостью 650 кг. Полученные на ней прутковые заготовки диаметром 23 и 27 мм имели отклонение содержания магния в пределах $\pm 0,01\%$ от номинального значения. При этом показатели электропроводности колеблются в пределах 77 ± 1 и $72 \pm 1\%$ от электропроводности меди соответственно при производстве заготовок из Cu – 0,20% Mg – 0,10% Sn и Cu – 0,40% Mg – 0,10% Sn сплавов. Высокое качество заготовок, обусловленное глубокой очисткой сплавов от газов и неметаллических включений, обеспечивает отсутствие проблем и при тонком волочении из них проволоки.

Литература

1. Тен Э. Б., Нам Ч. У. Непрерывная плавка бескислородной меди // Изв. вузов. Цветная металлургия. 2000. № 6. С. 22–24.
2. Тен Э. Б. Непрерывное горизонтальное литье бескислородной меди // Литейное производство. 2003. № 7. С. 7–10.
3. Тен Э. Б., Бадмажапова И. Б., Киманов Б. М. Кинетика раскисления жидкой меди углеродом // Изв. вузов. Черная металлургия. 2008. № 7. С. 41–45.