

Следует отметить, что минимальная ёмкость дуговых электропечей составляет три тонны. В условиях рыночной экономики, а также при проведении научно-исследовательских работ, направленных на разработку новых сталей и сплавов часто требуются значительно меньшие массы плавок металла – порядка десятков и даже единиц килограммов. Наиболее приемлемым плавильным агрегатом в этом случае является индукционная электропечь.

При плавке малоуглеродистых сталей и сплавов в индукционной электропечи необходимо в качестве основного компонента шихты использовать либо чистое железо (например, карбонильное), либо специальную малоуглеродистую шихтовую заготовку, полученную выплавкой в дуговой электропечи. В последнем случае это уже дуплекс-процесс. Стоимость основного компонента шихты в значительной степени определяет себестоимость выплавляемых сталей и сплавов.

В Запорожском национальном техническом университете разработана технология выплавки малоуглеродистых сталей и сплавов на основе железа, в которой в качестве плавильного агрегата использована индукционная электропечь ОКБ-860 ёмкостью 15 кг, а основным компонентом шихты выбрали отходы электротехнической стали.

Единственным легирующим элементом в электротехнических сталях является кремний. Другие элементы являются вредными примесями и их содержание ограничивается.

Следовательно, для получения в качестве основного компонента шихты практически чистого железа из электротехнической стали необходимо удалить кремний.

Таким образом, технология выплавки малоуглеродистой стали или сплава на железной основе включает два основных этапа:

Удаление кремния;

Доведение сплава до заданного химического состава.

Удаление кремния производится за счёт его окисления и перевода из металла в шлак. Окисление кремния происходит при высоком содержании закиси железа в шлаке. Согласно данным, приведенным в работе [1], при 20% содержании закиси железа в шлаке содержание кремния в металле при плавке в печи с кислой футеровкой может быть понижено до 0,02% при 16000С. Соотношение между содержанием кремния в металле и закиси железа в шлаке, определяемые условиями равновесия реакции:

$2(\text{FeO}) + [\text{Si}] = 2[\text{Fe}] + (\text{SiO}_2)$ могут быть достигнуты при обеспечении жидкоподвижных шлаков с содержанием кремнезёма порядка 50%.

В печи с основной футеровкой основные шлаки содержат значительно меньше кремнезёма, чем кислые. В основных шлаках окись кремния связана с окисью кальция в прочные силикаты.

Активность закиси железа в основных шлаках превышает аналогичный

показатель для кислых шлаков. Высокая активность закиси железа и низкая активность окиси кремния способствует тому, что равновесие между металлом и шлаком устанавливается при низком содержании кремния в металле.

Удаление кремния до предельно низких значений не всегда необходимо, особенно в случае выплавки малоуглеродистых сталей, в которых кремний является легирующим элементом. Поэтому при использовании в качестве основного элемента шихты отходов электротехнической стали актуальным является экспресс-анализ металла на кремний по ходу плавки. В данной работе для этой цели использовали специально разработанный прибор для определения содержания кремния методом термоэдс. Образцы для экспресс-анализа отбирали методом вакуумного всасывания металла в кварцевые трубки.

При содержании кремния 0,1%, содержание кислорода в стали составляет 0,03%. Поэтому после снижения содержания кремния и удаления шлака с кремнезёмом необходимо навести новый шлак и производить раскисление металла дозированными присадками алюминия в процессе второго этапа плавки – доведения металла до заданного химического состава, для предотвращения неконтролируемого угара легирующих элементов, сродство которых к кислороду больше, чем у железа.

Конечное раскисление стали производили присадкой алюминия в разливочный ковш.

Химический анализ опытных плавок малоуглеродистых сталей подтвердил возможность выплавки металла с содержанием углерода не более 0,02 – 0,04%.

УДК 621.745.558.669.295

М. М. Ворон, Н.И. Левицкий

*Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины,
Киев*

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПОТЕРЬ АЛЮМИНИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Ti-AL В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ГАРНИСАЖНОЙ ПЛАВКИ

Имеющийся опыт получения сплавов интерметаллидных соединений системы Ti-Al методом электронно-лучевой гарнисажной плавки [1,2] свидетельствует как о целесообразности этого метода, так и о необходимости поиска новых решений с целью оптимизации процесса плавки и совершенствования управления этим процессом.

Речь идет, в первую очередь, об обеспечении заданного состава слитков или отливок, полученных в тиглях разной емкости, из различных шихтовых материалов. Поскольку основным, а зачастую и единственным компонентом этих сплавов, интенсивно испаряющимся под действием электронного пучка, является алюминий, большое внимание изучению поведения этого элемента в ходе плавки.

Используя методику и алгоритм расчета конечного состава сплавов системы Ti-Al электронно-лучевой выплавки [3], а также методы математического программирования в среде MathCad 14 в данной работе сделана попытка ее практического применения в качестве элемента технологической инструкции проведения плавки. Построенные на основе расчетов графики зависимости изменения содержания алюминия от режима плавки, позволяют выбрать наиболее оптимальные параметры для получения сплава заданного состава.

Список литературы

1. Левицкий М.И. Одержання сплавів на основі інтерметалідних сполук методом електронно-променевої гарнісажної плавки / В.І. Мірошніченко, Т.В. Лапшук, С.О. Матвієць // МТОМ. – 2002. – №3. – с. 17-20.
2. Левицкий Н.И. Качество литых заготовок из интерметаллидных сплавов TiAl, полученных электронно-лучевой плавкой / В.И. Мирошниченко, Т.В. Лапшук, Е.А. Матвиец, В.С. Голтвяница, С.К. Голтвяница // Процессы литья. – 2010.– № 1. – С. 33 – 37.
3. Ворон. М.М. Метод расчета испарения алюминия в интерметаллидных системах Ti-Al при электронно-лучевом переплаве// Металл и литье Украины. – 2010. – №11. – С. 31-33

УДК 621.74

В. Г. Герасименко, Т. О. Широких

Національна металургійна академія України, Дніпропетровськ

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ІНОВАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ ЯКІСНОЇ БЕЗПЕРЕРВНОЛИТОЇ ЗАГОТІВКИ ЗА ДОПОМОГОЮ «М'ЯКОГО» ОБТИСКУ ПРИ ЇЇ ТВЕРДІННІ

Технологія безперервного розливання сталі освоєна більш, ніж в 90 країнах світу, де діє близько 2 тис. МБЛЗ різної конструкції і призначення. Понад 93% всієї виплавленої сталі (у 2008 році - 1,228 млрд. тон заготовки) розлита на МБЛЗ.

За підсумками 2009 року, Україна посіла дванадцяті позицію в світі і четверту в Європі (після Росії, Німеччини та Італії) за обсягами застосування

безперервного розливання сталі. Сьогодні ця технологія працює на одинадцять підприємств, з яких п'ять - комбінати повного циклу.

Так як безперервне розливання стало одним з основних способів розливання сталі, вимоги до її якості помітно зросли.

Одними з основних дефектів безперервнолитої заготовки є осьова пористість і осьова ліквіація, які при прокатці проявляються у вигляді внутрішніх тріщин і розслою. Боротися з цими дефектами можна двома способами: зовнішнім фізичним впливом на заготовку, що кристалізується, або методом «м'якого» обтиску. Перший спосіб досить дорогий і вимагає великих енерговитрат, а другий є більш перспективним, так як він не такий дорогий і його легше застосовувати.

Технологічний принцип «м'якого» обтиску полягає в тому, що безперервнолитої зливку у кінці твердіння проходить через зону «м'якого» обтиску, налаштовану на конус, при цьому кінець зони твердіння (кінець рідкої лунки) стискається і цим компенсується усадка при твердінні. При обтиску зливку утворюється більш дрібна і однорідна структура металу, ніж без обтиску.

Для того, щоб отримати позитивний результат, позиція і величина обтиску повинні бути оптимізовані. Якщо «м'який» обтиск занадто малий, він неефективний, наслідком чого є утворення у безперервнолитому зливку сильної сегрегації. Занадто великий обтиск впливає також негативно на осьову ліквіацію, підвищуючи її, а отже, веде до утворення тріщин.

Теоретично величина обтиску визначається за формулою:

$$D_0 = (D_1 + D_2) / \eta + D_3,$$

де D_1 , D_2 - сумарний обтиск, необхідний для запобігання відповідно руху (витікання) рідкої сталі із зони твердіння і перетікання сталі при спученні заготовки (при використанні плоских брусків $D_2 = 0$); η -коефіцієнт пропорційності, що враховує перенесення поверхні внутрішнього фронту твердіння і, отже, умови гарячої деформації заготовки; D_3 - сумарна термічна усадка твердої фази при зниженні температури в ході обтиску (розраховується на підставі аналізу процесів теплопереносу в зоні обтиску).

Параметри м'якого обтиску індивідуальні для різного хімічного складу, швидкісних режимів і сортаменту, а отже, вирішення питань технології «м'якого» обтиску можливо тільки на основі математичного моделювання всього процесу «м'якого» обтиску, починаючи з гідродинамічної роботи, обумовленої переміщенням фронтів кристалізації, закінчуючи призначенням у потрібному місці, на необхідній довжині раціональної величини обтиску.

У зв'язку з тим, що технологія «м'якого» обтиску до кінця недосліджена, вона потребує удосконалення і вирішення наступних завдань:

– розробки математичної моделі для реалізації процесу «м'якого» обтиску і дослідження з її допомогою впливу цього процесу на формування макроструктури безперервнолитої заготовки з рідкою серцевиною в зоні вторин-