

ПРИМЕНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОАКТИВНЫХ МОДИФИКАТОРОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕПЛОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ МАРТЕНСИТНОГО КЛАССА

Батов С.Н., Ларионова Н.В.

Получение металлических материалов с заданным комплексом физико-механических свойств является одной из задач новых технологий. Одним из элементов неоднородности являются неметаллические включения (НВ) пленочного типа, образующиеся в процессе кристаллизации, скопления которых происходит между ветвями дендритов. Формирование кристаллической структуры определяется процессами тепломассопереноса, протекающими в переходной зоне твердожидкого состояния, которая состоит из расплава и дендритов.

Рассмотрена возможность повышения свойств изделий, полученных методом электрошлакового кокильного литья с использованием модифицирования порошковыми модификаторами. При кокильном литье наиболее просто может быть достигнут эффект направленной кристаллизации и связанное с ним значительное улучшение структуры и чистоты литого металла. При литье в кокиль достигается некоторое повышение механических характеристик литого металла.

Электрод из стали 4Х5МФС переплавляли в керамическом тигле с использованием флюса АНФ–295. После накопления металла его переливали вместе со шлаком в кокиль.

При температуре 800–900⁰ С отливку извлекали из кокиля и охлаждали на воздухе. Твердость отливки достигает HRC 50, а после отжига, проведенному по стандартному режиму, она не превышает НВ 220. Закалка литых заготовок выполнялась от температур на 10–15⁰С ниже рекомендуемых для данной стали. После термообработки структура отливок сохраняет некоторую неоднородность.

Исследования микроструктуры и данные энергодисперсионного анализа указывают на скопления между ветвями дендритов крупных включений пленочного типа.

Механические свойства имеют невысокое значение, так ударная вязкость KCU не превышает 0,15 МДж/м² при HRC 4548. Это может быть следствием большого количества структурных дефектов, которые в значительной степени уменьшают работу, идущую на распространение трещины.

Качество литого металла во многом определяется степенью его однородности. Одним из элементов неоднородности являются неметаллические включения, образующиеся в процессе кристаллизации. Исследование кинетики образования и распределения НВ при затвердевании металла представляет собой весьма актуальную задачу.

Формирование кристаллической структуры определяется главным образом процессами тепломассопереноса, протекающими в переходной зоне твердожидкого состояния, которая состоит из расплава и дендритов. Поведение включений в переходной зоне следует рассматривать до разрыва сплошности среды и образования пор.

Плотность частиц n меняется из-за ах коагуляции, которая происходит вследствие диффузионного слияния частиц и в результате броуновского движения. При диффузионном механизме наиболее вероятной является бимолекулярная коагуляция, когда скорость изменения n равна $-tn^2$, где t – коэффициент коагуляции.

Известно, что микролегирование и модифицирование В, Са, Al и PЗМ приводит к измельчению зерна, кроме того уменьшается сегрегация вредных примесей по границам зерен. Для повышения пластичности и вязкости литых сталей мартенситного класса рекомендовано применять в качестве модифицирующих добавок Се, В, а также карбиды, нитриды, карбонитриды титана, вольфрама, хрома, циркония и некоторых других элементов.

На природу НВ и микроструктуру стали оказывает существенное влияние модифицирование PЗМ цериевой группы, их введение способствует формированию более

однородной структуры и переводу грубых пленочных включений в глобулярные оксисульфидные образования, что способствует повышению прокаливаемости, измельчению зерна и в конечном итоге улучшению механических свойств. Значительный интерес представляют включения сферической формы.

Для подтверждения этого предположения были проведены исследования по определению НВ в отливках ЭКЛ без модифицирования и модифицированные в расчетном количестве 0,15–0,20%. Все отливки перед модифицированием были раскислены алюминием в количестве 0,2%.

Изучение и оценка неметаллических включений проводилась на оптическом микроскопе на нетравленных микрошлифах при увеличениях $\times 500$ и $\times 800$. Просматривалось не менее 15 полей зрения на каждом микрошлифе. Загрязненность образца НВ определялась по формуле $Q = \frac{\sum S_{\text{вкл.}}}{\sum S_{\text{пол. зрения}}}$, средний размер включения рассчитывали по формуле $D = \frac{\sum d_{\text{вкл.}}}{N_{\text{вкл.}}}$. Можно отчетливо наблюдать, что в образцах, которые были вырезаны из отливок ЭКЛ, полученных по обычной технологии общая загрязненность НВ в 2–3 раза превышает загрязненность образцов, при получении которых применялось модифицирование.

Как показали результаты энергодисперсионного анализа (исследования выполнялись в ЦКП СФУ на электронном микроскопе JEOL ISM-7001P под руководством к.т.н., доц. Зеер Г.М.), НВ могут быть идентифицированы как оксисульфидные включения, которые содержат значительное количество элементов, входящих в состав модификатора, Се, Nd, La. Следует отметить, что присутствие этих модификаторов в значительной степени способствуют процессу коагуляции, по-видимому, это связано с увеличением коэффициента коагуляции – m . Увеличение размеров НВ в условиях направленной кристаллизации, которая может быть реализована за счет специальной конструкции кокиля при ЭКЛ, должно сопровождаться уменьшением их количества в отливке.

Следует отметить, что изменяется морфология НВ, а также характер их распределения. Они приобретают преимущественно сферическую форму и располагаются в объеме зерна, а не в междендритных участках по сравнению с не модифицированной сталью.

Механические свойства после стандартной термической обработки, обеспечивающей твердость HRC 45–47, и прежде всего, ударная вязкость модифицированной стали несколько повышалась и составляла 0,3–0,35 МДж/м² по сравнению с 0,1–0,15 МДж/м² у не модифицированных образцов.

Выводы: Показано, что уменьшение количества неметаллических включений, изменение их морфологии и распределения по объему является значительным резервом в повышении механических свойств теплостойких сталях мартенситного класса.