

Модифицирование легированных железоуглеродистых сплавовКомаров О.С.¹, Розенберг Е.В.¹, Барановский К.Э.¹, Скуратович А.З.²¹Белорусский национальный технический университет²Белорусский институт системного анализа и информационного обеспечения научно-технической сферы

Современное машиностроение требует постоянного совершенствования свойств сплавов в отливках, в связи с чем наблюдается тенденция перехода с обычных на легированные железоуглеродистые сплавы. Легированные стали и чугуны выплавляют на УПП «Универсал-Лит» (г. Солигорск), ОАО «Белоозёрский энергомеханический завод» (г. Белоозерск) и на других предприятиях.

Для различных типов легированных железоуглеродистых сплавов одним из важных направлений развития производства является разработка и использование методов воздействия на кристаллизующийся расплав, что обеспечивает получение мелкозернистой и однородной структуры металла в твердом состоянии и, как следствие, повышаются его свойства. Универсальным, относительно дешевым и высокоэффективным методом управления структурой кристаллизующегося расплава является модифицирование. Общим для всего многообразия способов модифицирования железоуглеродистых сплавов является изменение степени дисперсности и морфологии фазовых составляющих в результате введения в расплав небольших количеств активных добавок [1].

Наиболее широкое распространение в настоящее время на предприятиях СНГ и дальнего зарубежья получили модификаторы в состав которых входят химически активные компоненты (силикокальций и др.) являющимися модификаторами 2-ого рода. Механизм действия таких модификаторов сводится к образованию тугоплавких неметаллических включений, которые облегчают образование в расплаве центров кристаллизации, оказывающих влияние на зарождение кристаллов при затвердевании.

Не ослабевает интерес производителей легированных сталей и чугунов к щелочноземельным (ЩЗЭ) и редкоземельным элементам (РЗЭ), являющимися сильными раскислителями и десульфураторами и, как показала практика, позволяющим в ряде случаев повысить механические и другие свойства сплавов. Поддержание интереса к щелочноземельным и редкоземельным элементам, несомненно, способствовало развитию техники их ввода в расплавленный металл, позволяющей уменьшить потерю вводимых элементов и повысить их усвоение металлом. Известную роль сыграло также появление лигатур, содержащих эти элементы, упрощающих их ввод в металл и удешевляющих щелочноземельные и редкоземельные элементы (в расчете на единицу их массы) [2].

Точные данные о поведении щелочноземельных, а также редкоземельных элементов в расплавленном металле обеспечить весьма трудно ввиду очень малой их растворимости в жидком и твердом металле и незначительности равновесных концентраций кислорода с остаточными их концентрациями. Они рафинируют сталь от вредных примесей (O, S, Pb, N, P и др.), которые в виде соединений с РЗЭ удаляются в составе отдельной фазы; или РЗЭ коренным образом изменяют природу и свойства не успевшей всплыть неметаллической фазы, придавая ей более благоприятный для стали характер; оказывают модифицирующее действие, изменяя форму зерна металлической матрицы и сопутствующих фаз (карбидов, нитридов и др.); РЗЭ используются для измельчения карбидов в износостойких хромистых чугунах; изменяют микроструктуру и свойства основного металла за счет создания новых фаз (например, упрочняющих ультрадисперсных включений); микролегируют металлическую основу стали и сопутствующих фаз, то есть замещают в кристаллической решетке часть атомов основного металла и придают ей новые механические и другие свойства [3]

В настоящее время рядом заводов для обработки металла и шлака применяется рафинирующе-модифицирующий концентрат, содержащий щелочноземельные металлы. Концентрат представляет собой карбонат (Ba, Sr, Ca)CO₃, содержание которого может достигать 90 %. Действие таких модификаторов было опробовано в производстве ряда марок стали [4, 5]. Кроме того, применение для модифицирования барий-стронциевых карбонатов за счет одно-временного рафинирующего и модифицирующего действия позволяет получить более высокие прочностные и эксплуатационные свойства [6]. Модификаторы оказывают рафинирующее воздействие на расплав, обеспечивают гомогенизацию макро- и микроструктуры, повышают однородность расплава, увеличивают жидкотекучесть расплава и жидкоподвижность шлаков, а также стабилизируют механические свойства сталей.

Значительно меньше информации по использованию модификаторов первого рода, которые представляют собой поверхностно-активные элементы (ПАЭ). Поверхностно-активные элементы относятся к модификаторам I рода это Te, Bi, Mg, Ti, V, Sb и др. [7]. Они обладают ограниченной растворимостью в аустените и в процессе кристаллизации стали образуют в жидкой фазе барьер около поверхности кристалла. Условие, при котором происходит это явление, – малый коэффициент распределения добавки в модифицируемой фазе [8]. Скапливаясь на поверхности растущих дендритов аустенита, они замедляют их рост в результате чего увеличивается переохлаждение, что вызывает увеличение скорости зарождения центров кристаллизации, и как результат, измельчение структуры.

Стоит отметить, что ввод и усвоение поверхностно-активных компонентов связан с определенными трудностями, вызванными их невысокой температурой кипения и очень небольшими количествами необходимыми для успешного проведения модифицирования (0,001 - 0,05%).

Как следует из приведённого краткого обзора современных комплексных модификаторов, они по своей сути являются смесью оксидов, карбонатов или несвязанных щелочных, щелочноземельных и редкоземельных элементов, дополняющих друг друга и обеспечивающих стабильных эффект модифицирования. В этих модификаторах отсутствуют ПАЭ, в связи с чем введение их в состав модификатора можно рассматривать как новое направление в совершенствовании составов комплексных модификаторов.

Применение комплексного модифицирования позволит повысить механические свойства сплавов, уменьшить количество неметаллических включений и улучшить их форму, выровнять свойства по сечению толстостенных отливок, а также повысить надежность литых заготовок.

Литература

1. Гольдштейн, Я. Е. Модифицирование и микролегирование чугуна и стали / Я. Е. Гольдштейн, В.Г. Мизин. – М.: Metallurgy, 1986. – 272 с.
2. Модифицирование мартеновской стали 20ГЛ для отливок вагонных деталей барий-стронциевым карбонатом / М.А.Крупин [и др.] // Труды восьмого съезда литейщиков России, Ростов-на-Дону, 23 - 27 апр. 2007 г. – Ростов-на-Дону, 2007. –Т.1. –С. 119 - 127.
3. Ивакин, В.Л. Новая технология повышения качества металлов и сплавов барий-стронциевым карбонатом / В.Л. Ивакин, С.С. Черняк, Д.Ю. Пимнев.- Иркутск: ИНТУ, 2004. - 123 с.
4. Применение барий-стронциевого карбоната при производстве заготовок из инструментальной стали Р6М5 и Х12МФ / С.В. Мурцев [и др.] // Электрометаллургия. – 2004. – № 10. – С. 8 - 10.
5. Обработка стали 110Г13Л барий-стронциевыми карбонатами / А.П. Бежок [и др.] // Литье и металлургия. – 2010. - № 4. – С. 89 - 94.
6. Применение барий-стронциевых карбонатов для обработки жаропрочных сталей / А.П. Бежок [и др.] // Литье и металлургия. – 2011. - № 3. – С. 109 - 114.

7. Рябчиков И. В. История развития производства модификаторов и основные требования к ним – Сб. докладов Литейного консилиума №1 «Модифицирование как эффективный метод повышения качества чугунов и сталей» - Челябинск: Челябинский Дом печати, 2006 - с. 4.
8. S. Lekakh, Jun Ge, Von Richards. Optimization of melt Treatment for Austenitic Steel Grain Refinement. Metallurgical and Materials Transaction/ vol 48B, February 2017, pp. 406-419.