

ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ В КАЧЕСТВЕ МОДИФИКАТОРА СТАЛИ

С.Н. Федосеев, аспирант

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета*

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail: sfedoseev@tpu.ru

Одной из актуальных проблем металлургического производства является улучшение качества выплавляемого металла и интенсификация производственных процессов. Необходимо увеличить выход годного металла из плавки и, что особенно важно, повысить механические свойства литой стали. Например, увеличение срока изделий ответственного назначения, в большинстве случаев связано с решением проблемы повышения однородности металла, как по структуре, так и по составу, и уменьшения загрязненности стали вредными примесями. Сложное легирование не всегда обеспечивает получение нужных свойств, поэтому исследователи пытаются улучшить качество сталей существующих марок воздействием на кристаллизацию и перекристаллизацию металла в процессе термической обработки и деформации. Во всех случаях качество деформированной и термически обработанной стали зависит от структуры и свойств полученного металла.

Одним из действенных методов для улучшения качества стали это использование различных способов модифицирования. Под модифицированием понимают такое воздействие, при котором существенно изменяются структура и свойства при практически неизменном количестве основных компонентов. Модифицирование осуществляется малыми добавками растворимых и нерастворимых примесей, вакуумированием и рафинированием, воздействием ультразвуковыми и низкочастотными колебаниями, внешними полями (электрическим, магнитным), регулированием скорости теплоотвода и др.

Самым экономичным способом улучшения качества стали следует считать модифицирование расплава растворимыми и нерастворимыми добавками, так как при этом не требуется дополнительного дорогостоящего оборудования. Вводимые в расплав малые добавки растворимых и нерастворимых примесей оказывают влияние на параметры кристаллизации, дислокационную структуру, дегазацию, образование неметаллических включений и вторичных фаз, ликвацию, изменение усадки, деформацию и скорость затвердевания корки слитка, а также на перекристаллизацию и рост зерна. В последнее время достигнуты большие успехи в использовании модификаторов для улучшения качества сталей и сплавов [1, 2].

В настоящее время выдвинуто большое число гипотез механизма действия модификаторов. Однако большинство из них недостаточно подкреплено экспериментальными данными, а те, которые основаны на всесторонних и глубоких исследованиях, распространяются только на чистые металлы или двойные и тройные сплавы. В отношении же многокомпонентных сплавов, выплавленных в производственных условиях, эти гипотезы не совсем справедливы, так как не учитывают ряда побочных факторов, связанных со сталеплавильным процессом, но оказывающих существенное влияние на конечные свойства металлов [3].

Для решения вопроса о целесообразности модифицирования стали тем или иным модификатором или смесью компонентов необходимо знать некоторые характеристики расплава и в первую очередь работу образования зародышей газовых пузырьков и центров кристаллизации. Работа образования кристаллических зародышей обуславливает склонность стали к переохлаждению, которое определяется составом и степенью чистоты кристаллизующейся стали. Вместе с тем выбор модификаторов и затраток связан с кинетикой их плавления, активностью и растворимостью в исследуемой стали [4, 5].

Модифицирование стали природными концентратами или минералами в последнее время вызывает живой интерес металлургов в качестве источника модифицирования стали. В последнее время в мировой практике производства сталей наблюдается тенденция замены рядовых углеродистых сталей на экономичные ресурсосберегающие высокопрочные микролегированные стали [6,7]. Для легирования которых применяются редкие и дорогостоящие легирующие элементы, такие как ванадий, титан, ниобий, редкоземельные металлы, барий, стронций и др. Но значительные затраты на использование чистых легированных элементов или их сплавов сдерживают развитие направлений микролегирования и модифицирования сталей и сплавов. Актуальным решением данной проблемы является применение природных минеральных концентратов как замены чистых дорогостоящих элементов в качестве модификаторов для микролегирования стали. Подобные минеральные концентраты являют-

ся отличной заменой дорогостоящих легирующих элементов при микролегировании стали и более доступными для применения.

Одним из подобных примеров использования таких концентратов является применение ильменит-цирконовых песков Туганского месторождения при модифицировании и микролегировании стального и чугуна литья, химический состав показан в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав концентратов			
Элементы		Ильменитовый	Цирконовый
Диоксид титана TiO_2	не менее	60,0	4,0
Диоксид циркония ZrO_2	не менее	–	60,0
Оксид алюминия Al_2O_3	не менее	5,0	1,0
Оксид железа Fe_2O_3	не менее	–	1,0
Диоксид кремния SiO_2	не менее	4,0	–
Влажность, %	не более	0,5	0,5

Россыпи подобных песков являются наиболее дешевым источником сырья, и служат основным промышленным источником титановых минералов и циркона. Подобные россыпные месторождения наряду с основным элементом содержат большой перечень других металлов, порой не уступающих основному. В россыпях Туганского месторождения встречаются такие редкоземельные элементы: гафний, иттрий, лантан, ниобий, скандий, тантал, церий, цирконий. Данные элементы имеют большую промышленную ценность в чистом виде, а в комплексном виде могут применяться в виде эффективного и недорогого модификатора стали.

Россыпи часто характеризуются низкими содержаниями основного элемента (Ti, Zr и др.). Однако относительно простое получение концентратов из россыпей делают рентабельной их эксплуатацию. Добытый материал перерабатывается на обогатительных фабриках, где получают самостоятельные концентраты: ильменитовый, рутиловый, цирконовый. Который в дальнейшем идет потребителю на соответствующие производство.

В результате проведения ряда исследований по влиянию концентратов данного месторождения на изменение структуры и свойства стали были получены результаты, представленные в работах [8, 9]. В результате, проведения опытных плавок были выявлены изменения структуры, в частности было уменьшено число неметаллических включений.

Модифицирование стали производили по существующей технологии, с использованием ультрадисперсных порошков оксидов циркония, титана, ниобия, гафния, ванадия, алюминия полученных из природного концентрата Туганского месторождения.

Модифицирующая смесь загружалась на дно разливочного ковша в расчете 3 кг модификатора на тонну стали. После выдержки расплава в печи производилась разливка стали в ковш с модификатором. После трех минут выдержки в разливочном ковше с модификатором сталь начинали разливать.

Влияние модификатора на качество и структурные характеристики образцов оценивали по размеру аустенитных зерен, количеству, форме и распределению неметаллических включений на границах зерен и внутри зерна, наличию карбидов.

В частности, модифицирование расплава стали позволило значительно улучшить однородность структуры стали, что в свою очередь способствует повышению ее плотности и приводит к улучшению ее изотропности, т.е. способствует повышению равномерности распределения внутренних напряжений под нагрузкой, уменьшает трещинообразование, образование пор и сколов.

В результате модифицирования не изменяется основной химический состав стали, но при этом уменьшается количество и размер неметаллических включений по границам и внутри зерна, также наблюдается уменьшение размера зерна. Что свидетельствует об улучшении качества получаемого металла. Введение модификатора незначительно изменяет механические характеристики образцов, а именно повышение служебных характеристик сердечников.

Таким образом, применение минеральных концентратов возможно в качестве модификаторов стали и частичной или полной замены дорогостоящих легирующих элементов. Однако предстоит разобраться еще во многих факторах влияющих на свойства и структуру стали, получаемую при модифицировании.

Для определения оптимальной концентрации модификатора используют методы измерения поверхностного натяжения на границе жидкость – пар. С этой же целью изучают влияние модификаторов на коэффициент кинематической вязкости и на степень переохлаждения жидкой стали. По температурной зависимости кинематической вязкости и величине переохлаждения можно косвенно оценить взаимодействие инородных и основных атомов и степень активации и дезактивации нерастворимых примесей в расплаве. Последний вопрос слабо освещен в литературе, несмотря на его существенную роль при модифицировании слитка. Определяя температуру дезактивации примесей, можно установить склонность к зародышеобразованию в стали, подлежащей модифицированию, и активность затравки [10,11].

Работы по изучению влияния различных видов модификаторов с различной степенью совершенства структуры и состава представляют значительный интерес при обсуждении механизма модифицирования стали активированными или изоморфными нерастворимыми примесями. Еще больший интерес представляют работы по исследованию влияния дисперсности и распределения нерастворимых примесей на механические свойства композиционных сплавов, однако таких данных еще очень мало.

Влияние модифицирование зависит не только от количества вводимого модификатора, но и также от условий скорости охлаждения и последующей термической обработки сплава. Безусловно, эффект модифицирования зависит от активности вводимых добавок, окисленности, газонасыщенности, загрязненности металла, его физико-химических свойств, температуры расплава, длительности его выдержки в ковше и т.п. Поэтому при разработке сталей и сплавов, новых марок следует проводить систематические исследования с целью накопления достоверных данных для установления оптимальных концентраций технологических добавок.

Литература.

1. Неймарк В.Е. Модифицированный стальной слиток // М.: Металлургия. – 1977 – 200 с.
2. Крещановский Н.С., Сидоренко М.Ф. Модифицирование стали // М.: Металлургия. – 1970 – 296 с.
3. Черепанов А.Н., Полубояров В.А., Калинина А.П., Коротаяева З.А. Применение ультрадисперсных порошков для улучшения свойств металлов и сплавов // Материаловедение. – 2000 – № 10 – С. 45-53.
4. Комаров О.С., Волосатиков В.И., Проворова И.Б. Комплексное модифицирование стали // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2013. – № 3. – С. 48-51.
5. Федосеев С.Н., Некрасова А.А. Анализ комплексного модифицирования стали // АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ. Сборник трудов Международной научно-практической конференции. Юргинский технологический институт. Томск. – 2014. – С. 275-278.
6. Полубояров В.А., Коротаяева З.А., Черепанов А.Н., Калинина А.П., Корчагин М.А., Ляхов Н.З. Применение механически активированных ультрадисперсных керамических порошков для улучшения свойств металлов и сплавов // Наука производству. – 2002 – № 2 – С. 2-8.
7. Нохрина О.И., Рожихина И.Д., Дмитриенко В.И., Платонов М.А. Легирование и модифицирование стали с использованием природных и техногенных материалов. – Томск: ТПУ. – 2013 – 320 с.
8. Федосеев С.Н. Исследование влияния модификатора на изменение структуры и свойств марганцовистой стали // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии. – 2015. – № 34. – С. 19-24.
9. Fedoseev S. N., Mukhtar Z. M. Increasing the Operational Stability of Railway Core by Modifying // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2015 – Vol. 91, Article number 012050. – p. 1-7
10. Белов Б.Ф., Николаев Г.А., Позняк Л.А. Улучшение качества непрерывнолитой стали путем микролегирования плакированными порошковыми модификаторами // Сталь. – 1992. – № 1. – С. 24-27.
11. Калинин В.Т., Хрычиков В.Е., Кривошеев В.А. Технологические особенности модифицирования литейных расплавов ультрадисперсными реагентами и перспективы их применения при производстве отливок // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2004. – № 6. – С. 38-42.
12. Быховский Л.З., Зубков Л.Б., Осокин Е.Д. Цирконий России: состояние, перспективы освоения и развития минерально-сырьевой базы // Минеральное сырье. Сер. геол.-экономич. – М.: ВИМС. – 1998. – № 2.