

Влияние массы расплава в ковше на эффективность модифицирования конструкционной легированной стали комплексными модификаторами

Барановский К.Э., Урбанович Н.И.

Белорусский национальный технический университет

Существующие в практике случаи аварийных отказов литых вагонных деталей из стали 20ГЛ с усталостным и даже хрупким характером разрушения чаще всего объясняются неблагоприятной структурой стали и наличием в ней неметаллических включений остроугольной формы, а также не выявленными при неразрушающем контроле литейными дефектами с недопустимыми размерами. Еще одной проблемой является высокий брак отливок по литейным дефектам, прежде всего, по раковинам различного происхождения и горячим трещинам. Поэтому актуально совершенствование технологии выплавки и внепечной обработки стали для обеспечения стабильно высокого уровня литейно-механических свойств и, прежде всего, за счет ее модифицирования.

Под модифицированием понимают ввод в расплавленный металл на определенных технологических этапах цикла (плавка-разливка) различных веществ (модификаторов), либо в виде сплавов, либо в виде смесей, обеспечивающих появление в расплавленном металле дополнительных центров кристаллизации, которые и решают задачу получения плотной, мелкозернистой и гомогенной структуры сплава в твердом состоянии. Благоприятное воздействие модифицирования щелочноземельными металлами на металлургические процессы и свойства металлов общеизвестно. Эффективным технологическим приемом, позволяющим существенно повысить хладостойкость литых сталей, является обработка их комплексными лигатурами, содержащими ЩЗМ. Основу комплексных модификаторов составляют ЩЗМ и РЗМ элементы в различных вариациях. Щелочноземельные металлы (ЩЗМ), особенно кальций [1], являются не только эффективными раскислителями, но и элементами, активно связывающими серу. Однако низкая температура кипения ЩЗМ и высокая упругость пара затрудняет их использование. Значительная часть кальция и других ЩЗМ при введении в расплавленную сталь испаряется и окисляется, удаляясь из металла. При совместном вводе лигатур с кальцием, барием и стронцием, упругость паров будет ниже упругости пара каждого отдельно взятого элемента, что приведет к более эффективному результату модифицирования [2]. Кальций, стронций и барий, благодаря их химической активности, обладают большим сродством к кислороду и большинству его соединений. Эти элементы, особенно кальций, проявляют высокое рафинирующее воздействие на различные сплавы как самостоятельно, так и в виде окислов. Без окиси кальция невозможно проведение большинства металлургических процессов. Высокой рафинирующей способностью обладают также оксиды бария и стронция, которые, находясь в восстановительных шлаках, усиливают их активность и обеспечивают более глубокое рафинирование стали на границе «металл-шлак» вследствие повышения констант десульфурации и дефосфорации. Добавка РЗМ совместно ЩЗМ позволяет в 2 – 3 раза снизить расход модификатора и получить более высокие и стабильные результаты по ударной вязкости. Присутствие ЩЗМ в составе лигатуры обеспечивает глубокое раскисление и способствует увеличению активности РЗМ, участвующих в процессе модифицирования, за счет образования тугоплавких неметаллических включений. Известно также, что модифицирование стали 20ГЛ, в частности лигатурой КЦеЖ на основе церия, позволяет повысить ее механические свойства до требуемого нормативной документацией уровня, при этом рекомендуемое количество вводимого модификатора составляет 1,5-1,7 кг на тонну жидкой стали [3-5]. По данным промышленного применения БСК-2, его карбонатная форма эффективно работает как в жидком металле, так и в шлаках [3]. Отмечается, что при обработке стали этим модификатором уменьшается количество неметаллических включений в расплаве, улучшается структура фазовых составляющих и возрастают показатели литейно-механических свойств. Более значительный эффект модифицирования авторами [1] получен при обработке сталей аустенитного класса, в

частности 110Г13Л, что объясняется высоким содержанием марганца и углерода. Преимущество комплексного модифицирования заключается в том, что присутствие нескольких активных элементов облегчает образование комплексных неметаллических включений, являющихся подложками для зарождения в расплаве твердой фазы. Целью работы было исследование влияния массы расплава в ковше на эффективность модифицирования низкоуглеродистой стали, обработанной составами модификаторов с добавлением поверхностно-активного элемента (ПАЭ) и без него. Экспериментальные плавки проводились на предприятии ООО «Идея» в тигельной индукционной печи емкостью 250 кг с кислой футеровкой. Модифицирующей обработке подвергалась сталь марки 20ГЛ. Для получения необходимых прочностных свойств в структуре стали должно быть максимальное количество феррита для повышения ударной вязкости, для чего вводятся легирующие компоненты. Химический состав и показатели механических свойств выбранной стали согласно ГОСТ 977-88 представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Химический состав стали 20ГЛ, используемой для плавов

Химический состав, %				
C	Si	Mn	P	S
0,15 – 0,25	0,2 – 0,4	1,2 – 1,6	до 0,04	до 0,04

Таблица 2 – Механические свойства стали 20ГЛ, используемой для плавов

Показатели механических свойств			
σ_b , МПа	σ_T , МПа	δ , %	ψ , %
не менее 540	не менее 275	не менее 18	не менее 25

Для модифицирования исследуемой стали использовался модификатор, состоящий из Са, Ва, Sr в виде карбонатов (РС-7) без добавления и с добавлением поверхностно-активного элемента (ПАЭ). Модификатор вводился в виде конверта из алюминиевой фольги в разливочный ковш, в момент перелива, под струю металла, при заполнении ковша на 1/3. Необходимое количество модификатора было определено на предшествующих этапах работы и составляет 0.2 % от массы обрабатываемого расплава, добавка Вi составляет 0.001 % от массы обрабатываемого расплава. Модифицированную сталь заливали в заформованные опоки. «Кусты» отливок со «свидетелями» формовались так, что их заливка производилась через 2, 4, 6, 8 минут после обработки расплава модификаторами. Из каждой отливки вырезались образцы для исследования показателей механических свойств. Ниже приведены результаты измеренных показателей механических свойств полученных отливок в зависимости от массы расплава в ковше модифицированных образцов, а также образцов обработанных модификатором с добавкой ПАВ (таблице 3 и на рисунке 1).

Таблица 3 – Механические свойства стали 20ГЛ после модифицирования и с добавкой ПАВ, в зависимости от массы расплава в ковше

Масса расплава в ковше при разливке, кг	Механические свойства			
	σ_b , МПа	σ_T , МПа	δ , %	ψ , %
После модифицирования				
125	580	370	36	39
250	540	310	32	34
После модифицирования с ПАВ				
125	585	415	40	42
250	550	340	34	38

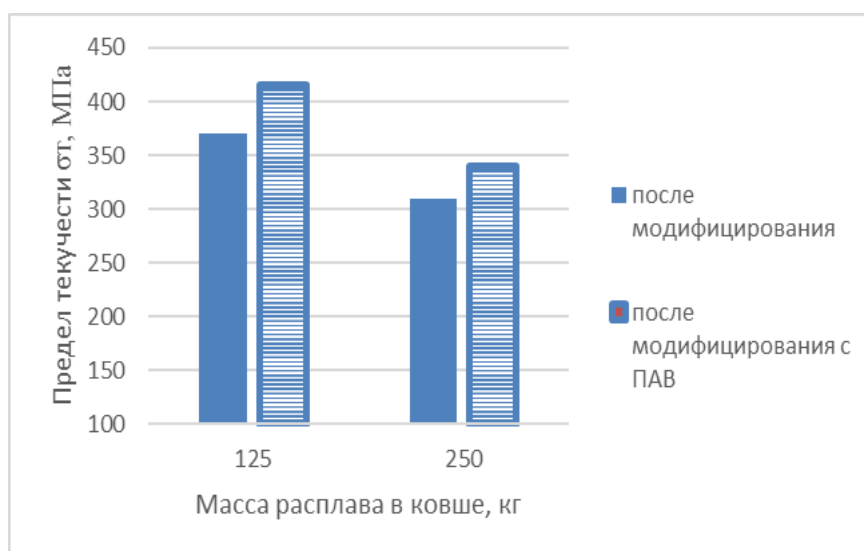


Рисунок 1 – Зависимость предела текучести от массы расплава в ковше

Анализ полученных результатов показал, что с увеличением массы расплава в ковше требуется больше времени на заливку формы, и эффект модифицирования с течением времени снижается, о чем свидетельствуют результаты исследования. Также установлено, что ввод в состав модифицирующей присадки поверхностно-активных элементов способствует увеличению продолжительности эффекта модифицирования. Это связано с тем, что параллельно с действием основного модификатора, которое заключается во взаимодействии щелочноземельных металлов с серой, удаляя ее из расплава в шлак и одновременно создавая подложки для зарождения кристаллов, поверхностно-активные элемент абсорбируются на этих подложках, останавливая их рост, тем самым увеличивают переохлаждение и стабильность включений (подложек) с радиусом меньше критического, а также затрудняют обратный процесс их растворение в расплаве, что увеличивает время их «жизни» и соответственно время действия эффекта от модифицирования.

Литература

- 1 Применение барий-стронциевого карбоната при производстве заготовок из инструментальной стали Р6М5 и Х12МФ / С.В. Мурцев [и др.] // Электromеталлургия. – 2004. – № 10. С. 8 – 10.
- 2 Исследование пластичности стали типа Х23Н18 / Остапенко [и др.] // Сб. Metallургия и коксохимия. Вып. 90 Электromеталлургия стали ферросплавов. Киев. Техника. 1986 С,27-31
3. Солдатов В.Г., Кульбовский И.К., Мануев М.С. Применение модифицирования стали 20ГЛ для отливок железнодорожного транспорта. — Труды 7-го съезда РАЛ. — Т.1.- Новосибирск: Историческое наследие Сибири, 2005. — с. 179-182.
4. Андреев И.Д., Афонаскин А.В., Бажова Т.Ю., Дородный В.Д. Влияние технологических параметров модифицирования комплексными модификаторами на свойства отливок // Литейное производство. — 2002. — №6. — с.13-15.
5. Черняк С.С., Ромен Б.М. Высокомарганцовистая сталь в машиностроении.- Иркутск: Иркутский университет, 1996. — с. 165-201.