

**Исследование влияния размеров отливок на эффект модифицирования литых низколегированных сталей**

Студенты гр. 10405220: Ключко Д.А., Рукина К.А.,  
Микулич А.Д., Оленцевич А.А.

Научный руководитель - Барановский К. Э.  
Белорусский национальный технический университет

Модифицирование расплава стали, получило широкое распространение, прежде всего это связано с развитием технологии внепечной обработки сталей, включающей в себя ввод в жидкий металл в ковше или в струю металла модифицирующих добавок.

Меньшая загрязненность модифицированного металла является причиной получения более высоких пластических свойств, в первую очередь, ударной вязкости при обычных и пониженных температурах испытаний. Например, на ОАО «Икар» (г. Курган) удаление глиноземистых включений с границ литых зерен за счет использования силикокальций-бариевой лигатуры обеспечило требуемый повышенный уровень хладостойкости ( $KCU-60 \geq 40$  Дж/см<sup>2</sup>) отливок из стали 25Л при их упрощенной термической обработке на основе нормализации, хотя обычно для этих целей используют легированные стали с более сложной термообработкой отливок.

Значительное улучшение механических, особенно пластических свойств, получено также при модифицировании углеродистых, низколегированных и нержавеющей сталей на Самарском сталелитейном заводе.

Одним из важнейших результатов модифицирования – является повышение жидкотекучести стали. Повышение жидкотекучести улучшает заполняемость форм, повышает качество поверхности отливок, что особенно важно при производстве точного литья. Одним из технологических следствий повышения жидкотекучести модифицированного металла является возможность снизить температуру разливаемой стали, что, в свою очередь, позволяет ослабить развитие горячих термических трещин и других дефектов газоусадочного характера [1].

Исследователями [2] отмечено, что снижение загрязненности модифицированной стали неметаллическими включениями, напрямую связывая этот факт с наблюдаемым повышением её жидкотекучести. При этом наиболее существенно уменьшается или полностью устраняется загрязненность высокоглиноземистыми включениями. Причина этого положительного воздействия, вероятно, заключается в том, что при вводе нескольких активных элементов, в первую очередь – кальция, кальция с добавками других соединений, алюминия. В результате, при одних и тех же температурах модифицированный металл содержит меньше равновесного кислорода, а более раннее и интенсивное образование включений повышает возможность их удаления в ковше и, особенно, в изложнице.

Особо следует остановиться на возможности существенного снижения серы в металле за счет применения РЗМ-содержащих модификаторов. Эта проблема представляет большой интерес для литейщиков, выплавляющих сталь в кислых печах, где обеспечить требуемые значения концентрации серы, возможно, только при использовании чистой шихты.

При модифицировании система расплав-модификатор переводится в неустойчивое неравновесное состояние. Важной особенностью модифицирования является затухание модифицирующего эффекта и стремление системы вернуться в исходное состояние. Это обусловлено интенсивным взаимодействием активных элементов модификатора с примесями жидкого расплава и окислением кислородом воздуха. В связи с этим для получения максимального эффекта модификатор следует вводить в расплав непосредственно перед разливкой или в процессе разливки. Другая особенность модифицирования заключается в том, что концентрация

элемента-модификатора должна находиться в определенных довольно узких пределах. Недостаточное его содержание не обеспечивает требуемого изменения структуры и свойств металла, и, наоборот, избыточное содержание элемента может привести к ухудшению структуры и свойств металла, т. е. существуют понятия «недомодифицирование» и «перемодифицирование». При микролегировании таких резких изменений свойств обрабатываемого металла не происходит. Таким образом, модифицирование это процесс обработки металлического расплава химически активными элементами с переводом всей системы, включающей в себя расплав, остаточные концентрации элементов и продукты их взаимодействия с примесями, в неустойчивое неравновесное состояние [3]

Целью данной работы является исследование влияния геометрических параметров: толщины стенки и массы отливок на степень затухание модифицирующего эффекта.

Изучение эффекта затухания модифицирования проводили на ООО «Идея» при производстве отливок из стали 20 ГЛ. Предприятие производит отливки методом литья по газифицируемым моделям. В связи с чем образцы для определения механических свойств к кусту отливок на этапе сборки присоединяли образец-свидетель, который проходил все операции на ровне с отливками (заливку, выбивку, очистку, термообработку), после чего из него вырезались образцы для определения механических свойств.

Использовался модификатор, состоящий из Ca, Ba, Sr в виде силикатов (РС-7) с добавлением или без добавления паверностно-активного элемента (ПАЭ). В качестве ПАЭ, на основании литератур ранее проводимых исследований, был выбран Вi. 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. Образцы для исследования вырезали из отливок массой 5 и 10 кг (с разной толщиной стенки).

Результаты исследования влияния массы отливки на структуру и показатели механических свойств приведены в таблице Результаты исследования влияния массы отливки на структуру и показатели механических свойств приведены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1 – Влияние массы отливки на показатели механических свойств

Масса отливки, кг	Механические свойства			
	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %
После модифицирования				
5	575	390	32	33
10	570	354	26	29
После модифицирования с ПАВ				
5	570	400	35	37
10	580	357	28	32

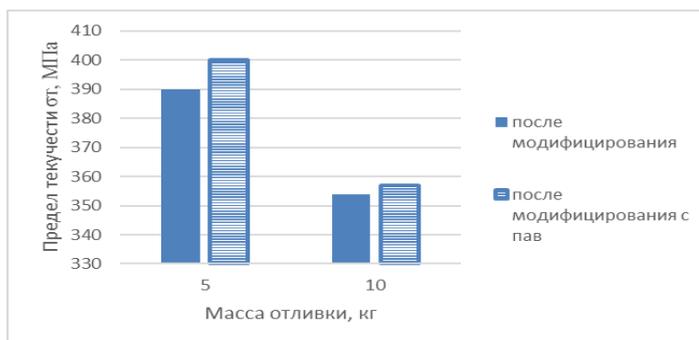


Рисунок 1 – Влияние массы отливки на показатели предела текучести

На рисунке 2 показаны отливки, полученные литьем по газифицируемым моделям (разной массы).



аб

а – массой 5 кг; б – массой 10 кг

Рисунок 2 – Отливки, полученные литьем по газифицируемым моделям

В свою очередь масса отливки будет влиять, на скорость охлаждения, т. к. большие отливки требуют больше времени для заполнения формы и охлаждения в сравнении с малыми. А это, в свою очередь, будет влиять на степень переохлаждения стали и формирование структуры определенной зернистости, и, как следствие, на механические свойства.

Анализ полученных результатов показал, что увеличением массы отливки наблюдается снижение эффекта модифицирования, при этом добавка ПАВ, продлевает эффект, повышаются механические свойства стали, в частности предел текучести.

Это объясняется тем, что введение в расплав комплексного модификатора обеспечивает рост всех механических характеристик за счет обессеривания, более глубокого раскисления стали, уменьшения количества неметаллических включений и их скругления неметаллических включений, а также за счет измельчения микроструктуры отливок. А введение дополнительно к модификатору поверхностно активных веществ позволяет продлить эффект модифицирования.

#### Список использованных источников

1. Шуб, Л. Г., Ахмадеев А. Ю. О целесообразности модифицирования стального литья / Л. Г. Шуб, А. Ю. Ахмадеев // *Металлургия машиностроения*. – 2006. – Вып. 6. – с. 15 – 18
2. Гольдштейн Я. Е., Мизин В. Г., «Модифицирование и микролегирование чугуна и стали», М. «Металлургия», 1986, 271 с.
3. Скок Ю. Я. О механизме модифицирования стали / Ю. Я. Скок, В. А. Ефимов // *Проблемы стального слитка*. М. : *Металлургия*, 1978. С. 43- 47.