

УДК 621.74

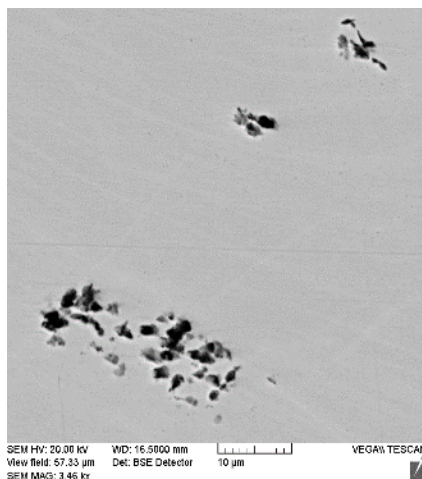
Улучшение формы неметаллических включений в сталях за счет модифицирования

Студенты гр. 10405220 Подласенко И.А., Форнель А.Д.
Магистрант Мухтаров Д.Р.,
Студенты гр. 10403121 Маршалковский Р.С., Пузынин Я.С.
Научные руководители Барановский К.Э., Урбанович Н.И.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

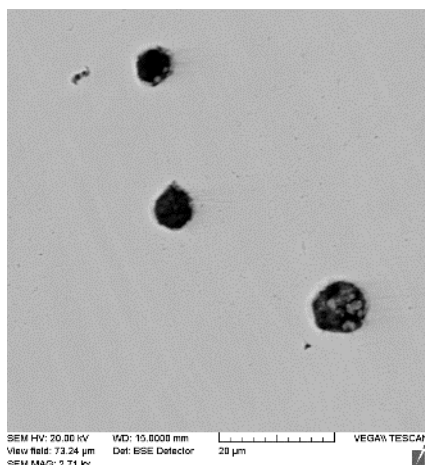
Повышение механических свойств - одна из основных задач при выплавке сталей. Наиболее эффективным методом решения этой задачи является модифицирующая обработка расплава, влияющая на процесс кристаллизации и формирования структуры. В качестве модификаторов для обработки сталей (в том числе марганцовистых) используются добавки на основе щелочноземельных металлов (ЩЗМ). Ввод в состав стали кальций-барий-стронциевых карбонатов позволяет одновременно раскислить металл, изменить форму неметаллических включений, при этом ЩЗМ связывают примесные элементы, находящиеся в расплаве, а образующиеся пузырьки газа при разложении карбонатов способствуют удалению неметаллических включений. Двух стадийный ввод модифицирующей присадки в печь в конце восстановительного периода и в ковш при его заполнении позволяет повысить механические и эксплуатационные свойства. Использование модификаторов позволяет улучшить структуру, улучшить форму неметаллических включений, уменьшить размер отдельного включения, измельчить структуру.

Из образцов марганцовистой стали 110Г13Л (с модифицирующей обработкой расплава карбонатами щелочноземельных металлов и без нее) были изготовлены небольшие шлифы без травления для изучения неметаллических включений, с определением их химического состава на электронном микроскопе при больших увеличениях.

Исследование шлифов также осуществлялось с использованием рентгенофлуоресцентного микроанализатора INCA 350 сканирующего электронного микроскопа Vega II LMU и детектора сканирующего электронного микроскопа – BSE. Данный детектор позволяет качественно различать частицы образца с разным химическим составом – более темные участки имеют малый атомный номер в периодической системе элементов, более светлые – большой атомный номер. Обработка полученных результатов проводилась с использованием программного обеспечения, поставляемого совместно с рентгенофлуоресцентным микроанализатором INCA 350 (рисунок 1).



а



б

а – без модифицирования; б – модифицирование карбонатами
щелочноземельных металлов

Рисунок 1 – Неметаллические включения x 3000

Исследование шлифов при больших увеличении показало, что модифицирование привело к уменьшению размеров неметаллических включений и изменению их формы. Без модифицирующей обработки неметаллические включения представляют собой конгломерат из большого числа остроугольных мелких включений. Модифицирование переводит форму неметаллических включений в шаровидную, отдельные мелкие остроугольные включения отсутствуют. На рисунке 2 показаны неметаллические включения без модифицирования, а в таблице 1 их химический состав.

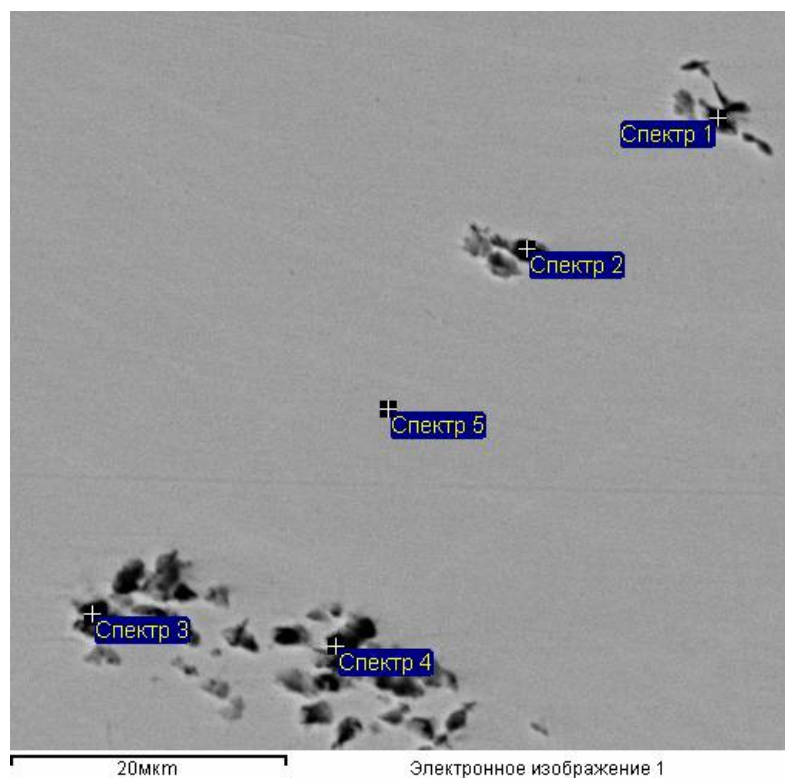


Рисунок 2 – Неметаллические включения без модифицирования

Таблица 1 – Химический состав неметаллических включений без модифицирования

Спектр	O	Si	P	S	Ca	Cr	Mn	Fe	Итого
Спектр 1	5.80	9.54	0.18	0.21	0.09	0.56	11.27	72.35	100.00
Спектр 2	7.14	0.60	0.11	0.35	0.17	0.67	11.61	79.35	100.00
Спектр 3	10.63	0.70	0.19	0.22	0.58	0.85	11.28	75.53	100.00
Спектр 4	9.80	0.71	0.24	0.31	0.36	1.66	11.24	75.69	100.00
Спектр 5		0.59	0.03	0.05		0.43	13.31	85.59	100.00

Включения, образующиеся без модифицирования, представляют собой конгломерат из примесей оксидов алюминия, титана, марганца и железа. На рисунке 3 показаны неметаллические включения после модифицирующей обработки, а в таблице 2 их химический состав.

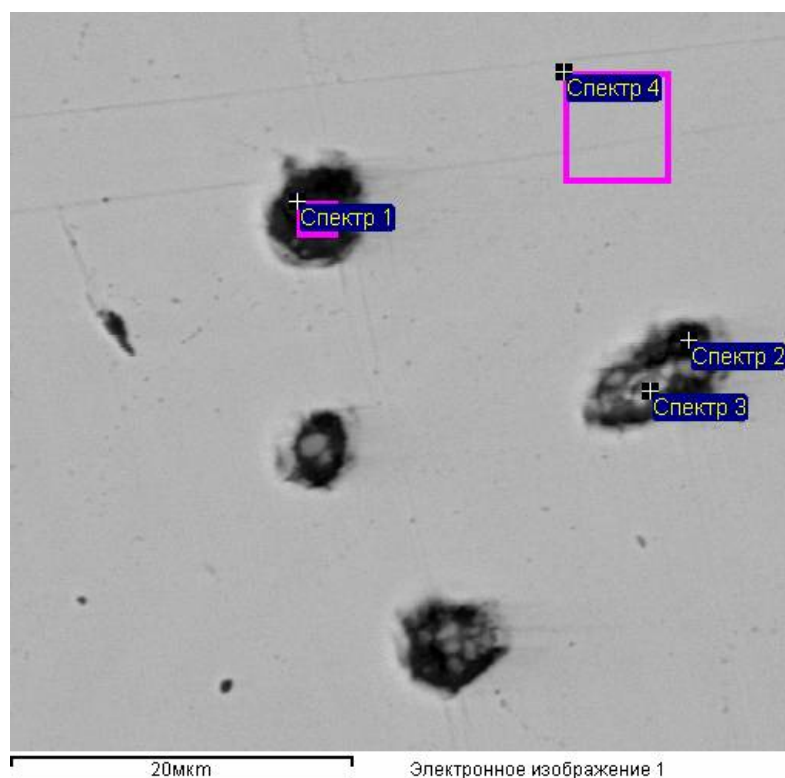


Рисунок 3 – Неметаллические включения после модифицирования

Таблица 2 - Химический состав неметаллических включений после модифицирования

Спектр	O	Al	Si	P	S	Ca	Cr	Mn	Fe	Sr	Ba
Спектр 1	13.12	0.53	1.44	0.34	0.23	1.91	1.41	9.72	70.84	0.18	0.28
Спектр 2	7.16	--	0.88	0.21	0.19	1.69	3.37	9.70	76.38	0.22	0.21
Спектр 3	12.02	--	1.21	0.23	0.50	3.46	1.08	10.29	70.21	0.39	--
Спектр 4	--	--	0.71	0.09	0.05	--	0.39	14.28	84.49	--	--

Включения, образующиеся после модифицирования, представляют собой отдельные округлые включения из оксидов марганца, железа в своем составе дополнительно содержащие барий, кальций, стронций из модификатора.

Наиболее благоприятными с точки зрения повышения механических и эксплуатационных свойств металла являются неметаллические включения, которые при

формировании из расплава приобретают преимущественно сферическую форму (глобули). Для этого проводится первичное модифицирование, на зеркало металла, и вторичное, при выпуске металла в ковш. Вторичное модифицирование осуществляется на желобе печи в количестве 50% (от всего количества модификатора) и в ковше в количестве 50%. Модифицирование проводится модификатором L-cast разных фракций. Как показала оценка механических свойств и структуры отливок, полученных при использовании смесового комплексного раскислителя (РКС) и модификатора L-cast возможно получение более высоких механических свойств, лучшей структуры и глобулярной формы неметаллических включений.