

# ИССЛЕДОВАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОМАРГАНЦЕВОЙ СТАЛИ 110Г13Л ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КРЕСТОВИН

*Уразбаев Т.Т., ассистент, Турсунов Т.М., старший преподаватель, Мамаев Ш.И., и.о.доцент, Авдеева А. Н., кандидат технических наук, доцент, Абдурахимов М.М., Валиева Д.Ш., ассистент кафедры «Материаловедение и машиностроение» Ташкентский Государственный Транспортный Университет Узбекистан, г. Ташкент*

**АННОТАЦИЯ:** В данной статье посвящена исследованию процессов совместного раскисления и модифицирования высокомарганцевистой стали 110Г13Л в (Al+Ti) и (ФС45А15+Ti), при выполнении серии лабораторных экспериментов в печи сопротивления (печь Таммана).

В итоге изменения модификатора при плавки стали 110Г13Л для железнодорожных крестовин, ударная вязкость, в суммарном содержания (FeO) и (MnO)=5,18%, равна 230 Дж/см<sup>3</sup> (при 20 °С).

**Ключевые слова:** сталь 110Г13Л, модификатор Al+Ti, модификатор ФС45А15+Ti, ферросиликоалюминий, раскисление, степень усвоения, активность кислорода, крестовина.

В работе рассмотрена возможность экспресс-оценки  $\sum (FeO + MnO)$  путем измерения активности кислорода в жидкой стали. Монооксид марганца MnO, находящийся в стали, по данным большого количества исследований, значительно ухудшает ее трещиностойкость, износостойкость, пластичность, хладостойкость и другие свойства.

Высокомарганцевые стали, содержащие 8,5-15 % марганца, благодаря высокой износостойкости при воздействии ударных нагрузок, уже многие годы остаются незаменимым конструкционным материалом для изготовления сменных деталей машин и оборудования в машиностроительной, горнорудной, металлургической, железнодорожной и других отраслях промышленности. Из этих сталей изготавливают футеровки

вихревых и шаровых мельниц, трамвайные и железнодорожные крестовины и стрелочные переводы, гусеничные траки, звездочки, зубья ковшей экскаваторов и другие детали.

В качестве альтернативы рассматривался, в том числе, ферросиликоалюминий (ФСА). Однако широкое применение ФСА сдерживалось недостаточной его изученностью, в частности, отсутствием надежных сведений о фазовом строении, об оптимальном расходе, о степени усвоения алюминия и об образующихся при этом НВ. Отсутствуют также данные об эффективности его применения в комплексе с титаном.[1]

Исследование эффективности замены модификатора (Al+Ti) на (ФС45А15+Ti) при обработке стали 110Г13Л содержание кислорода определено с помощью фракционного газ анализатора.

Для изучения процессов совместного раскисления и модифицирования высокомарганцовистой стали 110Г13Л в (Al+Ti) и (ФС45А15+Ti) было выполнена серия лабораторных экспериментов. Плавка проводилась в печи сопротивления Таммана.

Масса шихты в среднем составляла 310г. Металл расплавляли в алуновом тигле, материал которого выбирают в зависимости от исследуемого металла, температуры опыта и раскислителя. Чушковый алюминия (Al+Ti) на ферросиликоалюминий (ФС45А15+Ti) подавали через кварцевую трубочку сверху в расплав в виде мелкодробленых кусочков. Нагрев и расплавление шихты (-60 мин) проводили в среде Ar. После расплавления металла в печи создавали среду чистого аргона и отбирали предварительную пробу. Засасывание пробы из расплава осуществлялось кварцевой трубочкой с внутренним диаметром 7 мм. Масса первой пробы составляла около 20 г. Пробу охлаждали в течение - 30 с в среде аргона, далее – на воздухе. После отбора пробы при расплавлении шихты присаживали алюминий и титан (Al+Ti), при заданном содержании осуществляли выдержку 10-15 мин для стабилизации температуры после присадки. После выдержки отбирали вторую пробу. Вторую плавку

проводили аналогично, в отличие от отбора первой пробы при расплавлении шихты присаживали ферросиликоалюминий и титан (ФС45А15+Ti).

### Результаты опытных плавки и их обсуждения

Определение содержания кислорода в образцах высокомарганцевой стали 110Г13Л проводили методом восстановительного плавления в токе инертного газа на анализаторе ТС-600 фирмы LECO .

*Анализ результатов эксперимента.* Содержание кислорода определяли в образцах высокомарганцевой стали 110Г13Л, отобранных до раскисления (проба 1) и после раскисления (проба 2).

Общее содержание кислорода в высокомарганцевой стали 110Г13Л до раскисления (проба 1) составляет 0,00332-0,00336 %, но после раскисления (проба 2) оно снижается до 0,00125 - 0,00188 %. При этом обработка высокомарганцевистой стали 110Г13Л раскислителя опытной технологии обеспечивает на треть меньшее содержание кислорода (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание кислорода в высокомарганцевой стали 110Г13Л при обработке комплексами (Al+Ti) и (ФСА+Ti).

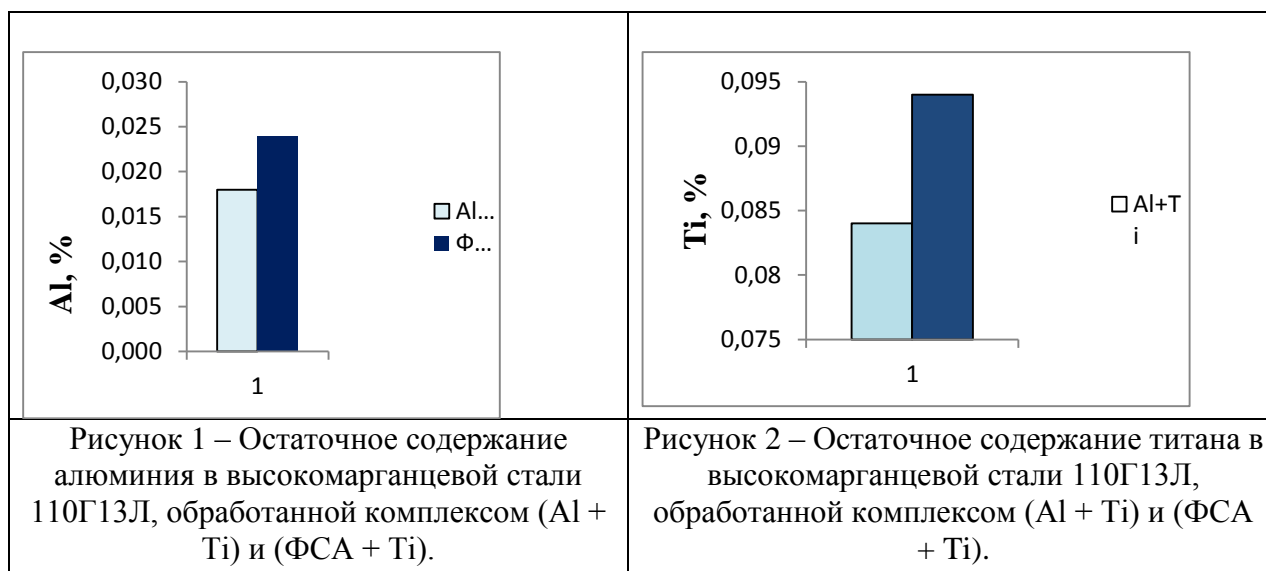
№ плавки	Вариант обработки стали	Место отбора пробы	Содержание кислорода $\Sigma [O]$ , % масс
1	Обработка в комплексом (0,7 кг/т Al + 1,6 кг/т Ti)	До обработки	0,00322
		После обработки	0,00188
2	Обработка в комплексом (3,5 кг/т ФСА + 1,6 кг/т Ti)	До обработки	0,00336
		После обработки	0,00125

Измерение активности кислорода показывает (таблица 1), что при одинаковой активности кислорода в высокомарганцевой стали 110Г13Л обработка расплава комплексом (ФСА+Ti) обеспечивает более глубокое раскисление, чем в случае обработки её комплексом (Al+Ti).

Остаточное содержание Al и Ti. Исследовали также остаточное содержание и степень усвоения алюминия и титана при (Al+Ti) и (ФСА+Ti) вариантах раскисления высокомарганцевой стали 110Г13Л. При обработке высокомарганцевой стали 110Г13Л по комплексом (Al+Ti) концентрация

остаточного алюминия 0,018 %, а степень усвоения - 18,66 %. При обработке высокомарганцевой стали 110Г13Л по комплексом (ФСА+Ti) содержание остаточного алюминия 0,024 %, степень усвоения –44,58 %.

На рисунке 1 приведены сравнительные содержания остаточного алюминия в высокомарганцевой стали 110Г13Л обработанной комплексом (Al+Ti) и (ФСА+Ti).



Анализ содержания титана в обработанной комплексом (Al + Ti) и (ФСА + Ti), плавках показал (рисунок 2), что в случае применения ФСА остаточное содержание титана составило 0,094 % по сравнению с 0,084 % при присадке титана совместно с алюминием, угар титана 39,9 % и 46,3 % соответственно. Это свидетельствует о том, что при таком же расходе титановой губки степень усвоения титана возрастает с 53,7 % до 60,1 % в случае его введения совместно с ФСА.

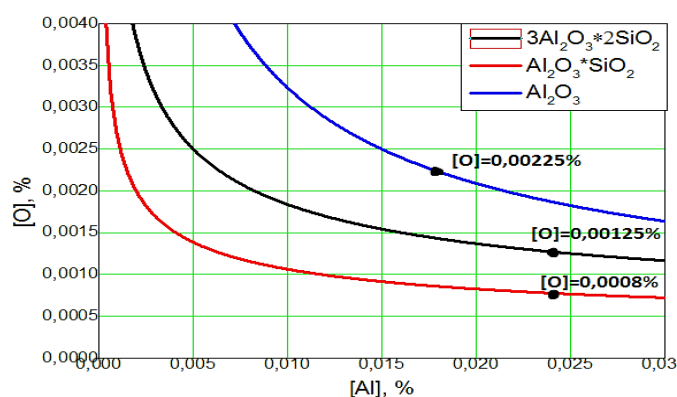


Рисунок 3– Зависимости растворимости кислорода в расплаве состава стали 110Г13Л при температуре 1873 К от концентрации кремния и алюминия: ● – экспериментальные данные;

Таблица 2 – Содержание кислорода в стали 110Г13Л экспериментальной и расчетной

Вариант обработки стали	$\Sigma [O]_{\text{эксп}}$ , % масс	$\Sigma [O]_{\text{расч}}$ , % масс		$\Delta \Sigma [O]$ , %
Обработка в комплексом (0,7 кг/т Al + 1,6 кг/т Ti)	0,00188	0,00225		0,00037
Обработка в комплексом (3,5 кг/т ФСА + 1,6 кг/т Ti)	0,00125	$3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	0,00125	0
		$Al_2O_3 \cdot SiO_2$	0,0008	0,00045

Оценка разницы расчетных и экспериментальных результатов по  $\Delta [O]$  показала, что  $\Delta [O]$  при обработка в комплексом (0,7 кг/т Al + 1,6 кг/т Ti) составило 3,7 ppm, а при обработке в комплексом (3,5 кг/т ФСА + 1,6 кг/т Ti) составило 4,5 ppm.

*Определим активность кислорода.* При содержании кислорода 0,00336% до обработки комплексом (ФСА+Ti) ,  $a_{[O]} = 0,000585\%$ , получим  $\Sigma(FeO+MnO)=5,18\%$ .

### Выводы

Для железнодорожных крестовин, ударная вязкость должна превышать 200 Дж/см<sup>3</sup>, для нашего случая, когда суммарное содержание (FeO) и (MnO)=5,18% при 20 °С, ударная вязкость равна 230 Дж/см<sup>3</sup>.

Реализация разработанных технологических рекомендаций опробования на заводе ЛМЗ ожидается получать качественные отливки без дефектов, с высоким и стабильным уровнем механических свойств и повысить эффективность ковшовой обработки и получить за счет снижения расхода раскислителя и модификатора экономический эффект.

### Список использованных источников

1. С.В. Житнов, Н.Г. Давыдов, //Высокомарганцевые стали// Металлургия–М.1995
2. Григорович К.В., Гарбер А.К.. Анализ процессов комплексного раскисления расплавов углеродистых сталей. Металлы, 2011, №5.
3. Турсунов, Нодиржон Каюмжонович, Талгат Тилеубаевич Уразбаев, and Тохир Муратжонович Турсунов. "Методика расчета комплексного раскисления стали марки 20гл с алюминием и кальцием." Universum: технические науки 2-2 (95) (2022): 20-25.