

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ НА СТАЛЬ 20ГФЛ

**Г. А. Околович, А. В. Габец, Е. О. Чертовских**

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,  
г. Барнаул, Россия

Отливка детали «Рама боковая» производится на Рубцовском филиале ОАО «Алтайвагон», которая являются основным элементом тележки грузового вагона. В работе боковая рама воспринимает статические, вертикальные динамические и продольные нагрузки, а также воздействие крутящего момента при движении выгона во время поворота. При этом основная часть динамических нагрузок носит циклический характер.

В настоящее время в связи с дефицитом качественных шихтовых материалов актуальным является использовать в производстве стали кальций содержащую порошковую проволоку для повышения чистоты стали по неметаллическим включениям. При всем многообразии применяемых порошковых проволок с наполнителями из SiCa, CaAl, CaFe, FeV, FeTi, FeV и др. наиболее эффективной, а с учетом зарубежного опыта, и необходимой в сталеплавильной технологии является обработка расплава кальций содержащими наполнителями.

Ввод кальция в жидкий металл существенно влияет на содержание кислорода в расплаве, рафинирование от нежелательных примесей, состояние и количество неметаллических включений. Обработка металлургических расплавов кальциевой порошковой проволокой благоприятно сказывается на создании равноосной зернистой структуры. Кроме этого обработка позволяет устранить образование кристаллических остроугольных включений, как концентраторов напряжений и очагов разрушения металла, особенно опасных в условиях охрупчивания стали при низких температурах и больших мгновенных нагрузках, что очень важно для сталей ответственного назначения.

Микролегирующее действие кальция проявляется в повышении пластических и, одновременно, прочностных свойствах стали при обеспечении заданного остаточного содержания кальция. При этом устраняется отрицательное влияние глинозема в расплаве и готовой продукции. Ввод в жидкий металл порошковой проволоки с наполнителем из

смеси кальция и железа обеспечивает взаимодействие кальция с включениями глинозема и превращение их в легкоплавкие алюминаты кальция, смываемые со стенок разливочного стакана струей жидкого металла. В результате разливочный стакан значительно дольше сохраняет свои размеры, и процесс истечения металла из ковша происходит без отклонений от заданного режима.

Усвоение кальция расплавом металла, т.е. степень его использования из порошковой проволоки, зависит от интенсивности испарения кальция на различной глубине расплава при температурах сталеварения.

Стальная оболочка порошковой проволоки обеспечивает доставку кальция на такую глубину стальной ванны (около 1,2 м), где ферростатическое давление примерно равно упругости его пара (около 0,15 МПа при 1600°С) [1], что снижает потери кальция на испарение. При этом, при вводе её в расплав металла усвоение кальция повышается, т.к. железная дробь, имеющая значительно меньшую по сравнению с порошком железа удельную поверхность, расплавляется медленнее, что обеспечивает более плавное и длительное протекание эффекта «температурного балласта», ведущее к повышению усвоения кальция (до 30%) металлом, локально вводимого в большом количестве в расплав металла.

Использование трайб-аппарата позволяет вводить проволоку диаметром от 8-16мм. Проволока поставляется в бобинах и подается в стопорный 8т сталеразливочный ковш. С целью увеличения эффекта модифицирования во всем объеме металла применяли продувку газообразным аргоном высокой чистоты ТУ 6-21-12-94 в течение 4 минут через щелевую фурму под давлением 0,2-0,3 МПа, расположенную в подине ковша.

Для проведения эксперимента была выбрана кальций содержащая проволока  $\phi 13$  мм, состоящая из механической смеси железной дроби 70% и 30% кальция. Длина вводимой проволоки составила 20 м, где общий вес кальция составил 3 кг.

Таблица № 1 – Химический состав стали марки 20 ГФЛ текущей плавки.

	C,%	Mn,%	Si,%	S,%	P,%	Ni,%	Cu,%	V,%	Al,%
нормативный	0,17-0,25	0,9-1,40	0,3-0,5	Не более 0,03	Не более 0,04	Не более 0,3	Не более 0,3	0,07-0,13	0,02-0,06
текущий	0,2	1,089	0,39	0,016	0,016	0,1	0,12	0,064	0,03

Остаточное содержание Са в стали составило 0,001%.

По результатам проведенных механических испытаний временное сопротивление требуемое ОСТ 32.183-2001 не менее 490 МПа, фактическое 530 МПа, требуемый предел текучести от 294 до 343 МПа фактический 335 МПа, относительное удлинение требуемое не менее 20% фактическое 29%, относительное сужение требуемое 30% фактическое 45%, ударная вязкость КСЧ<sup>-60°C</sup> требуемая не менее 24,5 Дж/см<sup>2</sup> фактическая 50,6 и 40,5 Дж/см<sup>2</sup>. Ударная вязкость КСЧ<sup>-60°C</sup> требуемая не менее 16,7 Дж/см<sup>2</sup> фактическая 17,7 и 17,1 Дж/см<sup>2</sup>.

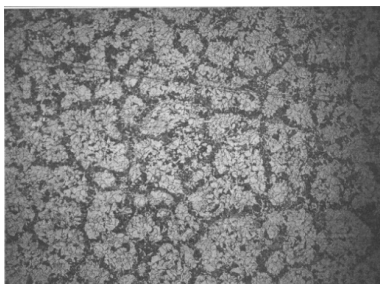


Рисунок 2

Металлографические исследования проводились после нормализации 935-960°C в проходной мазутной печи. Микроструктура ферритно-перлитная, мелкозернистая, с выделением перлита в виде перлитной сетки (рисунок 2). Величина зерна соответствует 8 баллу, шкалы 1 ГОСТ 5639-82. При металлографическом исследовании полированного образца из 25 полей зрения на одном обнаружено единичное глобулярное включение 2 группы (рисунок 3). На всех образцах наблюдались мелкие точечные оксидные включения, характерные 1 баллу ГОСТ 4967-2009. Микрошлифы рядовых плавках зачастую имеют 2 балл загрязненности (рисунок 4) стали неметаллическими включениями, среди которых присутствуют включения сульфидов и единичные включения алюмосиликатов.

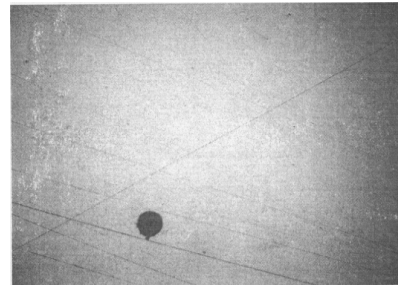


Рисунок 3 – Микрошлиф стали 20ГФЛ с единичным глобулярным включением. х100

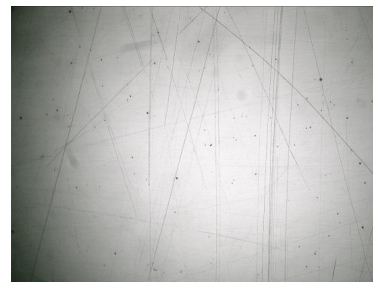


Рисунок 4 – Микрошлиф рядовой стали 20ГФЛ. х100

#### Выводы:

1. Применение кальций содержащей проволоки совместно с продувкой аргоном обеспечивает повышение чистоты стали по неметаллическим включениям в 2 раза.
2. Достигаются стабильные показания механических свойств. Показатели ударной вязкости, обеспечивающий характеристику работы развития трещины (КСЧ<sup>-60°C</sup>), отличается схожимостью дублирующих испытаний, что свидетельствует об однородности стали.
3. Присутствующие включения в стали 20ГФЛ имеют сферическую благоприятную форму.

#### Список литературы:

1. Кудрин В.А. Внепечная обработка чугуна и стали.– М.: Металлургия, 1992. – 336 с.
2. Бигеев А.М., Бигеев В.А. Металлургия стали.- Магнитогорск, МГТУ 2000.
3. Д.А. Дюдкин, С.Ю. Бать, С.Е. Гринберг и др. Внепечная обработка расплава порошковыми проволоками. - Донецк, ООО «Юго-Восток», 2002.