

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИРОДЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ В КАЧЕСТВЕ ИНДИКАТОРА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТАЛЕЙ ДЛЯ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ

**А.М. Ламухин, С.Д. Зинченко, С.В. Ефимов, С.В. Никонов,
Т.О. Латышева (ОАО «Северсталь», г. Череповец, Россия)**

Рассмотрены вопросы образования неметаллических включений в непрерывнолитых слябах автомобилестроительной стали и их изменения в процессе прокатки

В последние годы используемое оборудование и технологии при производстве стали позволяют достаточно полно решать вопросы, связанные с удалением вредных примесей, таких как сера, фосфор, азот, водород. В последнее время основные усилия производителей стали направлены на получение чистых по неметаллическим включениям сталей.

Актуальность получения низкого уровня неметаллических включений при производстве сталей для автомобилестроения резко возросла. Это связано с постоянным повышением требований к качеству поверхности листа для изготовления как лицевого, так и внутренних деталей автомобиля.

В связи с этим, для дальнейшего улучшения качества ультранизкоуглеродистых и низкоуглеродистых низкокремнистых марок сталей производимых в условиях ОАО «Северсталь» для автомобилестроения, были проведены исследования по источникам и стадиям образования неметаллических включений с использованием в качестве индикатора редкоземельного металла на основе церия и лантана (La – 28%, Ce – 48%, Pr – 8%, Nd – 15%).

Таблица 1. Химический состав исследуемых сталей

Сталь	Содержание элементов, ppm								
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti	Nb
Типа IF	н.б.	н.б.	800-	н.б.	н.б.	200	н.б.	200	300
	50	300	1500	120	120	600	60	400	500
Низкоугл. низкокремн.	н.б.	н.б.	1200-	н.б.	н.б.	200	н.б.	-	-
	500	500	1900	150	180	700	60		

Индикатор вводили на следующих стадиях технологического про-

цесса:

- перед проведением промывочного периода в количестве 100 кг – I вариант;
- перед началом разливки в промежуточный ковш 50 кг – II - вариант;
- по ходу разливки в промежуточный ковш в количестве – 50кг (порциями по 5 кг) – III - вариант.

Исследования с использованием электронного микроскопа, а так же фазового состава обнаруженных включений в пробах металла, отобранного от сляба, горячекатаного и холоднокатаного листа, в пробах шлака из промковша и кристаллизатора позволили сделать следующие выводы.

При исследовании проб литого металла (темплет со сляба) были определены следующие типы неметаллических включений:

- простые включения, состоящие только из оксидов алюминия и титана. Обнаружены в зоне точечной неоднородности (по малому радиусу), со стороны большого радиуса, а так же в осевой зоне, где включения имеют наибольший размер. Образование данного типа включений возможно как на стадии внепечной обработки (в процессе раскисления), так и в результате вторичного окисления в процессе разливки (рис.1).

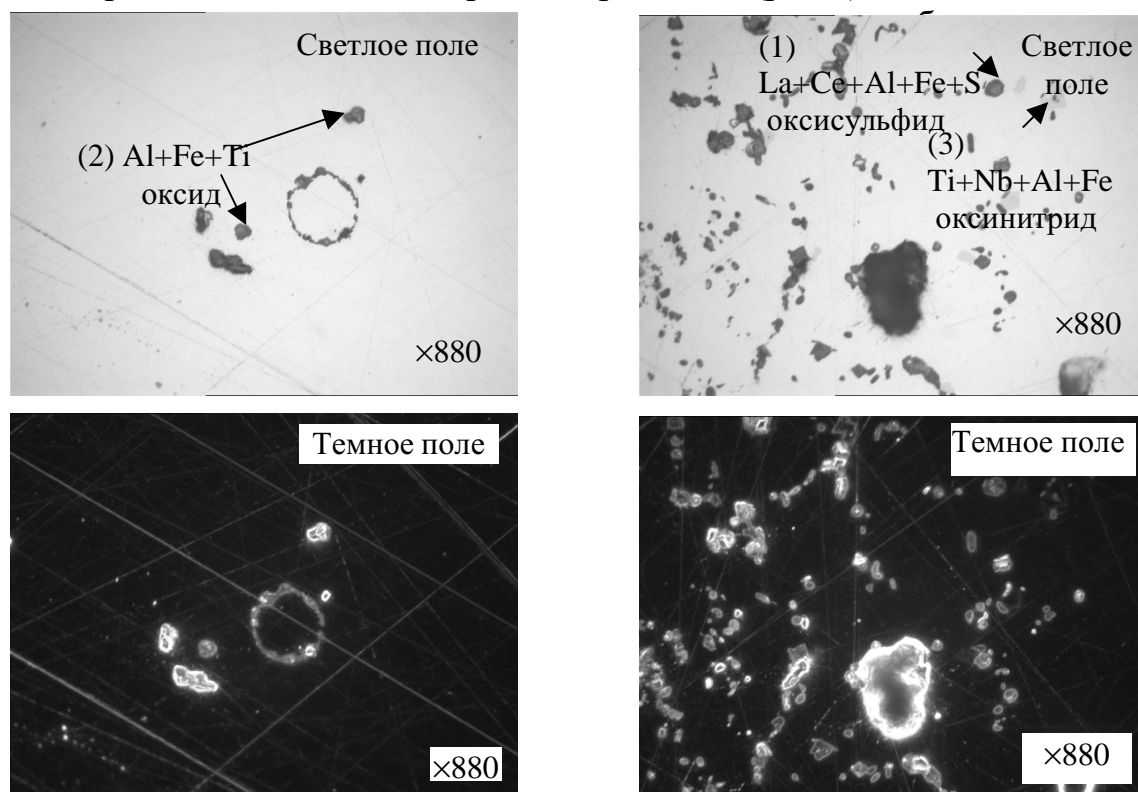


Рисунок 1 – Простые включения (а), состоящие только из оксидов алюминия и титана (зона большого радиуса) и многофазные включения (б), в состав которых входят Al, La, Ce, с примесями сульфидов (зона точечной неоднородности).

- многофазные включения, в состав которых входят алюминий, лантан, церий, ниодиум, железо. Обнаружены со стороны малого, большого радиусов, в осевой зоне. Данный тип включений был обнаружен на плавках с вводом индикатора на внепечной обработке, что свидетельствует о неполном удалении продуктов раскисления в процессе внепечной обработки (рис. 1, б).

- многофазные включения, в состав которых входят алюминий, лантан, церий, иногда с примесями серы, марганца. Обнаружены со стороны малого, большого радиусов, в осевой зоне. Наибольший размер включений отмечен на малом радиусе (район точечной неоднородности). Образование данного типа включений произошло в результате процессов вторичного окисления индикатора на участке промковш и кристаллизатор, так как материал вводился на стадии разливки металла.

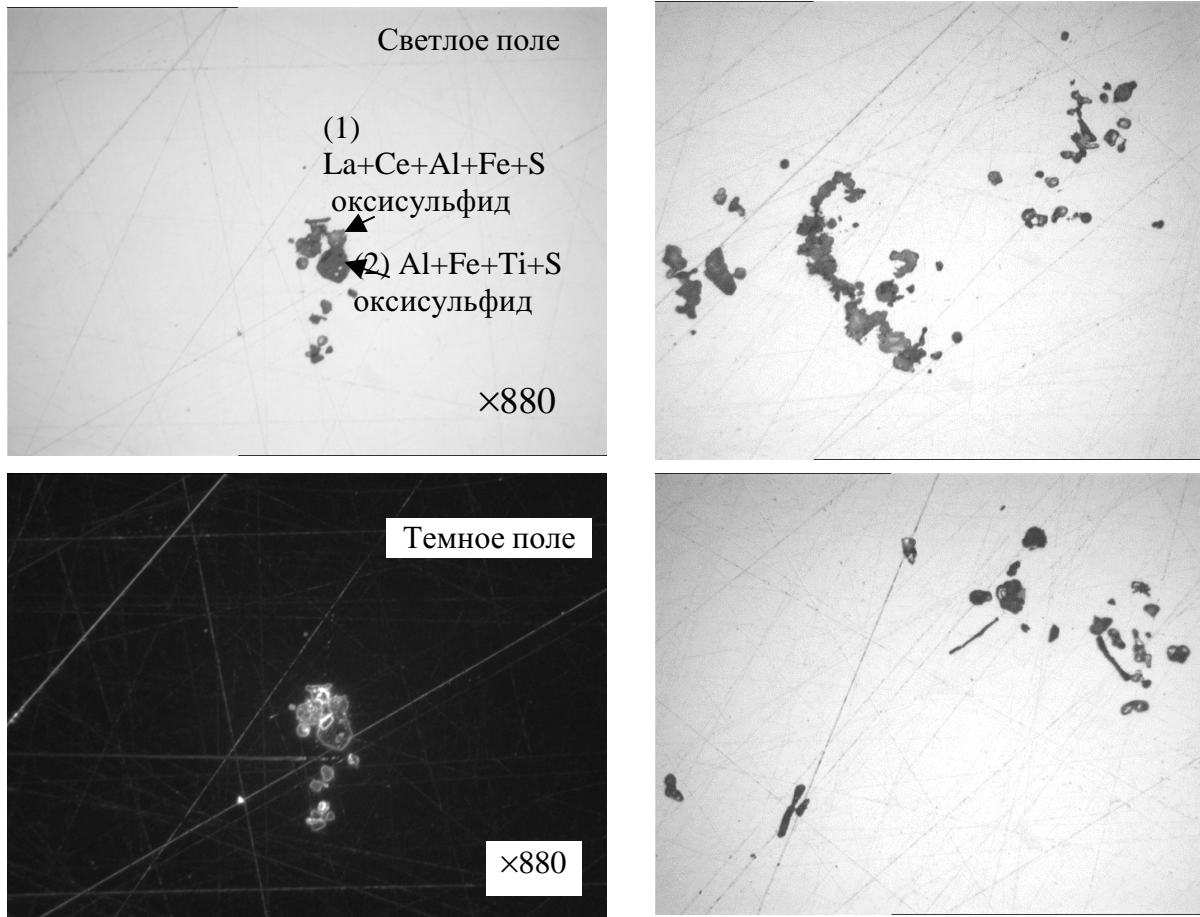
При этом следует отметить, что образовавшиеся включения РЗМ в приемной части промковша не были полностью удалены в шлак и остались в металле (рис. 2, а).

- включения, представляющие собой твердый раствор сульфидов железа и марганца, иногда с примесями окислов алюминия. Расположены, в основном, в осевой зоне. Включения данного типа образуются при кристаллизации металла в результате уменьшения растворимости серы и выделяются по границам зерен (рис. 3).

- многофазные включения, состоящие в основном из окислов алюминия и кальция, с примесями магния и вкраплениями сульфидов кальция. Расположены в осевой зоне. Образование данного типа включений возможно в результате попадания шлака сталеразливочного ковша в металл при переходе с плавки на плавку, что подтверждается повышенным содержанием CaO (47 - 57 %) и MgO (7,75 %) во включениях (рис. 2,б).

Исследования образцов холоднокатаного металла показали, что типы включений, обнаруженные в слябе в районе точечной неоднородности, присутствуют в теле холоднокатаного металла и залегают на глубине 0,25 мм (при толщине проката до 1,8 мм) и 0,5-1,0 мм (при толщине проката до 3 мм) от поверхности.

В результате проведенных исследований было установлено, что чистота стали по неметаллическим включениям определяется, прежде всего, следующими факторами:



а

б

Рисунок 2 – Многофазные включения (а), в состав которых входят алюминий, лантан, церий, иногда с примесями серы, марганца (зона большого радиуса) и многофазные включения (б), состоящие в основном из окислов алюминия и кальция, с примесью магния и вкраплениями сульфидов кальция (осевая зона сляба).

- полнотой удаления продуктов раскисления на стадии внепечной обработки. При этом степень удаления неметаллических включений определяется составом шлака, под которым производится промывочная продувка аргоном и ее длительностью;
- качеством защиты металла от вторичного окисления на заключительном этапе внепечной обработки и разливки металла.

С целью дальнейшего изучения источников образования неметаллических включений и определения влияния материалов, используемых при выплавке стали (огнеупоры, шлакообразующие смеси), планируется проведение работ с вводом индикатора на основе ZrO_2 в эти материалы.

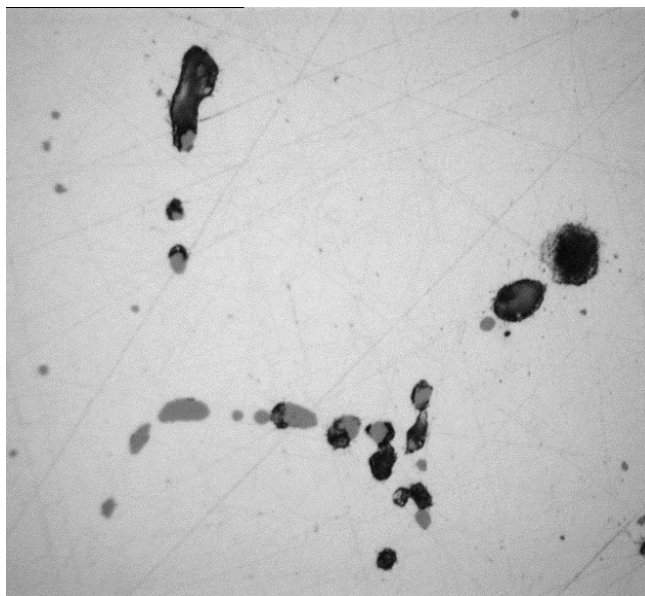


Рисунок 3 – Включения, представляющие собой твердый раствор сульфидов железа и марганца (25 мм от поверхности сляба, х650).

© Ламухин А.М., Зинченко С.Д., Ефимов С.В.,
Никонов С.В., Латышева Т.О. 2005