

УДК 669.18:620.192:621.746.5

А.А.Дробинин (6 курс, каф. СиС), П.В.Ковалев (асп., каф. СиС), А.А.Казаков, д.т.н., проф.

КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ ХОЛОДНОКАТАНОГО ЛИСТА

Целью настоящей работы является исследование причин образования поверхностных дефектов в холоднокатаной автолистовой стали. К сталям для глубокой вытяжки (типа 08Ю) предъявляются повышенные требования к качеству поверхности листа, что связано с высокими прочностными и физическими свойствам готовой продукции. Поэтому крайне важно разработать комплексный подход для определения природы обнаруженных дефектов и исключить возможность их повторного возникновения.

Среди большого разнообразия дефектов холоднокатаного листа, связанных с нарушением технологии разливки, горячей и холодной прокатки, термообработки и травления, следует выделить дефекты, причиной образования которых являются неметаллические включения. Эти включения могут образовываться как в процессе раскисления и разливки стали в ходе металлургического передела, так и в связи с нарушением технологии горячей и холодной прокатки.

Для выявления природы неметаллических включений в сталях и разработки рекомендаций по контролю и управлению процессами их образования были исследованы следующие образцы: партия литых образцов, отобранных по ходу сталеплавильного производства, образцы шлака, темплеты из слябов, горячекатаные и холоднокатаные листы, абразивные материалы для обработки поверхности рабочих валков и зачистки слябов, шлам после зачистки валков, поверхности рабочих валков станов горячей и холодной прокатки.

Исследования образцов холоднокатаного листа в количестве 37 штук из сталей марок 08Ю, 08ПС, 08ЮП, 01ЮТ, ДС01, ДС03, ДС05 позволили классифицировать поверхностные дефекты по 4 типам дефектов: **белая полоса без надрыва, черные штрихи, серая полоса, плена**.

Для выявления характера, морфологии и глубины залегания поверхностного дефекта в листе была разработана уникальная методика подготовки шлифов, заключающаяся в бездеформационной резке образца холоднокатаного листа вдоль дефекта. На современном оборудовании фирмы Buehler были приготовлены поперечные и плоскостные шлифы методом горячей и холодной заливки, без заливки пластмассой и гнутые по дефекту.

Металлографический анализ всех подготовленных образцов позволил создать базы данных изображений по неметаллическим включениям, обнаруженных в процессе сталеплавильного передела, а также всех дефектов холоднокатаного листа. Используемый для исследований анализатор изображения Thixomet дал возможность провести панорамные исследования с высоким разрешением (рис. 1), что необходимо для правильной идентификации неметаллических включений на фоне макродефекта холоднокатаного листа.

С помощью микрорентгеноспектрального анализа на микроскопе REM АВТ-55 (AKASHI), оснащенный микрозондом Link AN 10000/85S(GB), был определен состав более 350 точек в неметаллических включениях, найденных в литых образцах стали, холоднокатаном листе, частицах абразива, шламе после зачистки валков, осадке, отобранном из оборотной воды. Основным типом включений, найденным во всех дефектах, является **карбид кремния**. Только в дефекте *плена*, наряду с карбидом кремния, были обнаружены включения, в состав которых входят алюминий, титан, магний и железо (рис. 2).



Рис. 1. Панорамное изображение дефекта “пленя” 232105-08Ю, ×500

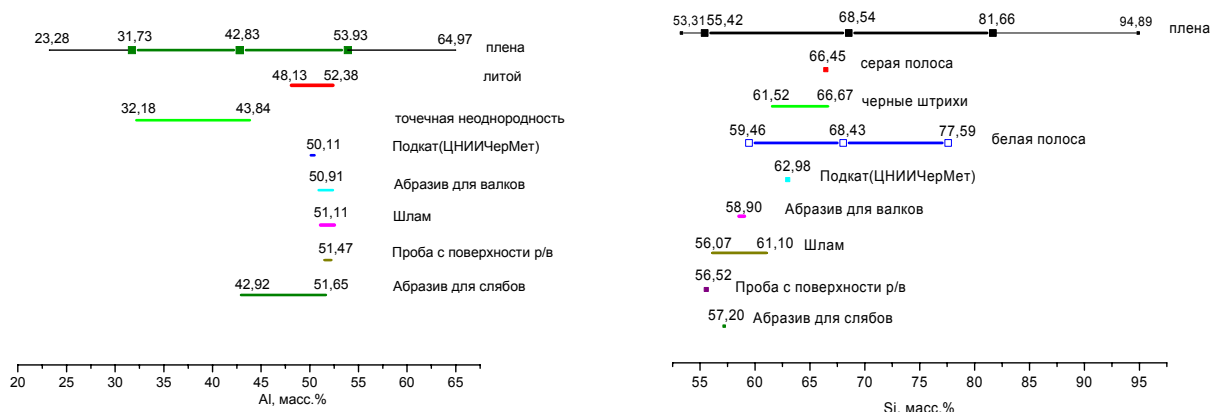


Рис. 2. Содержание Al и Si в неметаллических включениях дефектов и источниках их загрязнения

Исследования литых проб, отобранных по ходу сталеплавильного передела на 100 полях зрения при увеличении ×200 в соответствии с ASTM 1245-00, показали, что в сталях 01ЮТ и 08Ю по ходу внепечной обработки содержание неметаллических включений значительно снижается. Эти включения представляют собой оксиды алюминия и шлаковые включения смеси оксидов алюминия и титана. Изменение массы неметаллических включений по ходу сталеплавильного передела представлены в табл. 1.

Таблица 1

Масса неметаллических включений, об. %	Проба металла
0,0200±0,0100	после усреднительной продувки аргоном
0,0037±0,0008	после раскисления Al перед УНРС
0,0014±0,0006	УДМ перед разливкой
0,0009±0,0004	ковшевая проба, кристаллизатор М 7/4
0,0013±0,0003	1-ый сляб из кристаллизатора М 7/2
0,0006±0,0001	2-ой сляб из кристаллизатора М 7/4

Именно такой порядок величин загрязненности вторичными и третичными эндогенными включениями был получен методами термодинамического моделирования (0,0003...0,0006 об.%), исходными данными для которого был интегральный состав стали. Равновесное содержание кислорода в стали при 1600°С составляет 2...3 ppm, что также хорошо коррелирует с замерами методом ЭДС (3...4 ppm), наблюдаемыми на практике.

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы.

1. Разработана уникальная методика компьютерного анализа дефектов, позволяющая на фоне макродефекта однозначно идентифицировать природу неметаллических включений, послуживших причиной возникновения этих макро-дефектов.

2. Низкое содержание эндогенных включений, являющихся продуктами сталеплавильного производства, и полное отсутствие среди них включений, содержащих кремний, не могут быть причиной образования исследованных дефектов.

3. Образование большинства исследованных дефектов связано с экзогенными абразивными частицами, которые заносятся в поверхностный слой подката.