

УДК 620.18.(075.8)

О.Е.Бодрова (6 курс, каф. ИСиСМ), Ю.Г.Сергеев, к.т.н., доц., А.А.Казаков, д.т.н., проф.

## ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОРЕНТГЕНСПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТИПА НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В СТАЛИ

Присутствие неметаллических включений оказывает большое влияние на качество металла. Количество, размеры, форма, характер распределения и состав включений в значительной степени влияют на механические свойства стали.

При анализе структуры включений возникают трудности при идентификации их фазового состава. Для этого существуют различные методики. В данной работе проводили интерпретацию данных рентгеноспектрального анализа с помощью диаграмм состояния.

Исследования неметаллических включений проводили на шлифах, изготовленных из малоуглеродистых легированных 10Г2ФБ (15 плавок) и низкокремнистых S235JRG2 (7 плавок) трубных сталей.

Структура включений изучалась с помощью микроскопа Zeiss Axiovert 200 MAT при увеличениях  $\times 500$  и  $\times 1000$ . Обнаружены включения размером от 6 до 90 мкм. Металлографические исследования показали, что неметаллические включения имеют различную форму: от глобулярной до неправильной угловатой.

Для определения состава включений в сталях, вышеперечисленных марок, использовали метод локального рентгеноспектрального анализа на приборе РЭМ АВТ-55 "AKASHI" (Япония) с микрозондовой приставкой Link AN 10000/85s "Link Analytical" (Великобритания). Исследовалось по 7-8 включений для каждой плавки, причем для некоторых определялся состав в трех точках.

Микрорентгеноспектральный анализ показал, что включения представляют собой преимущественно соединения системы  $MgO-CaO-Al_2O_3-CaS$ .

По химическому составу расчетным путем определили массу металла связанного с кислородом. При этом учитывался процесс взаимодействия кальция с серой. Предполагалось, что в присутствии кальция вся сера связана в  $CaS$ .

Затем определяли массовые проценты оксидов  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $Al_2O_3$  в составе включения.

Был построен изотермический разрез системы  $MgO-CaO-Al_2O_3$ , рассчитанный с помощью программы Fact Sage, для температуры  $1550^\circ C$ . Затем, используя результаты расчетов, определяли по положению фигуративной точки фазовый состав включений.

Исследованные включения имеют в основном многофазную структуру. В качестве основных составляющих фаз были магнезиальная шпинель ( $MgO \cdot Al_2O_3$ ), корунд ( $Al_2O_3$ ), периклаз ( $MgO$ ), сульфиды кальция ( $CaS$ ), моноалюминат, биалюминат и гексаалюминат кальция ( $CaO \cdot Al_2O_3$ ,  $CaO \cdot 2Al_2O_3$ ,  $CaO \cdot 6Al_2O_3$ ), а также жидкая фаза – оксидный шлаковый расплав. В подавляющем большинстве включения имеют сложную структуру, состоящую из ядра и оболочки. В роли ядра могут выступать как однофазные компоненты, так и их смеси, а оболочка - шпинелью и сульфидами.

Об адекватности полученных данных позволяет судить работа Н.Н.Visser, W.K.Tiekink, M.Koolwijk, R.A.L.Kooter, F.Mensonides, J.P.T.M.Brockhoff «Solid inclusions in calcium treated aluminum-killed steel», в которой авторы исследуют неметаллические включения с помощью диаграмм состояния, а также работы Литвиновой Т.И., Пирожкова В.П., Петрова А.К., которые подтверждают возможность образования двухфазных включений и объясняют природу их образования.