

в котором  $[N]_{\text{н}}$  и  $[N]_{\text{к}}$  - начальная и конечная концентрации азота в металлическом расплаве,  $[C]_{\text{н}}$  и  $[C]_{\text{к}}$  - начальная и конечная концентрации углерода в расплаве.

Термодинамическими и кинетическими расчетами на основе принятой физико-химической модели получены равновесные значения концентрации азота в металле в начале и конце продувки ванны кислородом. Установлено превышение фактического содержания азота в расплаве над равновесным.

Влияние процесса обезуглероживания на поведение азота в металле исследовали на промышленных сталях углеродистых и низколегированных марок. Установлено, что повышение концентрации углерода в металле после продувки от 0,03 до 0,08 % приводит к снижению концентрации азота в среднем на 0,003 %.

Полученные данные, в том числе результаты химических анализов, подтверждают наличие термодинамических и кинетических условий для удаления азота из металла при конвертировании его в большегрузных сталеплавильных агрегатах.

#### Список литературы

1. *Калинников Е.С.* Хладостойкая низколегированная сталь. М.: Metallurgy, 1976. – 288 с.

УДК 669.182.71

**С. Г. Мельник<sup>1</sup>, Л. Ю. Назюта<sup>1</sup>, В. М. Бакланский<sup>1</sup>, В. И. Курпас<sup>2</sup>, Е. И. Быков<sup>1</sup>, А. И. Богуцкий<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ГВУЗ «ПГТУ», г. Мариуполь, <sup>2</sup>ФТИМС НАН Украины, г. Киев

#### **ПРОИЗВОДСТВО ШТРИПСОВОЙ СТАЛИ КАТЕГОРИИ X80 – X120 ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ**

Высокопрочные стали для производства труб большого диаметра (ТБД) составляют значительную часть современных сталей для сварных конструкций. Штрипсовая сталь для сварных ТБД в первом приближении должна соответствовать требованиям стандартов Американского института нефти (API) США и Германии StE. Требуемое качество стали для ТБД может быть обеспечено заданным химическим составом, снижением содержания в ней неметаллических включений (НВ), уменьшением концентраций вредных примесей в металле, получением заданных

механических характеристик. Кроме этого вводятся дополнительные специальные виды контроля качества металла: коррозионные испытания, определение доли волокнистой составляющей (DWTT), определение критических параметров в сварном шве при формовании трубы и в зоне термического влияния (ЗТВ) сварного шва и другие. В связи с этим возникает необходимость в повышении чистоты стали, поэтому штрипсовые стали для ТБД магистральных газопроводов можно отнести к категории чистых высокопрочных низколегированных сталей [1,2].

Для производства ТБД категорий X80 – X120 с учетом требований стандарта API 5L предлагается снижение содержания серы до 0,001 % и фосфора до 0,015 %. В свою очередь, возрастание рабочего давления газа в газопроводе увеличивает вероятность возникновения и распространения вязких разрушений в металле, которые могут быть остановлены, если сталь будет иметь энергию удара по Шарпи больше установленного минимального уровня.

Достижение заданных свойств штрипсовой стали может быть обеспечено применением полиреагентной внепечной обработки жидкого металла. С целью получения минимальных концентраций серы и фосфора необходимо проводить технологические операции по их снижению, начиная с подготовки шихтовых материалов конвертерной плавки, в первую очередь передельного чугуна и металлического лома. Чугун должен пройти предварительную обработку магнием Mg или другими рафинировочными материалами (например, карбидом кальция  $\text{CaC}_2$  или щелочноземельными металлами). Сера при такой обработке переходит в шлак в результате процесса десульфурации, однако при дальнейшей транспортировке чугуновозных ковшей происходит ресульфурация. Для предотвращения ресульфурации необходимо скачивать шлак с поверхности чугуна в чугуновозных ковшах и наводить новый шлак, химический состав и физические свойства которого обеспечат защиту расплава от потерь тепла при последующей транспортировке. Порции металлического лома на плавку должны формироваться из низкосернистого лома известного химического состава.

Углеродистый полупродукт на выпуске из конвертера в сталеразливочный ковш необходимо обрабатывать жидким рафинировочным шлаком на основе  $\text{CaO}$  и  $\text{CaF}_2$  в примерном соотношении компонентов 3:1 или жидким известково-глиноземистым синтетическим шлаком. Для повышения эффективности рафинирования стали во время выпуска низкоуглеродистого полупродукта из конвертера в сталеразливочный ковш следует производить отсечку конечного конвертерного шлака. При помощи такой технологии из стали можно удалить от 70

до 90% серы. Для придания НВ глобулярной формы надо осуществлять модифицирование стали SiCa (марок СК-20, СК-25 и СК-30) вдуванием с помощью пневмопитателей и/или введением трайб - аппаратом в виде проволоки с расходом SiCa до 2 кг на тонну стали. Данная технологическая операция дополнительно снижает содержание серы в стали примерно на 25%. Наряду с рафинированием стали следует проводить микролегирование (Ti, Nb, Mo, Ni, В...) и технологические операции по корректировке ее химического состава. При полиреагентном рафинировании стали желательно, а в ряде случаев необходимо, осуществлять ее вакуумирование, при котором наряду с дегазацией металла возможно удаление из него НВ.

Применение такой комплексной полиреагентной ковшевой обработки металла наряду с возможностями последующей термообработки заготовок позволит производить сталь категорий Х80, Х100 и Х120, которая будет соответствовать повышенным требованиям эксплуатационных характеристик металла для ТБД.

#### **Список литературы**

1. *K. Hulka, F. Heisterkamp and B. Jones. HSLA Steels Metallurgy and Applications ASM Internanional, 1986. – P. 475 – 484.*
2. *K. Hulka, J.M. Gray, F. Heisterkamp. Niobium Technical Report NbTR 16/90, CBMM, Sao Paulo (Brazil), 1990.*

УДК 504.054:669

**А. Г. Мешкова, М. В. Сухарева, Е. В. Матухно**

Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

#### **К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Литейное производство – один из основных источников загрязнения окружающей среды вредными выбросами.

Решение проблемы повышения экологической безопасности литейного производства базируется на анализе трёх факторов [1]: технологического (включает выбор оптимальной технологии отливок с точки зрения экологической безопасности);экономического (включает анализ стоимости различных сооружений