

ная технологическая операция дополнительно снижает содержание серы в стали на 25 %.

Применение дополнительного легирования и внепечной обработки стали позволит улучшить эксплуатационные свойства штрипсовой стали для ТБД категорий X100, X120 и X150 по требованиям Американского института нефти.

### Список литературы

1. *Хайстеркамп Ф.* Ниобийсодержащие низколегированные стали // Ф. Хайстеркамп, К. Хулка, Ю.А. Матросов и др. – М.: «СП ИНТЕРМЕТ ИНЖИНИРИНГ». – 1999 г. – 94 с.
2. Niobium Information 13/97. CBMM/NPC, Düsseldorf (Germany), 1997.
3. *Hall E.O., Petch N.J.* // JISI, 1953. – 1953. - V. 174. – P. 25 – 28.
4. Технология производства конвертерной стали с полиреагентным рафинированием / Н.И. Тарасевич, С.Г. Мельник, Р.Я. Якобше и др. – Киев. – Информлитъе, 2010. – 262 с.

УДК 669.168

**С. Г. Мельник**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г. Киев

### **ПРОИЗВОДСТВО БОРСОДЕРЖАЩИХ НЕЙТРОНОЗАХВАТНЫХ СТАЛЕЙ В БОЛЬШЕГРУЗНЫХ КОНВЕРТЕРАХ С ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКОЙ И РАЗЛИВКОЙ НА МНЛЗ**

Энергетика развивается по различным перспективным направлениям: совершенствование тепловых и гидроэлектростанций, использование солнечной энергии и энергии ветра, водородной энергетики и др. Отдельным и, возможно, менее затратным направлением является использование ядерной, или атомной, энергии. Вместе с тем, процессы деления ядра, осуществляемые в ядерных реакторах, представляют определенную опасность для людей из-за радиоактивного излучения – выделяющихся  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ - лучей. Поэтому разработаны и применяются различные способы защиты от нежелательного воздействия излучений. Защитную роль может выполнять наряду с другими материалами сталь, тем более, что конструкционные матери-

алы в основном состоят из черных металлов. Поэтому основная задача состояла в получении материала, обеспечивающего дополнительную защиту от радиоактивного излучения, в том числе и наиболее жесткого  $\gamma$ - излучения. Исследования и патентный поиск показали, что из всех материалов, применяемых в металлургии, наиболее подходящими оказались бор В и некоторые содержащие его материалы [1]. Борсодержащие материалы в отличие от других, применяемых в металлургии, по данным физиков – ядерщиков обладают повышенными характеристиками защитного действия по отношению к продуктам ядерных реакций. Так, сечения радиационного захвата нейтронов у бора или его изотопов в сотни и тысячи раз больше, чем у любого из элементов, входящих в химические составы сталей. Микроскопические сечения радиационного захвата, рассеяния, например для изотопа  $^{10}\text{B}$ , имеет сечение захвата нейтронов 3839 барн, что значительно больше аналогичных сечений Fe, C, Mn, Al, Ni, Cr в пределах от 1,72 до 21,73 барн [2].

Указанные свойства бора и борсодержащих материалов используются:

- 1) для замедления цепных ядерных реакций (защитные стержни);
- 2) в качестве защиты на АЭС (борная кислота, жидкий поглотитель и др.);
- 3) в медицине (борная нейтронозахватная терапия);
- 4) в металлургии и машиностроении (микролегирование).

Металлурги достаточно давно применяют бор В при производстве высокопрочных сталей для получения прокаливаемого слоя повышенной твердости на поверхности металла. При этом желательно, чтобы бор находился в свободном, активном, или эффективном, состоянии [3]. Решение задачи получения в стали повышенного содержания эффективного бора заключалось в усовершенствовании способа производства борсодержащей стали путем изменения технологии выплавки стали в 350-т конвертере, внепечной обработки на установках доводки металла или установках ковш - печь (LF), разливки стали на МНЛЗ и повышения усвоения бора в жидкой стали [4-6]. Техническое решение заключалось в учете термодинамических условий поведения бора в зависимости от примесей стали при ее производстве [7].

### Список литературы

1. *Мельник С.Г.* О возможности производства сталей с повышенным нейтронопоглощением. Матеріали XVII Всеукраїнської н.- практ. конф. «Спеціальна металургія: вчора, сьогодні, завтра». - Київ.: НТУУ „КПІ”. - 2019. - С. 93 – 95.

2. Кузьмин А.В. Основы теории переноса нейтронов. – Издательство Томского политехнического университета: Томск, 2007. – 192 с.

3. Мельник С.Г. Производство антирадиационных сталей // Met. lit'e Ukr., vol. 27, 2019. № 10 -12 (317 - 319).

4. Бобылев М.В, Петровский В.А., Мельник С.Г. Прогнозирование формы присутствия бора при кристаллизации непрерывнолитого слитка стали типа 16ХГНМФР с различным содержанием азота, алюминия и бора // Электрометаллургия. - 1999. - № 9. - С. 37-43.

5. Bobylev M.V, Kurdyukov A.A., Nosochenko O.V. et al. Quality of martempered plates with thickness of up to 52 mm from 16khGNMFR steel with guaranteed mechanical properties // Shuiyun Gongcheng. Port & Waterway Engineering, 1998. № 11. – С. 68 - 71.

6. Bobylev M.V., Kurdyukov A.A., Nosochenko O.V. et al. Increase in the efficiency of steel alloying with boron for thermoimproved thick sheets produced at the JSC "Azovstal"// Stal', 1998. – N. 4. - P. 55 – 57.

7. Патент України на винахід № 116382. Спосіб одержання антирадіаційної борвмісної сталі. (Авт. Найдек В.Л., Мельник С.Г., Нарівський А.В., Курпас В.І., Биков Є.І.). Бюл. № 5. 12.03.2018.

УДК 669.18.046.5

**С. Г. Мельник<sup>1</sup>, Д. Калиш<sup>2</sup>, В. О. Синельников<sup>3</sup>, В. И. Курпас<sup>1</sup>, А. И. Троцан<sup>4</sup>,  
Р. Д. Куземко<sup>4</sup>, Ю. В. Хавалиц<sup>4</sup>**

1 – Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г. Киев

2 – AGH University of Science and Technology, Cracow, Poland

3 – Zakłady Magnezytowe «ROPCZYCE» S.A., Ropczyce, Poland

4 – Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь

### **КОВШЕВОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ КОНВЕРТЕРНОЙ СТАЛИ КАЛЬЦИЕМ**

При производстве сталей с повышенными служебными свойствами, таких как трубные 09Г2ФБ, Х80, 13Г1СУ для газопроводов высокого давления, котельные 09Г2СБ, 20к, ASTM А 516, ASTM А514, мостовые 10-15ХСНД, судостали по ГОСТ 5521, конструкционные стали ответственного назначения и