

чивает повышение контактной долговечности и износостойкости упрочненного слоя за счет создания макронеоднородной структуры материала. Приводятся данные по применению дифференцированной гидродробеструйной обработки, сократившей трудоёмкость изготовления коленчатых валов на 20-25%. Высокоэффективными для повышения долговечности многих деталей являются технологии дифференцированной плазменной и электродуговой обработок. Известны результаты исследований по разработке дифференцированной термоциклической электролитно-плазменной технологии упрочнения крупногабаритных изделий, в частности, буровых штанг. Участки высокой твердости после дифференцированных обработок обеспечивают повышенную износостойкость изделий, промежутки между этими участками с низкой твердостью служат для релаксации напряжений.

### Список литературы

1. Малинов Л. С. Разработка экономнолегированных высокопрочных сталей и способов упрочнения с использованием принципа регулирования мартенситных превращений / Л. С. Малинов: Дис. ... докт. техн. наук: 05.16.01 / Екатеринбург, 1992. - 381 с.
2. Малинов Л. С. Ресурсо - и энергосберегающие способы дифференцированной обработки сталей и чугунов / Л.С. Малинов // *Металлургия машиностроения*. – 2018. - № 4. - С. 31-41.

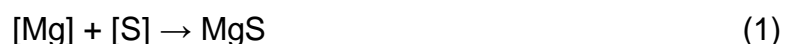
УДК 669.162

**И. А. Маначин, А. Ф. Шевченко**

Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины, г. Днепр

### **РАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МАГНИЯ С ЖИДКИМ ЧУГУНОМ И ЕГО РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИ ИНЖЕКЦИОННОЙ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ В КОВШАХ**

Магний может взаимодействовать с жидким чугуном в парообразном [1-6] и растворенном виде [1-3]. Последняя схема является наиболее рациональной, так



как процесс взаимодействия происходит не только в зоне ввода магния, но и во всём объёме рафинируемой ванны чугуна.

Расчетно-аналитическими и экспериментальными исследованиями показано, что количество магния в чугуне может быть равновесное –  $[Mg]_{\text{равн.}}$ , фактическое –  $[Mg]_{\text{факт.}}$  и насыщенное  $[Mg]_{\text{нас.}}$ . Количественная величина магния возрастает в направлении



Последнее (2) предопределяет возможность и приоритет участия магния в обменных процессах в растворенном виде.

Выполненными исследованиями показано, что для реализации схемы (1) необходимо обеспечить концентрацию магния в несущем газе более 18-20 кг/м<sup>3</sup>, скорость вдувания магния в расплав более 80 м/с и диаметре частиц магния 0,2-1,6 мм.

Указанные параметры обеспечивают наиболее высокое парциальное давление магния в массообменных зонах рафинирующей ванны и соответственно наиболее высокое усвоение вводимого реагента.

Результаты изложенной разработки освоены в процессе инъекционной десульфурации чугуна зернистым магнием в ковшах различного типоразмера.

### Список литературы

1. *Воронова Н.А.* Десульфурация чугуна магнием. М., Металлургия. – 1980. – 239 с.
2. *Шевченко А.Ф., Маначин И.А., Вергун А.С. и др.* Внепечная десульфурация чугуна в ковшах. Технология. Исследования. Анализ. Совершенствование. Днепропетровск. "Дніпро–VAL". –2017. – 253 с.
3. *Большаков В.И., Шевченко А.Ф., Башмаков А.М.* Технология и оборудование десульфурации чугуна магнием в большегрузных ковшах. Киев. Наукова думка. – 2011. – С. 76.
4. *Райнер Хюскен, Юрген Капнель.* Стратегии десульфурации в кислородно-конвертерном производстве стали – журнал "МРТ. Metallургическое производство и технология металлургических процессов". – Москва. ИД "Руда и металлы". – 2013. – № 1. – С. 28–38.

5. Степанов А.А., Зинченко С.Д., Ламухин А.М. и др. Освоение технологии производства сталей с использованием установки десульфурации чугуна в условиях конвертерного производства. – БНТиЭИ "Черная металлургия". – Москва, "Черметинформация". – 2005. – № 4. – С. 31–33.

6. Роберт Робей, Марк Уарк Уайтхед. Внедоменная обработка чугуна с учетом конкретных производственных условий – Журнал "МРТ. Металлургическое производство и технология металлургических процессов". – Москва. ИД "Руда и металлы". – 2014. – № 1. – С. 16–24.

УДК 669.182.71

**С. Г. Мельник<sup>1</sup>, В. И. Бондарь<sup>1</sup>, В. О. Синельников<sup>2</sup>, Ю. В. Чудинов<sup>1</sup>,  
Ю. В. Хавалиц<sup>1</sup>**

1 – ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

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

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТАЛИ ДЛЯ ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ**

Анализ эксплуатации труб большого диаметра (ТБД) для магистральных газопроводов свидетельствует о возможности появления хрупких разрушений металла в трубах с образованием протяженных трещин. Трещины образуются под воздействием энергии сжатого газа в местах локального послабления свойств металла. Устранение возможных разрушений рассматривалось в направлении повышения прочности стали и увеличения толщины стенок трубы.

За столетие эксплуатации ТБД требования к материалу труб постоянно повышались. Увеличение диаметра труб с 400 до 1620 мм способствовало росту годового объема прокачиваемого по магистральным газопроводам газа с 80 до 52000 млн м<sup>3</sup>. При этом ТБД должны были выдерживать давление от начального в 66 бар (6,6 МПа) до 120 бар (12 МПа) [1]. Требования к механическим свойствам штрипсовой стали для ТБД изложены в стандартах API 5L Американского института нефти (API) Соединенных Штатов Америки. Уровень прочностных характеристик стали не должен быть менее: предел прочности  $\sigma_B = 685$  МПа, предел текучести  $\sigma_T = 559$  МПа. Основным средством для улучшения свойств штрипсовой стали остается её химиче-