

Матеріалом дослідження була сталь 40X. Попередньо зразки піддавали поліпшенню. Експерименти проводили в новій макродисперсній суміші, яка складається з азото- та вуглецевовмісних речовин з додаванням активаторів, в герметичному контейнері в камерній печі протягом від 2 до 5 годин при температурах від 500 до 650 °С.

Таким чином, в роботі було досліджено вплив температурно-часових параметрів на формування дифузійних шарів при хіміко-термічній обробці.

Після проведенних експериментів встановили, що при підвищенні температури ХТО від 500 °С до 650 °С протягом 5 годин збільшується глибина дифузійного шару від 0,1 до 0,3 мм, а поверхнева твердість зменшується від 11 до 8 ГПа відповідно. При збільшенні часу витримки від 2 до 5 годин при температурі 550 °С глибина дифузійного шару збільшується від 0,14 до 0,2 мм відповідно.

Таким чином, оптимальними параметрами для низькотемпературної нітроцементзації сталі 40X обрані 550 °С тривалістю 5 годин для отримання максимальної поверхневої твердості з достатньо великою глибиною дифузійного шару.

Дослідження та порівняння експериментального коефіцієнту дифузії азоту з теоретичним для легованої сталі показали, що швидкість насичення підвищується майже в десять разів.

Процес нітроцементзації відкриває сприятливі перспективи для широкого використання низьколегованих сталей замість високолегованих і вуглецевих сталей для виготовлення деталей машин, тому що азот є досить ефективним легувальним елементом, що підвищує міцність і зносостійкість поверхневих шарів оброблюваних деталей.

УДК 669.15-194:546.881

**В. Н. Костяков, Е. А. Ясинская**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

(044) 424-11-55, email: Alenka-lexa@yandex.ru

## **ЛЕГИРОВАНИЕ СТАЛИ ВАНАДИЕМ ЧЕРЕЗ ШЛАКОВУЮ ФАЗУ**

Ванадий является одним из важнейших и дорогих легирующих элементов для повышения свойств многих сталей, даже если его вводят в небольших количествах (от нескольких сотых процента). Следует отметить, что в Украине практически отсут-

ствуют сырьевые ресурсы для производства большинства легирующих элементов, в том числе, ванадия, а основным сырьем для ванадиевых сталей в странах СНГ являются титаномагнетитовые руды Качканарского месторождения, концентрация ванадия в которых составляет 0,14-0,17 %.

Вместе с тем перспективными и доступными сырьевыми материалами для прямого легирования стали и чугуна ванадием являются отработанные ванадиевые катализаторы химической промышленности (5-8 % V), твердые отходы сжигания мазута (5-15 % V), ванадиевый шлак (15-18 %  $V_2O_5$ ) [1-3] и др. Поэтому актуальным на сегодняшний день является разработка ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих максимальное вовлечение в металлооборот таких материалов. Одной из таких технологий является прямое легирование (через шлаковую фазу) стали или чугуна, которое заключается в восстановлении оксидов легирующих элементов из шлаковой фазы в процессе плавки или в период разливки стали в ковш и внепечной обработки.

В данной работе исследовали особенности технологии прямого легирования углеродистой стали состава, масс. д. %: 0,28 C; 0,32 Si; 0,35 Mn; 0,16 Ni; 0,23 Cr, ванадием из расплава ванадиевого концентрата следующего состава, масс. д. %: 20,0  $V_2O_5$ ; 16,0  $SiO_2$ ; 9,5 MnO; 8,5  $TiO_2$ ; 3,0  $Cr_2O_3$ ; 2,5 CaO; 3,0 MgO; 2,0  $Al_2O_3$ ; 35,5  $Fe_2O_3$ . В качестве восстановителя и флюсующей добавки использовали ферросилиций ФС65 и известь.

Плавки проводили в дуговой печи постоянного тока по двум схемам: 1) подача легирующей смеси (ванадиевый концентрат, известь и восстановитель после полного расплавления металлошихты; 2) подача легирующей смеси в завалку вместе с металлической частью шихты.

Химический анализ опытного металла и конечного шлака показали, что более эффективной является вторая схема выплавки стали с использованием ванадиевого концентрата в качестве легирующего компонента, так как обеспечивает более полное восстановление ванадия из его оксида. В первом случае степень восстановления ванадия находится в пределах 58-62 %, во втором – составила в среднем 89-93 %.

Таким образом, показано, что легирование углеродистой стали ванадием из оксидного расплава в дуговой печи с кислой футеровкой обеспечивает достаточно полное протекание восстановительных процессов. Это подтверждается низким содержанием (не более 1,62 %)  $V_2O_5$  в шлаке и высокой (89-93 %) степенью восстановления ванадия. Использование ванадийсодержащих отходов (ванадиевый шлак, зола ТЭС, отработанные ванадиевые катализаторы, ванадиевый концентрат) в шихте для леги-

рования сталей позволяет существенно снизить расход феррованадия для получения заданного содержания ванадия в стали и соответственно снизить затраты на ее производство за счет более низкой стоимости сырья, а также уменьшения количества стадий передела в процессе извлечения ванадия.

### Литература

1. Проценко А. В., Дмитриков В. П. Получение ванадия из отработанных катализаторов // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2007. - № 3. – С. 40-43.
2. Дмитриенко В. И., Рожихина И. Д., Нохрина О. И., Данилов А. П. Использование ванадийсодержащего конвертерного шлака для легирования стали ванадием // Сталь. - № 10. – 2010. – С. 29-31.
3. Одинокоев С. Ф., Мальцев Ю. Б., Ярин В. В., Цикарев В. Г., Филиппенков А. А., Кузнецов Д. Ю. Опыт получения ванадийсодержащих лигатур из отходов производства // Сталь. - № 9. – 2006. – С. 102-103.

УДК 661.74:669.14.046.554

**С. М. Котляр**

Національний технічний університет України «КПІ», Київ

### **ВПЛИВ ЦИНКУ НА СТРУКТУРУ ТА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СПЛАВУ АК9М2**

Сплав АК9М2 є одним з широко використовуємих промислових силумінів системи Al-Si-Cu. Хімічний склад сплаву АК9М2 змінюється в широких межах. Відповідно на виробництві отримують сплави з суттєво різним рівнем механічних властивостей. Особливістю даного сплаву є невисока пластичність, що пов'язано з неоптимальним співвідношенням легуючих елементів та домішок в даному сплаві.

Підвищити рівень механічних властивостей ливарних сплавів системи Al-Si-Cu, виготовлених з вторинної сировини, можливо шляхом оптимізації хімічного складу сплавів не тільки по вмісту головних легуючих компонентів, но і по вмісту домішкових компонентів.

В даній роботі були проведені дослідження по встановленню можливості підвищення рівня механічних властивостей сплаву АК9М2 шляхом оптимізації хімічного