

УДК 669-155.2

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НАСЫЩЕНИЯ ПРИ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ДУПЛЕКСНЫХ СТАЛЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ БЕРИЛЛИЙ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ**

Низиенко Марина Олеговна

*магистр 2 года,**кафедра «Материаловедение»**Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана**Научный руководитель: А.Е. Смирнов,**кандидат технических наук, доцент кафедры «Материаловедение»*

В настоящее время дуплексные стали находят широкое применение в машиностроении. Перспективной сталью из этой группы является новая дуплексная аустенитно-ферритная сталь с системой легирования Cr-Ni-Co, микролегированная редкоземельными металлами (РЗМ) и бериллием.

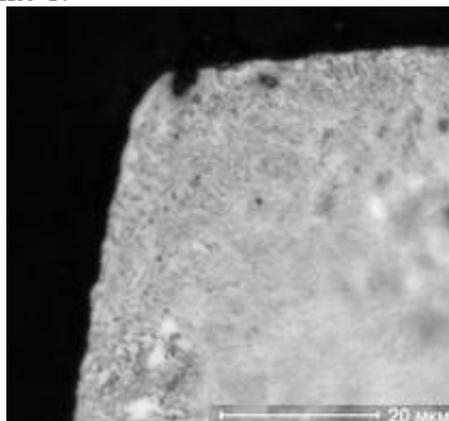
Цель работы: исследовать результаты насыщения дуплексной стали при химико-термической обработке (ХТО), такой как азотирование.

Перед азотированием проводили предварительную термическую обработку (ТО), состоящую из закалки с температуры 950 °С с охлаждением в воде. Старение проводили при температуре 500 °С в течение двух часов.

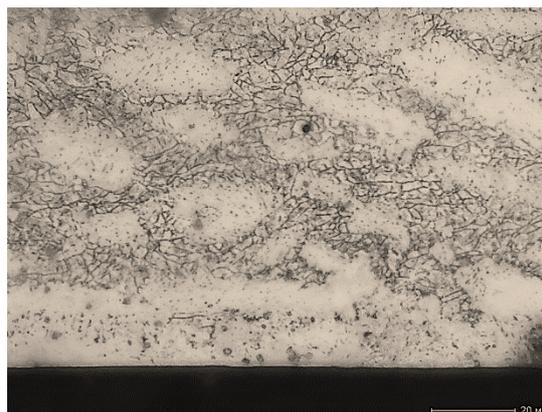
Насыщение сталей азотом проводили в универсальной вакуумной установке в атмосфере аммиака при давлении 10 кПа в течение 24 часов при температуре 475 °С и в течение 8 часов при 700 °С. Расход насыщающего газа 6,5 дм<sup>3</sup>/ч.

Исследования структуры проводили на световом микроскопе «OLYMPUS GX51» при увеличении  $\times 1000$ . Распределение микротвердости определяли с помощью твердомера Durascan 70, при нагрузке 0,1 кг по методу Виккерса.

Микроструктура образцов после различных видов азотирования представлена на рисунке 1.



а



б

Рисунок 1 – Микроструктура образцов дуплексной стали с бериллием и РЗМ: а - после вакуумного азотирования при 475 °С, время азотирования 24 ч.; б – при 700 °С, время азотирования 8 ч.;  $\times 1000$

Из данных рис. 1 следует, что при увеличении температуры азотирования с 475 °С до 700 °С и сокращении времени азотирования с 24 ч. до 8 ч. толщина слоя увеличивается с 0,1 мкм до 20 мкм.

Распределение микротвердости после азотирования представлено на рисунке 2.

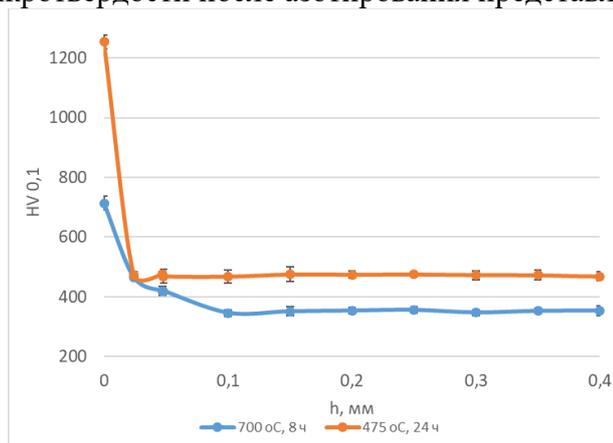


Рисунок 2 – Распределение микротвердости по толщине диффузионного слоя образцов дуплексной стали с бериллием и РЗМ: а - после вакуумного азотирования при 475 °С, время азотирования 24 ч.; б – при 700 °С, время азотирования 8 ч.

Из данных рис. 2 следует, что при вакуумном азотировании в течение 24 ч. и низкой температуре 475 °С нитридный слой прерывист и расположен в тонком приповерхностном слое (0,1 мкм), распределение микротвердости при этом не наблюдается. При увеличении температуры азотирования до 700 °С и сокращении времени азотирования до 8 ч. наблюдается распределение микротвердости по толщине диффузионного слоя. При этом наблюдается разупрочнение сердцевины по сравнению с более низкой температурой азотирования, что можно исправить термической обработкой.

**Заключение:** Увеличение температуры азотирования с 475 °С до 700 °С позволяет увеличить эффективность насыщения с 0,1 мкм до 20 мкм для дуплексной стали с системой легирования Cr-Ni-Co-Be при уменьшении времени азотирования с 24 ч. до 8 ч. Разупрочнение сердцевины, связанное с повышением температуры азотирования, при необходимости, можно исправить термической обработкой.

### Литература:

1) Смирнов А.Е., Фахуртдинов Р.С., Семенов М.Ю., Громов В.И., Курякова Н.А., Севальнёв Г.С. Применение комплексной химико-термической обработки для упрочнения высокопрочной дисперсионно-твердеющей теплостойкой стали, микролегированной РЗМ // *Металловедение и термическая обработка металлов.* - 2018. - №7. - С. 38-42.

2) Смирнов А.Е., Семенов М.Ю. Применение вакуумной термической и химико-термической обработки для упрочнения тяжело нагруженных деталей машин, приборов и инструмента. *Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн.* – 2014. – № 2. – DOI: 10.7463/0214.0700036 (дата обращения 15.05.2016).

3) Семенов М.Ю., Дин Кай Цзянь, Смирнов А.Е., Шевченко С.Ю., Александров В.А. Применение азотирования в тлеющем разряде для повышения твердости поверхности деталей подшипников из прецизионных никелевых сплавов // *Металловедение и термическая обработка металлов.* - 2019. - №3. - С. 33-38.