

УДК 621.785.5

**ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ДИФфуЗИОННОГО НАСЫЩЕНИЯ
УГЛЕРОДОМ СТАЛИ ВНС32-ВИ ПРИ ХИМИКО – ТЕРМИЧЕСКОЙ И
ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ**

Гирилович Степан Сергеевич

Студент 1 курса, магистратура

Кафедра «Материаловедение»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: Г.С. Севальнёв,

кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Материаловедение»

Для современных пар трения, работающих в условиях повышенного износа и агрессивных коррозионных сред, требуются материалы с повышенными характеристиками износостойкости и коррозионной стойкости. Однако эксплуатационных свойств используемой в настоящее время бериллийсодержащей стали ВНС32-ВИ (32Х13Н6К3М2БДЛТ-ВИ), полученных с помощью действующей термической обработки, недостаточно для перспективных деталей машин и механизмов. В связи с этим было проведено исследование о влиянии комбинированной химико-термической обработки с последующей термической обработкой на эксплуатационные свойства данной стали и возможности ее применения в современных парах трения.

Цель данной работы заключается в оптимизации режимов химико-термической и термической обработки бериллийсодержащей стали ВНС32-ВИ для повышения триботехнических свойств.

В качестве объекта исследования были использованы прутки диаметром 20 мм, прошедшие предварительное вакуумное азотирование (ВА) при температуре 800 °С в течение 8ч. Далее была проведена вакуумная цементация (ВЦ) по четырем режимам: 1,2,4 и 6 ч, причем соотношение времени стадии активного насыщения к стадии диффузионного перераспределения для образцов, прошедших шестичасовую цементацию составляло 1:28, для остальных образцов соотношение составило 1:1. Заключительным этапом термической обработки было проведение закалки с последующим низким отпускком для снятия остаточных напряжений [1-4].

Ранее было установлено, что применение предварительного ВА значительно способствует росту диффузионного слоя, что связано с перераспределением легирующих элементов в процессе превращения δ -феррита в поверхностной и переходной зоне, связанного с диффузией атомов азота в процессе ВА. Применение данной комбинированной химико-термической обработки является более перспективной в сравнении с классической обработкой стали ВНС32-ВИ ввиду значительного протяжения диффузионного слоя.

При увеличении времени ВЦ с 1 до 4 ч происходит постепенное увеличение микротвердости поверхности с 750 до 1180 HV_{0,1}, что связано с повышением в диффузионном слое избыточных фаз, как карбидных, так и нитридных, к тому же происходит увеличение протяженности диффузионного слоя с 0,2 до 0,4 мм, чего не наблюдается при отсутствии проведения ВА. Для оценки прироста диффузионного слоя были определены кинетические коэффициенты диффузионного массопереноса, по результатам расчетов было определено, что данный коэффициент без использования ВА составил 0,13, в то время как при комбинированной обработке он составил 0,2, что

соответствует приросту на 58%. Применение последующей закалки позволило повысить кинетический коэффициент до 0,39, что соответствует практически двукратному приросту. Графики изменения глубины диффузионного слоя приведены на рис. 1.

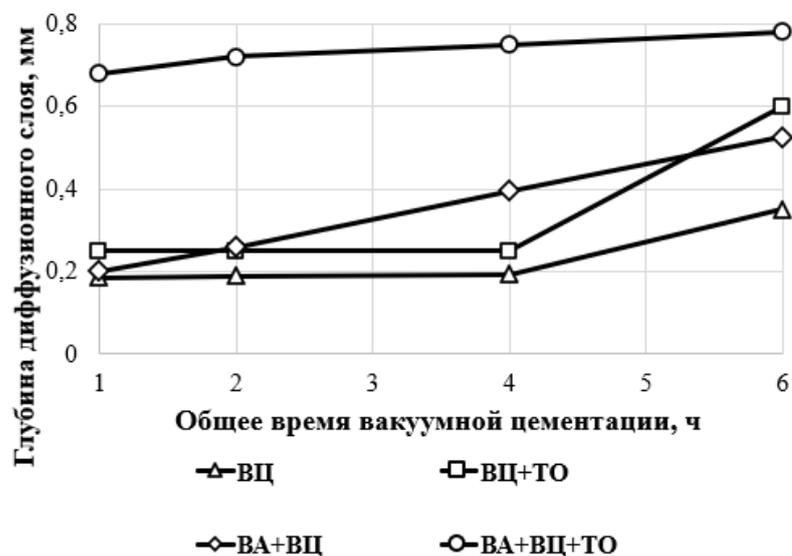


Рис.1. Распределение глубины диффузионного слоя

Так как проведение химико-термической обработки обусловлено повышением износостойкости, были проведены испытания на трибометре в условиях сухого трения скольжения по схеме стержень-диск с контртелом из стали ШХ15 с нагрузкой 15 Н. В результате испытаний на трибометре было зафиксировано, что коэффициент трения, прошедших комбинированную химико-термическую обработку и последующую закалку, имеет стабильный коэффициент трения в диапазоне от 0,55 до 0,58. Так же было установлено, что при увеличении технологического процесса ВЦ происходит стабильное увеличение интенсивности изнашивания (рис. 2), что предположительно связано с увеличением плотности избыточных фаз. Стоит отметить, что применение химико-термической обработки позволило уменьшить интенсивность изнашивания в среднем в 10 раз в сравнении с классической термической обработкой для стали ВНС32-ВИ.

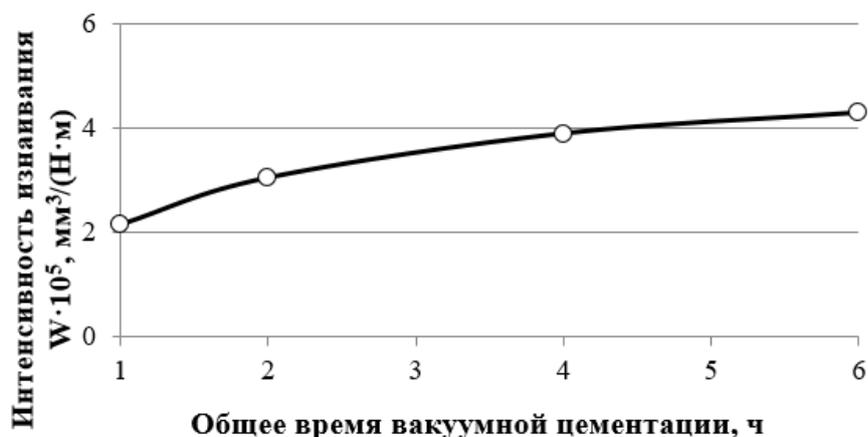


Рис.2. Изменение интенсивности изнашивания в образцах с предварительным ВА

Литература

1. Севальнёв Г.С., Гирилович С.С., Копылова Д.С., Зиновьева Е.В., Гаврилова А.А., Колмаков А.Г. Исследование триботехнических характеристик дуплексной стали ВНС 32-ВИ после различных режимов вакуумной цементации // Материаловедение. 2025. № 3. С.24-31. DOI: 10.31044/1684-579X-2025-0-3-24-31
2. Севальнев Г. С. Бериллийсодержащие стали - перспективный материал с высоким уровнем физико-механических свойств // Авиационные материалы и технологии: электрон. науч.-технич. журн., 2023. № 3. Ст. 02 URL: <http://www.journal.viam.ru> (дата обращения 24.03.2024) DOI 10.18577/2713-0193-2023-0-3-15-29
3. Смирнов А. Е., Семенов М.Ю., Мохова А.С., Севальнёв Г.С. Применение комбинированных методов последовательного науглероживания и азотирования сталей мартенситного класса в атмосферах низкого давления //Металловедение и термическая обработка металлов, 2020. №. 2. С. 25-30
4. Smirnov A.E., Semenov M.Y., Mokhova A.S., Seval'nev G.S. Use of Combined Methods of Successive Carburizing and Nitriding of Martensitic Steels in Low-Pressure Atmospheres // Metal Science and Heat Treatment. 2020. Vol. 62. No. 1–2. P. 127–132.
5. Севальнев Г.С., Дружинина М.Э., Дульнев К.В. и др. Повышение триботехнических характеристик бериллийсодержащей стали ВНС32-ВИ путем модификации поверхности // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2022. №. 11. Ст.1. <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 02.04.2024). DOI: 10.18577/2307-6046-2022-0-11-3-14.
6. Башта Т.М. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. - 4-е изд. - М.: Издательский дом Альянс, 2010. - 423 с.