

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ ИЗ ДИФФУЗИОННО-ЛЕГИРОВАННОЙ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ ПОЛУЧЕННЫХ ПЛАЗМЕННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКОЙ

Пантелеенко Алексей Федорович  
Белорусский национальный технический университет  
[alexei1895@gmail.com](mailto:alexei1895@gmail.com)

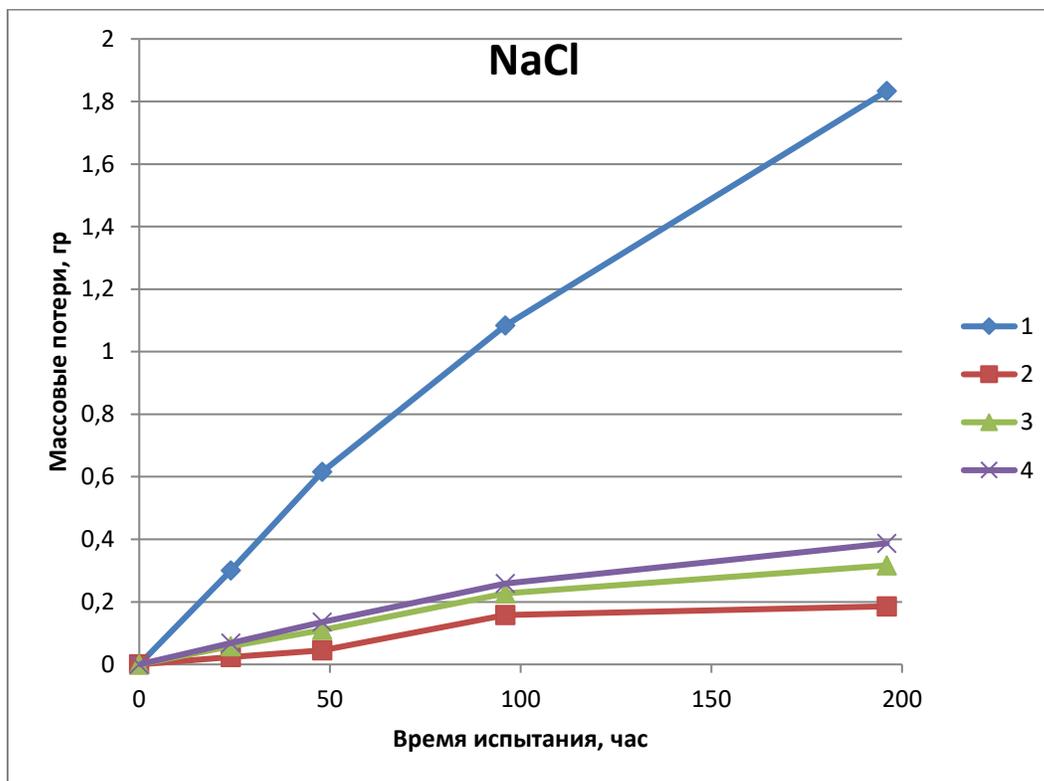
В различных отраслях промышленности восстановленные и упрочненные детали работают при одновременном воздействии изнашивания и коррозионных сред, поэтому для плазменных покрытий из диффузионно-легированной аустенитной стали с дополнительной лазерной обработкой были проведены сравнительные испытания коррозионной стойкости.

В качестве агрессивных сред целесообразен выбор наиболее агрессивных сред. Таковыми выбраны представители кислот, щелочей и солей. В 10-50% - ных водных растворах кислот, в том числе соляной, стали и чугуны относят чаще всего к группе нестойких. Поэтому в качестве сравнительной среды был выбран 10% раствор  $HCl$  [1,2]. Весьма агрессивной является также 30% водный раствор  $NaOH$ , который часто используется для проведения коррозионных испытаний [1,2]. Данный раствор и был выбран для исследования. Хлористые соли являются весьма агрессивным по отношению к сталям, причем применительно к раствору  $NaCl$  максимальная скорость коррозии характерна для 3% раствора, что и обусловило выбор данной среды для испытаний. Таким образом, для испытания выбраны из групп кислоты, щелочи и соли 10% раствор  $HCl$ , 30% водный раствор  $NaOH$  и 3% раствор  $NaCl$ .

Напыление износостойкого слоя из диффузионно-легированных порошков аустенитной стали толщиной 0,4-0,5 мм проводились на оптимизированных режимах: сила тока  $I=350A$ ; дистанции напыления  $L=120$  мм; напряжение  $U=65-70$  В на установке УПУ-3Д. Для нанесения покрытия был использован порошок ПР-Х18Н9, борированный в течение 1 и 3 часов. Также для сравнения были использованы нержавеющая сталь 12Х18Н10Т и сталь 40. Исследования проводили в соответствии с ГОСТ 9.905-82, определение показателей коррозии (потеря массы на единицу площади образца) проводили по ГОСТ 9.908-85. Размеры образцов были выбраны 100×50×1,5мм. Покрытия для испытаний было нанесено на внешнюю поверхность образцов. Взвешивание образцов проводили через 1, 2, 4, 8 суток. Для взвешивания применялись аналитические весы RADWAG AS/C/2 с ценой деления 0,1 мг. Определение результатов испытаний принимали как среднее арифметическое результатов трехкратного взвешивания 3 образцов.

В результате коррозионных испытаний получены зависимости потери масс от времени испытания, которые представлены на рисунках 1-3.

Очевидно, что минимальной коррозионной стойкостью обладает сталь 40 (рисунок 1). Коррозионная стойкость покрытия, полученного из борированного в течение 1 часа порошка ПР-Х18Н9 несколько хуже, чем у стали 12Х18Н10Т. Покрытие из борированного в течение 3 часов порошка ПР-Х18Н9 практически не отличается по коррозионной стойкости от покрытия из 12Х18Н10Т. Данные о повышении коррозионной стойкости при 3-х часовом борировании по сравнению с одночасовым можно объяснить меньшей пассивирующей способностью при одночасовом борировании, что согласуется с данными других авторов [3].



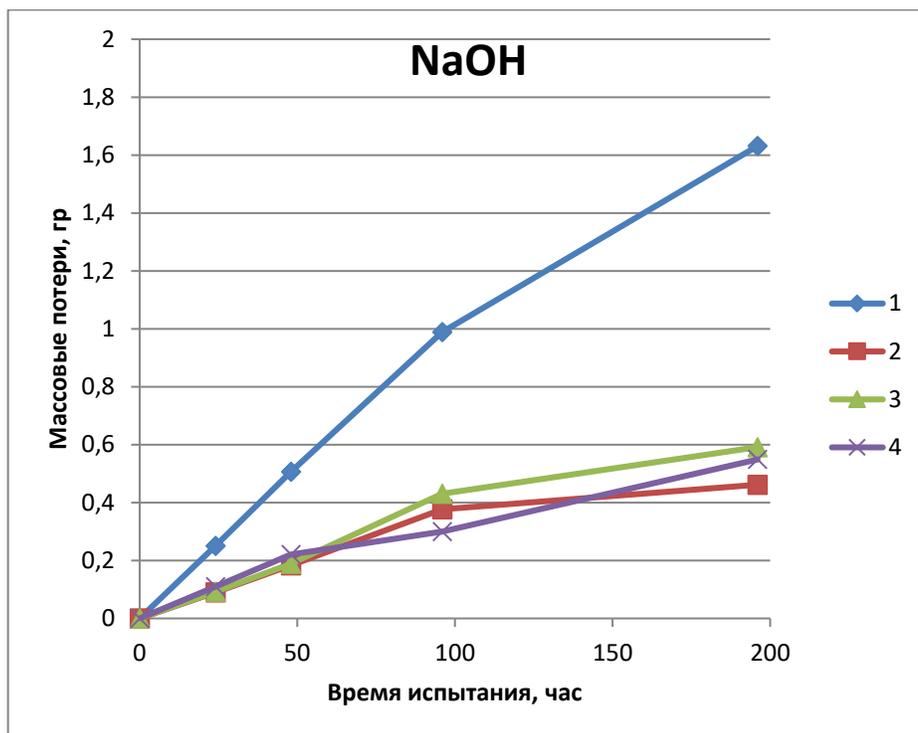
1 – сталь 40; 2 – сталь 12Х18Н10Т; 3 – покрытие из порошка ПР-Х18Н9 борированного в течение 1 часа; 4 – покрытие из порошка ПР-Х18Н9 борированного в течение 3 часов;

**Рисунок 1 – Кинетика коррозионного разрушения покрытий из различных материалов в 10% растворе HCl.**

Таким образом, при работе в условиях агрессивного воздействия кислотной среды (10% раствор HCl.) и одновременном изнашивании можно рекомендовать плазменное напыление с последующей лазерной обработкой порошка ПР-Х18Н9, борированного в течение 3 часов.

Аналогичная зависимость наблюдается и для 30% раствора NaOH (рисунок 2). Однако, столь ярко выраженного преимущества 3-х часового режима над одночасовым не наблюдается, поэтому в данном случае возможно применение покрытий из борированных порошков в зависимости от жесткости изнашивания

(для большей износостойкости необходимо применение покрытия из порошка борированного в течение 3 часов).

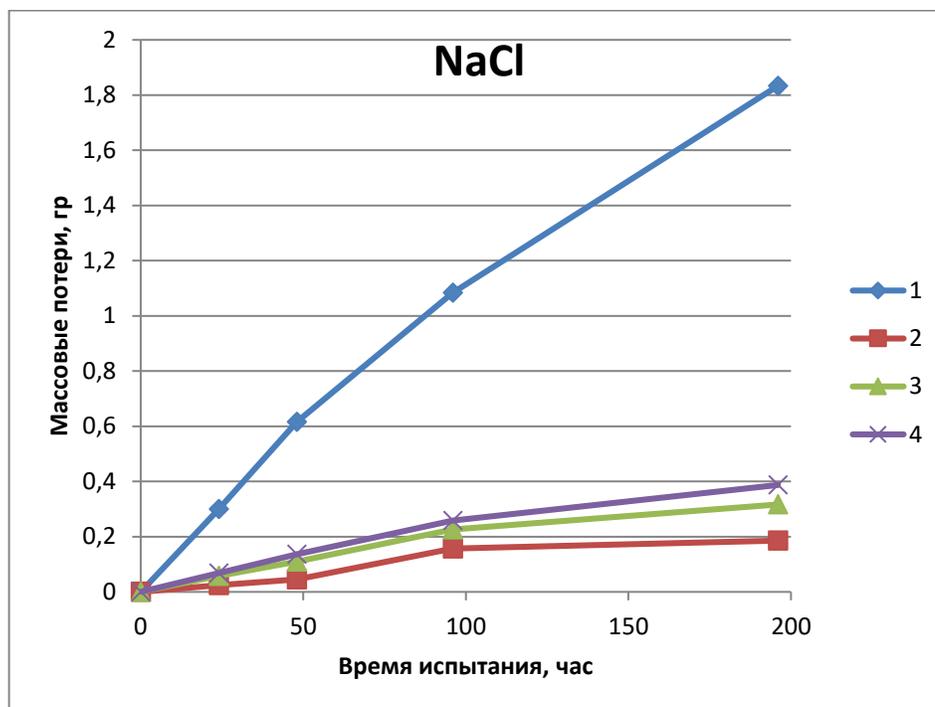


1 – сталь 40; 2 – сталь 12X18H10T; 3 – покрытие из порошка ПР-Х18Н9 борированного в течение 1 часа; 4 – покрытие из порошка ПР-Х18Н9 борированного в течение 3 часов;

**Рисунок 2 – Кинетика коррозионного разрушения покрытий из различных материалов в 30% растворе NaOH.**

Максимальной коррозионной стойкостью в среде 3% раствора *NaCl* обладает покрытие из чистого порошка ПР-Х18Н9 (рисунок 3), минимальной – из стали 40. Дополнительное введение бора несколько снижает коррозионную стойкость в соленой среде (чем больше концентрация *B*, тем больше и снижение). Тем не менее, из рисунка 1.3 очевидно, что в сольсодержащих средах покрытие из борированного порошка ПР-Х18Н9 показывает достаточно хорошую коррозионную стойкость.

Исходя из полученных результатов, следует, что борирование порошка ПР-Х18Н9 не оказывает существенного влияния на его коррозионную стойкость в исследованных агрессивных средах. Также, детальные исследования коррозионной стойкости различных диффузионных слоев (борированных, силицированных, алитированных, титанированных, хромированных, хромосилицированных и многих других) показали, что из всех исследованных диффузионных слоев наибольшей стойкостью 10% растворе *HCl* обладают боридные слои. Авторы работ [1,2] также отмечают высокую стойкость борированных сталей в растворах соляной кислоты.



1 – сталь 40; 2 – сталь 12X18H10T; 3 – покрытие из порошка ПР-Х18Н9 борированного в течение 1 часа; 4 – покрытие из порошка ПР-Х18Н9 борированного в течение 3 часов;

**Рисунок 3 – Кинетика коррозионного разрушения покрытий из различных материалов в 3% растворе NaCl.**

Таким образом, можно сделать вывод, что для получения коррозионностойких и износостойких покрытий методом плазменного напыления временной интервал диффузионной обработки порошка ПР-Х18Н9 следует выбирать в зависимости от того, в какой среде работает восстановленное изделие (кислой, щелочной или соленой).

#### **Список использованной литературы:**

1. Ворошнин, Л.Г. Антикоррозионные диффузионные покрытия. Мн.: - Наука и техника, 1981. – 286 с.
2. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: справочник. Справочник/Г.В.. Борисенко [и др.]; под общ. ред. Л.С.Ляховича. – М. Металлургия, 1981. 421.
3. Пантелеенко, Ф.И. Самофлюсующиеся диффузионно-легированные порошки на железной основе и защитные покрытия из них/ Ф.И. Пантелеенко. – Мн.: УП «Технопринт», 2001. – 300с.