

## ПОВЫШЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ ОКСИДИРОВАНИЕМ

Бойназаров У.Р. – к.т.н., и.о.профессор Каршинского инженерно-экономического института.

**Аннотация.** В работе приведены результаты коррозионных испытаний оксинитридных защитных диффузионных слоев полученных в различных режимах обработки и сравнительные их показатели с другими покрытиями в частности азотирования без предварительного оксидирования, а также гальванического хромирования. Кроме того в работе рассмотрены влияние предварительного оксидирования перед азотированием а также последующего оксидирования в растворах медного купороса на процесс получения оксинитридного слоя и на коррозионную стойкость полученных покрытий.

Анализ полученных показателей свидетельствуют что, существуют определенную время предварительного оксидирования при каждый рассмотренных температурах обработки, который позволяют получить более коррозионностойких оксинитридных покрытий.

**Ключевые слова:** нитридоксидный слой, предварительного оксидирования, покрытия, пар трения.

## ОЛДИНДАН ОКСИДЛАБ МАШИНА ДЕТАЛЛАРИНИ КОРРОЗИЯГА ҚАРШИЛИГИНИ ОШИРИШ

Бойназаров У.Р. – Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институти профессор вазифасини бажарувчи, т.ф.н.

**Аннотация.** Мақолада турли хил ишлов бериш режимларида олинган оксинитрид ҳимоя диффузия қатламларининг зпнглашга синовлари натижалари ва уларнинг бошқа қопламалар билан қиёсий кўрсаткичлари, хусусан, дастлабки оксидланишсиз нитридлаш, шунингдек, гальваник хром қопламаси келтирилган. Бундан ташқари, иш нитридлашдан олдин дастлабки оксидланишнинг, шунингдек, мис сульфат эритмаларида кейинги оксидланишнинг оксинитрид қатламини олиш жараёнига ва ҳосил бўлган қопламаларнинг занглашга чидамлилигига таъсирини ўрганади.

Олинган кўрсаткичларни таҳлил қилиш шуни кўрсатадики, ҳар бир кўриб чиқилган ишлов бериш ҳароратида маълум бир дастлабки оксидланиш вақти бор, бу эса занглашга чидамлироқ оксинитрид қопламаларини олиш имконини беради.

**Калит сўзлар:** нитрид оксиди қатлами, олдинги оксидланиш, қоплама, ишқаланиш жуфтлари.

# INCREASING CORROSION RESISTANCE OF MACHINE PARTS WITH PRE-OXIDATION

Boynazarov U.R. – Ph.D., acting professor Karshi Engineering and Economic Institute

**Annotation.** The paper presents the results of corrosion tests of oxynitride protective diffusion layers obtained in various processing modes and their comparative indicators with other coatings, in particular nitriding without preliminary oxidation, as well as galvanic chromium plating. In addition, the work examines the influence of preliminary oxidation before nitriding, as well as subsequent oxidation in copper sulfate solutions on the process of obtaining an oxynitride layer and on the corrosion resistance of the resulting coatings.

Analysis of the obtained indicators indicates that there is a certain time of preliminary oxidation at each considered processing temperature, which makes it possible to obtain more corrosion-resistant oxynitride coatings.

**Key words:** nitride oxide layer, pre-oxidation, coating, friction pairs.

**Введение.** Стали и защитные покрытия, применяемые в машиностроении, часто используются для изготовления различных пар трения, работающих в коррозионных средах слабой агрессивности.

Поэтому необходимым условием при выборе сталей и покрытий для пар трения является не только их износостойкость в нейтральной среде, но и их коррозионная стойкость в агрессивной среде [4, 5].

В связи с этим исследовали кинетику электрохимической коррозии разрабатываемых покрытий потенциодинамическим методом.

Коррозийная стойкость нитридоксидных слоев оценивалась в сравнении с необработанными. Кроме того, сравнивались нитридоксидные покрытия, полученные без предварительного оксидирования и покрытия, получаемые в процессе хромирования. Были проведены также исследования на коррозионностойкость в климатической камере в среде солевого тумана. Результаты исследований приведены в таблицах 1 и 2.

Испытания показали, что нитрооксидированные детали имеют наименьшее количество очагов коррозии по сравнению с другими способами обработки.

## **Исследовательская часть.**

При сравнении анодных поляризационных кривых, полученных с образцов, стали 38Х2МЮА, установлено, что величина тока коррозии в пассивной области уменьшается в 1,5-2,0 раза.

На рисунке 1 приведены потенциодинамические поляризационные кривые, полученные на образцах, стали, подвергнутых различным режимам

оксинитрирования. Как видно из рисунка, нитрооксидные покрытия, полученные с предварительным оксидированием, повышают коррозионную стойкость стали по сравнению с необработанной сталью, которая в течение первых двух часов выдержки в 3% растворе хлорида натрия покрывается сплошной пленкой продуктов коррозии. Плотность анодного тока нитрооксидированных образцов, полученных после азотирования с предварительным оксидированием и последующего пароксидирования в парах воды в зависимости от режимов данной обработки на 1,5-5 порядков ниже [1].

Следует отметить, что плотность анодного тока является мерой скорости растворения металла и, соответственно, показателем его коррозионной стойкости в конкретной среде. Эти единицы коррозии легко могут быть переведены в такие единицы измерения, как мм/год, г/м<sup>2</sup> и другие.

Все полученные оксинитридные слои не обладают пористостью, что подтверждается отсутствием потенциала пробоя на поляризационных кривых. Анализируя результаты поляризационных измерений (рис. 1.) можно сделать вывод, что защитные покрытия, полученные при обработке по режимам № 3, 6, 7 обладают наибольшими антикоррозионными защитными свойствами, а покрытия, полученные в режиме №5, обладают незначительными антикоррозионными свойствами [1].

Таблица 1

Влияние режимов обработки на коррозионную стойкость образцов

№	Температура процесса, °С	Время процесса			Число пор определено до испытаний, 1/см <sup>2</sup>	Время экспозиции до появления 1-й язвы, сутки
		Предварительное оксидирование, мин	Азотирование, час	Пароксидирование после азотирования, мин		
1	580	-	2	30	3	4
2+	580	-	2	30	б/п	6
3	620	20	2	30	б/п	9
4+	580	7	2	30	14	0,5
5	550	10	2	30	6	1,5
6	580	7	2	30	б/п	9,5
7	620	5	2	30	б/п	9,5
8	550	2	2	30	9	1
9	550	10	1	20	15	0,5
10	580	5	2	30	б/п	8
11	580	30	2	30	1	3
12	620	30	2	30	б/п	7
13	620	5	1	20	2	4
14	580	10	1	20	2	3
15	580	20	2	20	б/п	4
16	550	20	1	20	4	3
17	550	20	1	20	7	0,7
18	550	30	2	30	14	6,5

+ - оксидирование в растворе CuSO<sub>4</sub>.

Сравнение анодных поляризационных кривых показывает, что

достижения устойчивости коррозии являются обработки поверхности в режимах № 3, 6, 7 так, как в этом случае скорость анодного растворения по сравнению с соответствующей величиной, ниже на 5 порядков. Отсутствие предварительного оксидирования в парах воды при химико-термической обработке значительно снижает защитные свойства оксинитридного слоя. В этом случае скорость анодного растворения ниже по сравнению с исходной сталью на 2-4 порядка, в то время как введение операции предварительного оксидирования обеспечивает снижение скорости анодного растворения на 5 порядков.

Таблица 2

Влияние режимов обработки на коррозионную стойкость область образцов

Режим обработки				Время экспозиции до появления первой язвы, сутки									
t, °C	Время			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	$\tau_{до}$ , МИН	$\tau_{а}$ , МИН	$\tau_{о}$ , МИН										
550	10	2	30	1									
550	20	2	30	1									
550	10	1	30	1									
580	7	2	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
+580	10	2	30	1									
580	5	2	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
580	30	2	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
580	20	2	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
620	30	2	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
620	20	2	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
620	5	2	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
620	30	1	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
620	5	2	20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
580	-	2	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
+580	-	2	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
550	30	2	30	1									
550	10	1	20	1									
580	10	1	20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Исходный образец				1									
Хромовое покрытие				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Покрyтия, полученные по режиму №2 хотя и не проходили предварительное оксидирование, обладают лучшими защитными свойствами по сравнению с покрытием, полученным по режиму №1, видимо из-за пароксидирования после азотирования в растворе  $CuSO_4$ .

Анализируя анодные поляризационные кривые, полученные на стали 38Х2МЮА по режимам №4 и №6, можно предполагать, что оксидирование в растворе  $CuSO_4$  при начальной стадии обработки резко снижает

коррозионную стойкость покрытия, соответственно анодные токи растворения отличаются на 3 порядка. Выводы, сделанные при анализе анодных поляризационных кривых, подтверждаются измерениями зависимости потенциала коррозии от времени в том же растворе (рис. 2).

Как видно из рис. 1, потенциал коррозии исходной необработанной стали 38Х2МЮА имеет наиболее отрицательное значение, а для стали с защитными покрытиями, полученными по режимам 3, 6, 7 стационарные потенциалы коррозии смещаются в сторону положительных потенциалов на 350-370 мВ. Невысокие защитные способности покрытий, полученных в режимах 1, 4, 5, подтверждаются смещением потенциала коррозии всего на 50-100 мВ в анодном направлении по сравнению с необработанной сталью.

Часть коррозионных испытаний была проведена в камере солевого тумана с распылением раствора 3% хлорида натрия. Температура при этом в камере составляла 26°C. Испытанию подвергались образцы из стали 38Х2МЮА, обработанные при разных режимах [1].

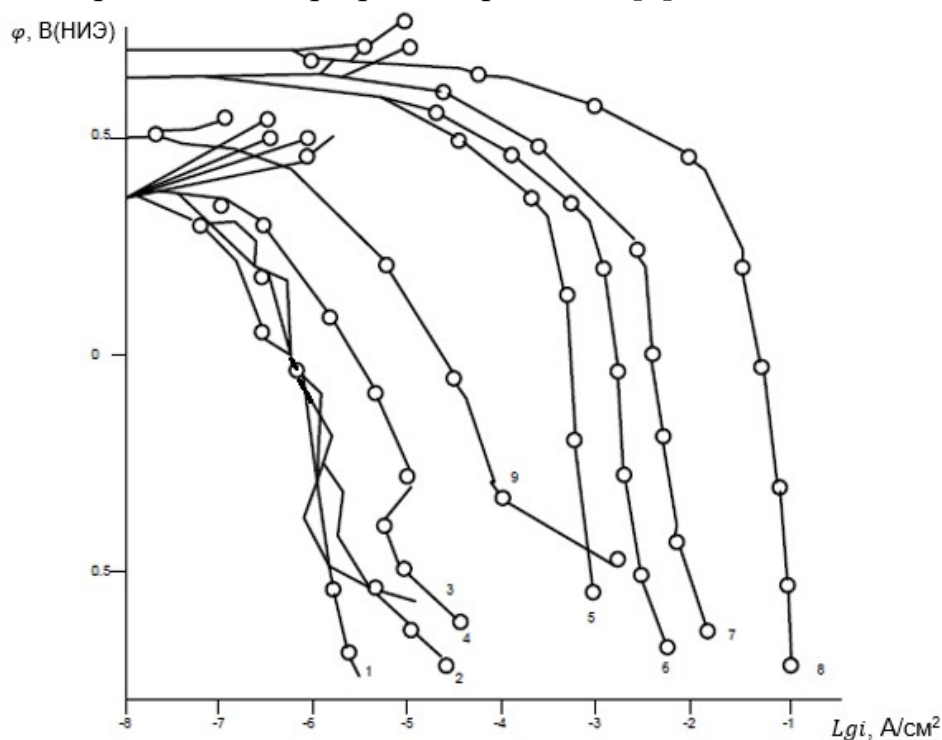


Рисунок 1. Потенциодинамические поляризационные зависимости в 3 %-ном солевом тумане NaCl при  $t = 25$  °C. Сталь 38Х2МЮА

1-обработан по режиму №3, 2- обработан по режиму №6, 3-  $\bar{L}g i, \bar{A}/\text{см}^2$  по режиму №7, 4-обработан по режиму №2, 5- обработан по режиму №1, 6- обработан по режиму №4, 7-обработан по режиму №5, 8- необработанная сталь, 9-хромированный (гальванически) -  $h = 16$  мкм.

Результаты коррозионных испытаний сравнивали с исходными образцами, образцами с нитридоксидными слоями, полученными без предварительного оксидирования, которые подробно изучены в работах [2, 3] и покрытиями, полученными после твердого хромирования, толщиной 16 мкм.

Испытания показали, что нитрооксидированные образцы, обработанные по режимам №2, 3, 6, 7, 10, и 13 имеют наименьшее количество очагов коррозии по сравнению со всеми другими образцами, соответственно меньшую площадь коррозии в процентах при увеличении продолжительности испытания в час.

Надо отметить, что появившиеся очагов коррозии на нитрооксидированных образцах, обработанных по режимам 2, 3, 6, 7, 10, 12, в дальнейшем практически не увеличиваются. У образцов, обработанных по другим режимам, наблюдается увеличение размеров очагов коррозии, и особенно, у хромированного образца, на которых в случае появления очагов коррозии происходит стремительный их рост.

В работе были также проведены исследования влияния температурно-временных параметров предварительного оксидирования на коррозионную стойкость нитрооксидированных образцов (рис. 1, 2 и 3).

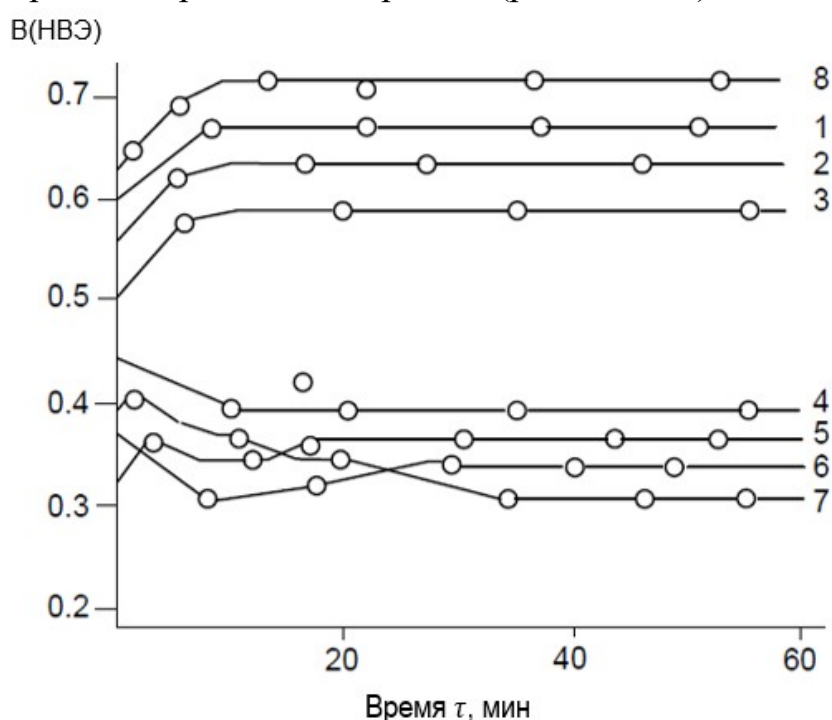


Рисунок 2. Потенциодинамические поляризационные зависимости в 3 % NaCl при  $t = 25^{\circ}\text{C}$ , Сталь 38Х2МЮА.

1-обработан по режиму №5, 2- обработан по режиму №4, 3-обработан по режиму №1, 4-обработан по режиму № 2, 5- обработан по режиму №6, 6-обработан по режиму №7, 7-обработан по режиму № 3, 8- необработанная



сталь, 9-хромированный (гальванически)  $h=16$  мкм.

Установлено, что повышение температуры в рассмотренных интервалах оказывает положительное влияние на коррозионную стойкость (рис. 3).

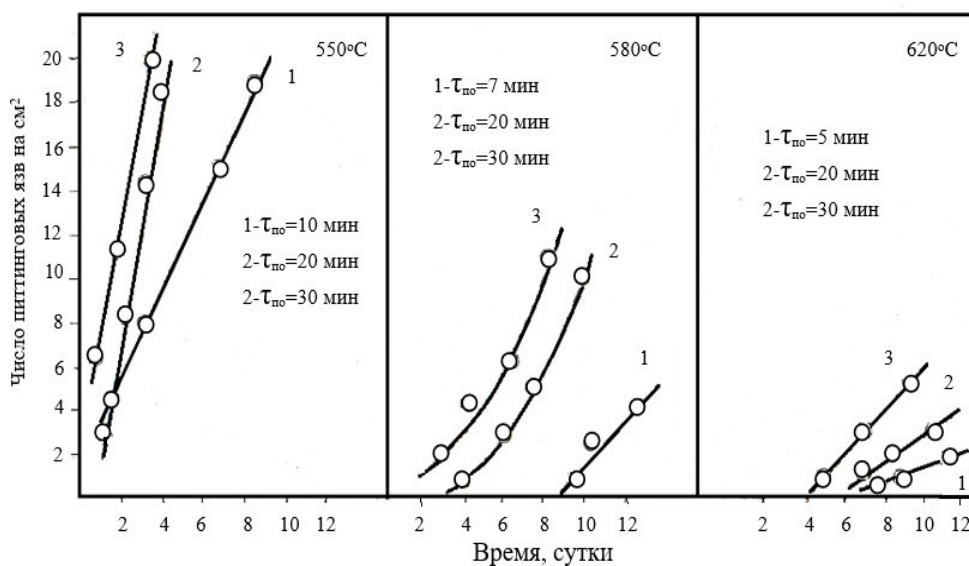


Рисунок 3. Зависимость число питтинговых язв от времени экспозиции образцов стали 38X2МЮА в 3 % хлорида натрия при температурах химико-термической обработки 550, 580, 620°C. Время азотирования 2 часа, время окончательного оксидирования 30 мин.

При температурах 550 и 580°C лучшие результаты по коррозионной стойкости получены при продолжительности предварительного оксидирования в течение 7-10 мин (рис. 3), а при температуре 620°C наиболее положительные результаты наблюдаются после предварительного оксидирования в течение 5-20 мин. При этом надо отметить, что предварительное оксидирование в течение 30 мин при 620°C также имеет достаточно хорошие показатели по коррозионной стойкости.

Выводы. Таким образом, проведенные исследования показали, что нитрооксидирование сталей, проведенное при оптимальных режимах, значительно повышает их коррозионную стойкость.

Высокие антикоррозионные свойства оксинитрированных слоев подтвердили и результаты электрохимического исследования образцов.

Характеристики электрохимического поведения нитрооксидированных слоев оценивали в сравнении с характеристиками хромированных покрытий, нанесенных на сталь 38X2МЮА [1].

Результатами сравнительных коррозионных испытаний определены структурные критерии коррозионной стойкости нитрид-оксидных покрытий.

Нитридоксидное покрытие, полученное при оптимальных режимах обработки, состоит из плотной поверхностной оксидной пленки Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> и высокоазотистого нитридного подслоя  $\epsilon$  и  $\gamma$  - фаз, коррозионная стойкость которых на порядок выше коррозионной стойкости покрытия, полученного

гальваническим хромированием.

### Литературы

1. Бойназаров У.Р. Разработка технологии нитрооксидирования с предварительным оксидированием. Дисс. на соиск. учен. степ. к.т.н. Москва - 1993 г.
2. Стульпина Г.С. Повышение коррозионностойкости инструкционных сталей методом оксиазотирования. дисс. на соиск. уч. Степ, к.т.н. Москва, 1990. с.166.
3. У.Р.Бойназаров, А.А.Каримов. «Наука, техника и образование» №33 май 2016 г. Россия.
4. У.Р.Бойназаров, В.И.Юршев, Л.Г.Петрова. Изгибная прочность оксинитридных покрытий. Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), с 490-495, 23-25 янв. 2020 г., Оренбург, Россия.
5. Бойназаров У.Р., Т.Х.Раззоков. Микротвердость диффузионных нитрооксидных слоев. Журнал "Universum: технические науки". Россия. 2020 г. 26 июль.
6. Хурмаматов А.М., Рахимов Ф.Б. Calculation of heat transfer and heat transfer in a pipe apparatus in heating gas condensate// Scientific and technical journal of Namangan institute of engineering and technology. - Наманган, VOL 6 - Issue (1) 2021.-р. - 187-191. (05.00.00, №33).
7. Хурмаматов А.М., Рахимов Ф.Б., Муртазаев Ф.И. Интенсификации процессов теплообмена в трубчатых теплообменниках// Международный научный журнал «Universum: технические науки». - Москва, 2021.- № 11 (92). - С. 11-15. (02.00.00; №1).
8. Хурмаматов А.М., Рахимов Ф.Б. Расчет гидравлического сопротивления при плавном расширении и сужении горизонтальной трубы//Международный научный журнал «Технологии нефти и газа». - Москва, 2021. - №6<sup>(137)</sup>. - С. 62-64. (05.00.00; №80).
9. Hurmatov A.M., Raximov G'.B., Do'stov H.B., Panoev Ye.R. Regeneratsiya gazlarini nordon komponentlardan absorbsiya usuli orqali tozalash texnologiyasida qo'llaniladigan qobiq quvurli issiqlik almashinish qurilmasining ish samaradorligini oshirish// Fan va texnologiyalar tarraqiyoti. - Buxro, 2021. - №4. - 48-58 b. (05.00.00; №24).\
10. Rakhimov, G. (2023). Qobiq quvurli issiqlik almashinish qurilmalaridagi issiqlik almashinish samaradorligini gidrodinamik parametlariga ta'sirini o'rganish. Innovatsion texnologiyalar, 51(03), 77-86.
11. Raximov, G. A. B. (2024). QOBIQ-QUVURLARDAN FOYDALANGAN



HOLDA ISSIQLIK ALMASHINISH USKUNASINING SAMARADORLIGINI OSHIRISH UCHUN KONSTRUKSIYANI TAKOMILLASHTIRISH. *Sanoatda raqamli texnologiyalar*, 2(03).

12. Rakhimov, G. B., & Sayfiyev, E. K. (2024). RESEARCH OF THE PROCESS OF PRODUCING ALCOHOLS BASED ON BY-PRODUCTS OBTAINED IN THE FISCHER-TROPSCH SYNTHESIS. *Sanoatda raqamli texnologiyalar*, 2(03).

13. Murtazaev, F. I., & Raximov, G. B. (2023). Synthesis of sorbents used in the separation of halogens. *Sanoatda raqamli texnologiyalar*, 1(01).

14. Ganisher, R. (2023). Increasing the efficiency of heat exchange by changing the construction of a shell and tube heat exchanger. *Universum: технические науки*, (5-8 (110)), 21-24.

15. Хурмаматов, А. М., & Рахимов, Г. Б. (2021). Расчет гидравлического сопротивления при плавном расширении и сужении горизонтальной трубы. *Технологии нефти и газа*, (6 (137)), 62.