

УДК 661.343

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ СТАЛИ 06ХН28МДТ В РАСТВОРАХ ГИДРОКСИДА НАТРИЯ**Абдульманова Рушана Ринатовна,**

студент магистратуры

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа

Аннотация

Статья посвящена проблеме коррозии, которая в современном мире является одной из важнейших научно-технических и экономических проблем. В настоящее время существует множество способов защиты заводского и хозяйственного оборудования от коррозии. В последнее время возрос спрос на коррозионно-стойкие материалы, содержащие хром и никель. Молибден и титан придают сталям хорошие свойства жаростойкости. Особый интерес представляют сплавы на основе никеля. Никель хорошо себя показывает в окислительной среде, что снижает скорость коррозии и повышает стойкость. Его широко применяют в оборудовании, контактирующем со щелочными растворами. Однако при высоких температурах и больших скоростях потока щелочи, поверхность никелевых труб может быть истерта жёсткими частицами из-за низкой твёрдости самого никеля.

Чтобы защитить оборудование на предприятиях, эффективным решением является замена никелевых труб на более дешёвые и устойчивые к коррозии стали, которые способны противостоять агрессивной среде и увеличить срок службы. В данной работе проводилось исследование с целью определения наиболее коррозионно- и износостойкого материала в среде гидроксида натрия различной концентрации.

Ключевые слова: коррозия в щелочных растворах, гидроксид натрия, коррозионное растрескивание, коррозионностойкие стали, гравиметрический анализ, твёрдость.

INVESTIGATION OF CORROSION RESISTANCE OF STEEL 06KHN28MDT IN SODIUM HYDROXIDE SOLUTIONS**Abdulmanova Rushana Rinatovna,**

undergraduate student

Ufa State Petroleum Technical University, Ufa

arushanar2001@mail.ru

ABSTRACT

The article is devoted to the problem of corrosion, which in the modern world is one of the most important scientific, technical and economic problems. Currently, there are many ways to protect factory and household equipment from corrosion. Recently, the demand for corrosion-

resistant materials containing chromium and nickel has increased. Molybdenum and titanium give the steels good heat resistance properties. Nickel-based alloys are of particular interest. Nickel performs well in an oxidizing environment, which reduces the rate of corrosion and increases resistance. It is widely used in equipment in contact with alkaline solutions. However, at high temperatures and high alkali flow rates, the surface of nickel pipes can be worn by hard particles due to the low hardness of nickel itself.

In order to protect equipment at enterprises, an effective solution is to replace nickel pipes with cheaper and corrosion-resistant steels that are able to withstand aggressive environments and increase service life. In this work, a study was conducted to determine the most corrosion- and wear-resistant material in a medium of sodium hydroxide of various concentrations.

Keywords: corrosion in alkaline solutions, sodium hydroxide, corrosion cracking, corrosion-resistant steels, gravimetric analysis, hardness.

Никель 201 – это сплав никеля, содержащий 99,6% никеля и имеющий низкое содержание газовых примесей. Он обладает высоким содержанием хрома, что делает его устойчивым к окислительным средам. Кроме того, у него отличные тепловые, электрические и магнитоэлектрические свойства. Этот сплав сохраняет свои механические свойства даже при довольно низких и высоких температурах, и он также устойчив к коррозии в агрессивных средах, таких как щелочные, слабокислотные, галогены и органические соединения [1-3].

Однако при повышенных температурах и растягивающих напряжениях в концентрированных растворах щелочей наблюдается коррозионное растрескивание стали из-за щелочной хрупкости.

Также существует явление коррозионной эрозии, которая происходит от механического воздействия быстро движущихся частиц, таких как жидкости, песок, газовые пузырьки и так далее, на поверхность металла [6]. Интенсивность эрозионного разрушения зависит от разных факторов, таких как свойства металла, свойства пленок на его поверхности, коррозионная среда, нагрузка и скорость движения деталей или жидкости, а также твердость металла. При трении мягких материалов, таких как газы или жидкости без твердых включений, в первую очередь происходит износ пассивных пленок на поверхности металла [4-6].

Увеличение скорости движения коррозионно-активной среды может вызвать механический износ материала, а скорость коррозионной эрозии зависит и от механических свойств металла. Постоянное удаление оксидных пленок с поверхности материала может значительно ускорить коррозионный процесс. Однако снижение скорости износа сталей при трении в условиях упругого контакта с использованием электролитов возможно путем повышения пассивируемости трения [7-9].

В настоящее время на предприятии АО «Башкирская содовая компания» в качестве материала для трубопроводов используется сплав Никель 201. Этот сплав является достаточно дорогим вследствие большого содержания в нём никеля. Несмотря на свою высокую коррозионную стойкость к агрессивным средам, он имеет склонность к абразивному износу в силу своей низкой твердости.

Результаты испытаний в различной концентрации образцов из сплава Никель 201 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний

Среда NaOH	S, м2	m1	m2	Km	П	τ
50%	0,00278	19,7323	19,7310	0,000287	0,000282	1629
	0,00281	17,0158	17,0153	0,000109	0,000107	1629
	0,00281	19,6415	19,6408	0,000153	0,000151	1629
60%	0,00281	17,0635	17,0623	0,000263	0,000258	1629
	0,00280	17,1858	17,1848	0,000220	0,000216	1629
	0,00280	17,2592	17,2581	0,000241	0,000237	1629
70%	0,00284	17,5169	17,5161	0,000173	0,000170	1629
	0,00280	19,5029	19,5017	0,000263	0,000259	1629
	0,00279	19,8764	19,8751	0,000286	0,000281	1629
80%	0,00280	16,7659	16,7650	0,000197	0,000194	1629
	0,00280	20,0090	20,0081	0,000197	0,000194	1629
	0,00282	20,0647	20,0641	0,000131	0,000129	1629

График зависимости глубинного показателя коррозии от концентрации гидроксида натрия для сплава Никель 201 представлен на рисунке 1. Из рисунка видно, что с увеличением концентрации едкого натра скорость коррозии сплава Никель 201 увеличивается, но достигнув концентрации 80% она начинает снижаться. Это связано с образованием защитной плёнки на поверхности образца.

Результаты испытаний в различной концентрации образцов из стали 06ХН28МДТ представлены в таблице 2.

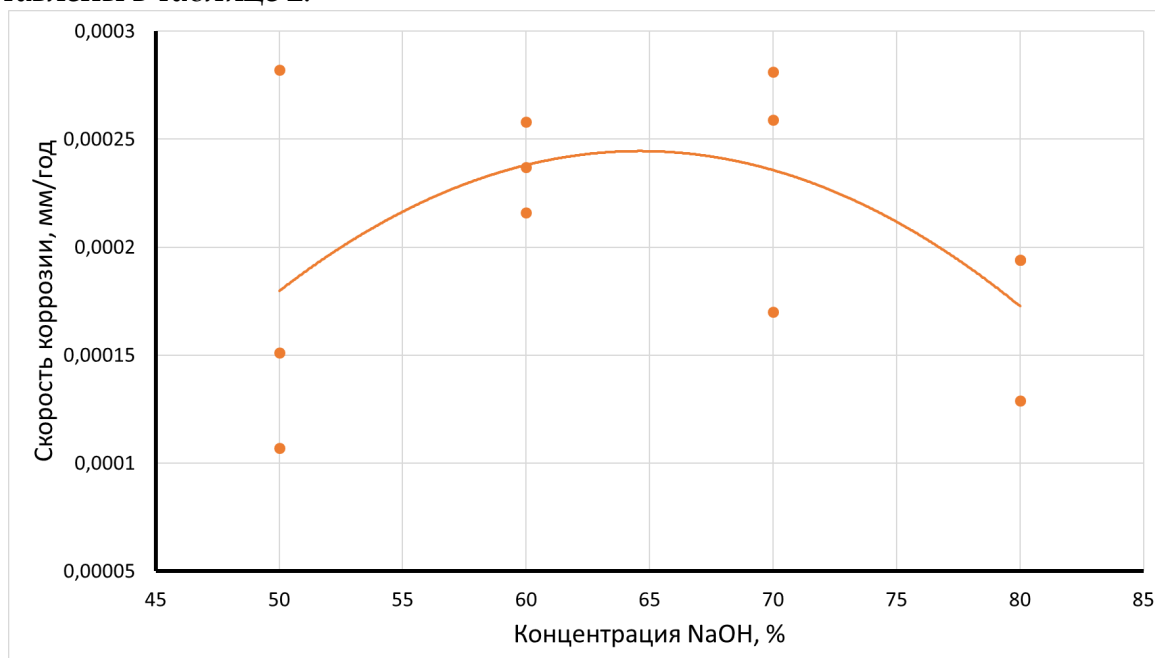


Рисунок 1 – Зависимость скорости коррозии от концентрации NaOH

Таблица 2 – Результаты испытаний

Среда NaOH	S, м2	m1	m2	Km	П	τ
60%	0,00279	19,1812	19,1807	0,000110	0,000122	1629
	0,00323	22,3632	22,3625	0,000133	0,000148	1629
	0,00339	22,9433	22,9425	0,000145	0,000161	1629
70%	0,00164	10,8969	10,8963	0,000225	0,000250	1629
	0,00173	11,1985	11,1980	0,000178	0,000198	1629
	0,00165	10,8326	10,8320	0,000223	0,000248	1629
80%	0,00179	11,6095	11,6090	0,000171	0,000191	1629
	0,00152	10,3057	10,3052	0,000202	0,000225	1629
	0,00147	9,4902	9,4900	0,0000836	0,0000931	1629

График зависимости глубинного показателя скорости коррозии от концентрации гидроксида натрия для стали 06ХН28МДТ представлен на рисунке 2. Из рисунка видно, что с увеличением концентрации едкого натра скорость коррозии стали 06ХН28МДТ увеличивается, но достигнув концентрации 80% она начинает снижаться. Это связано с образованием защитной плёнки на поверхности образца.

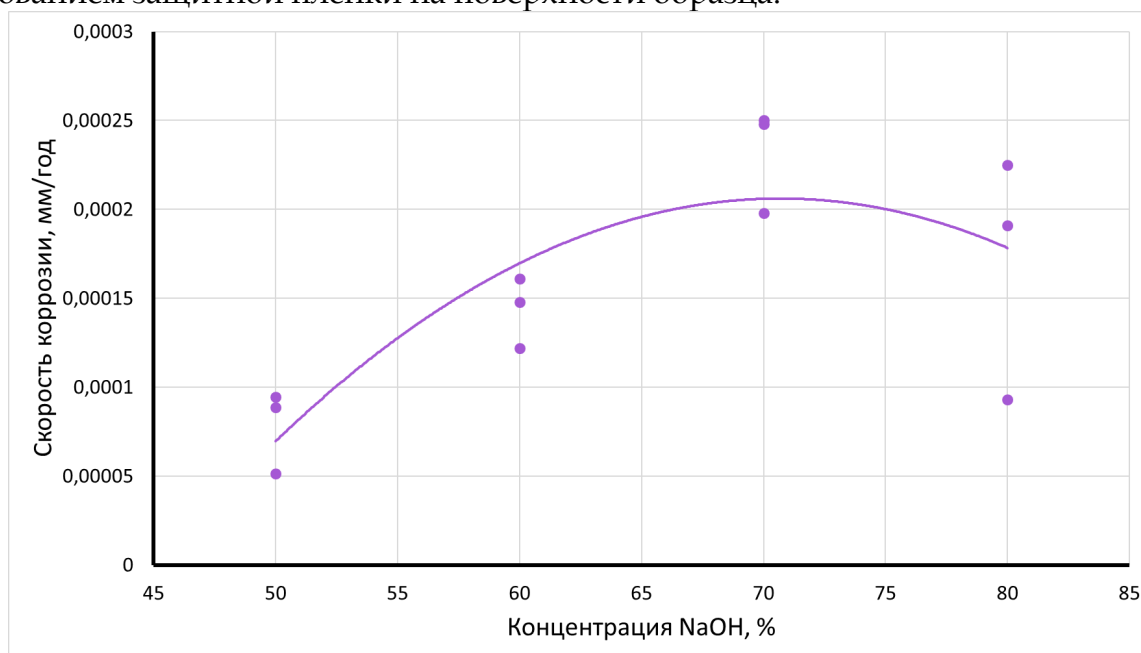


Рисунок 2 – Зависимость скорости коррозии от концентрации NaOH

Совмещенный график зависимости средних значений глубинного показателя коррозии образцов от концентрации щелочи представлен на рисунке 3.

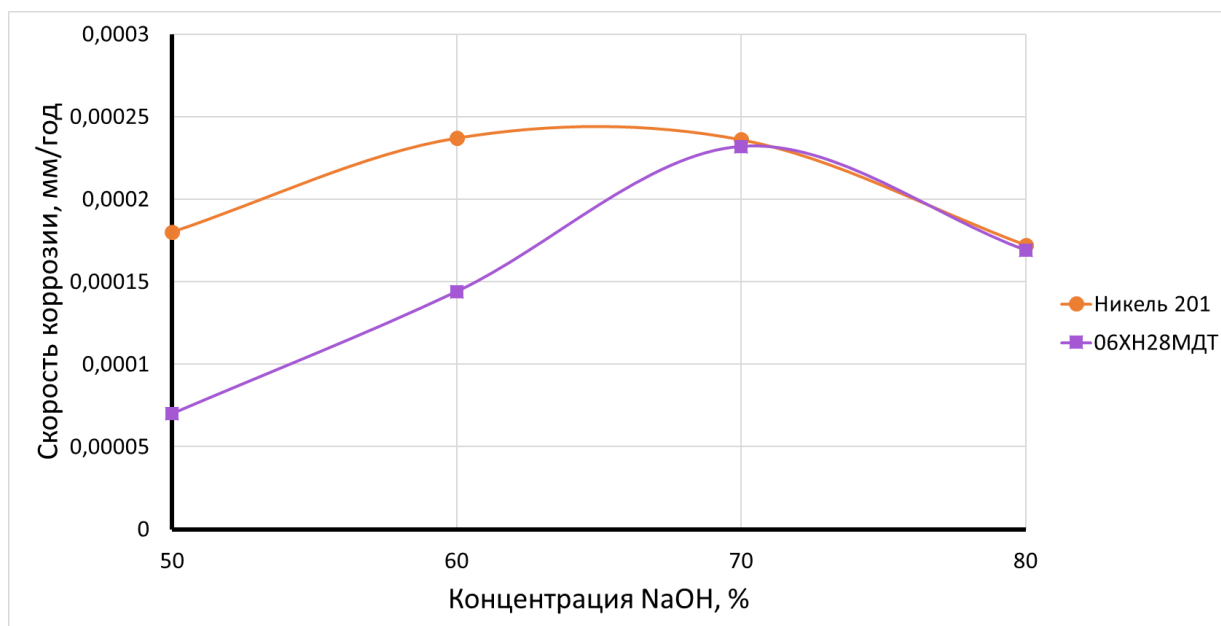


Рисунок 3 – Совмещенный график зависимости скорости коррозии от концентрации NaOH

По результатам гравиметрического анализа было установлено, что оба исследуемых материала показали достаточно высокую коррозионную стойкость в средах гидроксида натрия различной концентрации. Однако наиболее стойким материалом оказалась сталь 06ХН28МДТ.

Измерение твёрдости образцов проводили на ультразвуковом твердомере МЕТ-УДА. Для того чтобы измерить твёрдость, необходимо установить прибор перпендикулярно образцу и нажать на него. Результаты измерения представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты измерения твердости, HRC

Материал	Концентрация раствора, %			
	50	60	70	80
06ХН28МДТ	29,1	28,3	25,5	23,8
Ср. значение твёрдости				
Материал	Концентрация раствора, %			
	50	60	70	80
Никель 201	7,8	7,3	5,1	5,2
Ср. значение твёрдости				

Чем выше твердость материала, тем выше его способность сопротивляться пластической деформации и износу при воздействии на обрабатываемый материал [10-12]. По результатам замеров можно предположить более высокую износостойкость стали 06ХН28МДТ по сравнению со сплавом Никель 201. Для стали 06ХН28МДТ наблюдается явление снижения твердости в более концентрированных растворах гидроксида натрия.

Таким образом, по результатам гравиметрических исследований было выяснено, что скорость коррозии сплава Никель 201 и стали 06ХН28МДТ с увеличением концентрации гидроксида натрия стремительно увеличивается. Однако из-за «мыльного» состава гидроксида натрия на поверхностях металлов образуется пленка, данный процесс проявляется у всех материалов в 80 % растворе NaOH, при этом скорость коррозии

уменьшается. Скорости коррозии сплава Никель 201 и стали 06ХН28МДТ при концентрациях 70 % и 80 % приблизительно одинаковы и равны примерно 0,000232...0,000236 мм/год и 0,000169...0,000172 мм/год соответственно.

По результатам измерения твёрдости можно сделать вывод о более высокой стойкости к износу в агрессивных средах стали 06ХН28МДТ. Меньшей сопротивляемостью к пластической деформации обладает сплав Никель 201.

По результатам исследований предлагается использование стали 06ХН28МДТ как коррозионно- и износостойкого материала, также её применение на производстве в качестве материала для трубопроводов является более экономичным.

Список литературы:

1. Тюсенков А.С., Кононов Д.В., Бугай Д.Е., Лаптев А.Б. Оценка возможности применения ПАВ для снижения подкисления нефти при перекачке водонефтяной эмульсии по трубопроводам // Нефтегазовое дело. 2011. Т. 9. № 2. – С. 38-40.
2. Абдуллин Р.М., Лаптев А.Б., Бугай Д.Е., Тюсенков А.С. Повышение безопасности эксплуатации промысловых трубопроводов в условиях локализации коррозии в зоне, расположенной после электроизолирующих фланцев // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2009. № 2 (76). С. 131-136.
3. Тюсенков А.С., Черепашкин С.Е., Худяков М.А., Ямщикова С.А., Насибуллина О. Материаловедение и технология конструкционных материалов. – Уфа: УГНТУ, 2018. – 91 с.
4. Хайдарова Г.Р., Тюсенков А.С., Бугай Д.Е., Раскильдина Г.З., Исламутдинова А.А., Сидоров Г.М. Разработка и испытание свойств ингибиторов коррозии на основе четвертичных аммониевых соединений // Изв. вузов. Химия и хим. технология. - 2018. Т. 61. Вып. 7. - С. 130-136.
5. Скуридин Н.Н., Тюсенков А.С., Бугай Д.Е. Повышение безопасности магистральных нефтепроводов на основе оптимизации параметров электрохимической защиты // Нефтяное хозяйство. – 2018. № 8. – С. 92-95.
6. Nasibullina O.A., Tyusenkov A.S. Electronic and microscopic researches of dislocation structure of metal near crack top // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Workshop "Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering – MIP: Engineering – 2019". Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2019. С. 22023.
7. Nasibullina O.A., Tyusenkov A.S. The study of cracks of x70 steel sample selected from the focal zone of destruction // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Workshop "Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering – MIP: Engineering – 2019". Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2019. С. 22018.
8. Tyusenkov A.S., Nasibullina O.A. Corrosion of tubing of oil fields // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety - 6. Analysis, Assessment and Technologies of Natural and Man-Made Disasters Reduction. 2019. С. 066016.

9. Фаритов А.Т., Рождественский Ю.Г., Ямщикова С.А., Минниханова Э.Р., Тюсенков А.С. Совершенствование метода линейного поляризационного сопротивления для испытаний ингибиторов коррозии стали // *Металлы*. 2016. № 6. – С. 36-43.
10. Tyusenkov A.S., Nasibullina O.A. Inhibitory anticorrosive protection of oilfield equipment // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety - 6. Analysis, Assessment and Technologies of Natural and Man-Made Disasters Reduction. 2019. С. 066021.
11. Tyusenkov A.S., Latypov O.R. Investigation of causes of failures of nickel alloy pipelines at high temperatures // *AIP Conference Proceedings*. 2. Сер. "Proceedings of the II International Conference on Advances in Materials, Systems and Technologies, CAMSTech-II 2021" 2022. С. 020038.
12. Кравцов В.В., Тюсенков А.С., Ризванов Р.Г., Летов А.Ф., Дворецков Р.М. Исследование причин отказов трубопроводов из никелевого сплава при воздействии высоких температур // *Нефтегазовое дело*. 2021. Т. 19. № 3. С. 110-120.

References:

1. Tyusenkov A.S., Kononov D.V., Bugai D.E., Laptev A.B. Assessment of the possibility of using surfactants to reduce oil acidification when pumping oil-water emulsion through pipelines // *Oil and gas business*. 2011. Vol. 9. No. 2. – pp. 38-40.
2. Abdullin R.M., Laptev A.B., Bugai D.E., Tyusenkov A.S. Improving the safety of operation of field pipelines in conditions of corrosion localization in the zone located after the electrically insulating flanges // *Problems of collecting, preparing and transporting oil and petroleum products*. 2009. No. 2 (76). pp. 131-136.
3. Tyusenkov A.S., Cherepashkin S.E., Khudyakov M.A., Yamshchikova S.A., Nasibullina O.A. *Materials science and technology of structural materials*. – Ufa: USPTU, 2018. – 91 p.
4. Haidarova G.R., Tyusenkov A.S., Bugai D.E., Raskildina G.Z., Islamutdinova A.A., Sidorov G.M. Development and testing of properties of corrosion inhibitors based on quaternary ammonium compounds // *Izv. vuzov. Chemistry and chemical technology*. – 2018. Vol. 61. Issue 7. - pp. 130-136.
5. Skuridin N.N., Tyusenkov A.S., Bugai D.E. Improving the safety of main oil pipelines based on optimization of electrochemical protection parameters // *Oil industry*. – 2018. No. 8. – pp. 92-95.
6. Nasibullina O.A., Tyusenkov A.S. Electronic and microscopic researches of dislocation structure of metal near crack top // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. International Workshop "Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering – MIP: Engineering – 2019". Krasnodar Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2019. p. 22023.
7. Nasibullina O.A., Tyusenkov A.S. The study of cracks of x70 steel sample selected from the focal zone of destruction // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. International Workshop "Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering – MIP: Engineering – 2019". Krasnodar Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2019. p. 22018.

8. Tyusenkov A.S., Nasibullina O.A. Corrosion of tubing of oil fields // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety - 6. Analysis, Assessment and Technologies of Natural and Man-Made Disasters Reduction. 2019. p. 066016.
9. Faritov A.T., Rozhdestvensky Y.G., Yamshchikova S.A., Minnikhanova E.R., Tyusenkov A.S. Improvement of the linear polarization resistance method for testing steel corrosion inhibitors // Metals. 2016. No. 6. – pp. 36-43.
10. Tyusenkov A.S., Nasibullina O.A. Inhibitory anticorrosive protection of oilfield equipment // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety - 6. Analysis, Assessment and Technologies of Natural and Man-Made Disasters Reduction. 2019. p. 066021.
11. Tyusenkov A.S, Latypov O.R. Investigation of causes of failures of nickel alloy pipelines at high temperatures // AIP Conference Proceedings. 2. Ser. "Proceedings of the II International Conference on Advances in Materials, Systems and Technologies, CAMSTech-II 2021" 2022. pp. 020038.
12. Kravtsov V.V., Tyusenkov A.S., Rizvanov R.G., Letov A.F., Dvoretkov R.M. Investigation of the causes of failures of nickel alloy pipelines under exposure high temperatures // Oil and gas business. 2021. Vol. 19. No. 3. pp. 110-120.