

Совершенствование технологии электролитно-плазменного полирования аустенитной нержавеющей стали

Чиркунова Н.В.^{1,†}, Воленко А.П.¹, Мулюков Р.Р.², Шлом М.В.³

¹Тольяттинский государственный университет, Тольятти

²Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, Уфа

³ООО "РС-Технолоджи", Тольятти

[†]natchv@yandex.ru

Improving the technology of electrolytic-plasma treatment of austenitic stainless steel

N.V. Chirkunova¹, A.P. Volenko¹, R.R. Mulyukov², M.V. Shlom³

¹Togliatti State University, Togliatti

²Institute of Metals Superplasticity Problems, Ufa

³ООО "RS-Technology", Togliatti

В работе проанализированы технологические возможности электролитно-плазменной обработки поверхности нержавеющей стали. Исследовано влияние добавки соляной кислоты в водный раствор сернокислого аммония на технологические параметры и качество электролитно-плазменной полировки аустенитной нержавеющей стали 12Х18Н10Т.

Ключевые слова: электролитная плазма; электролитно-плазменная обработка; электролитно-плазменное полирование; аустенитная нержавеющая сталь; шероховатость.

The technological capabilities of electrolytic-plasma treatment of stainless steel surface are analyzed in this paper. The effect of additives of hydrochloric acid to an aqueous solution of ammonium sulfate in the process parameters and the quality of the plasma electrolytic treatment of austenitic stainless steel 12Cr18Ni10Ti are investigated.

Keywords: electrolytic plasma; electrolytic-plasma treatment; electrolytic-plasma polishing; austenitic stainless steel; roughness.

1. Введение

Для достижения необходимых физико-механических и эксплуатационных свойств рабочих поверхностей деталей в качестве финишной обработки широко применяются механические, химические и электрохимические методы полирования. Полирование механическими методами сложно-профильных поверхностей требует специального, высокоточного, дорогостоящего технологического оборудования и большого количества ручного труда. Также механическими методами проблематично произвести полирование тонкостенных изделий. Полирование химическими и электрохимическими методами, основанными на применении концентрированных многокомпонентных электролитов на базе агрессивных и высокотоксичных кислот, требует проведения специальных дорогостоящих мероприятий, связанных с экологической безопасностью людей и окружающей среды при приготовлении и регенерации электролитов, а также при утилизации отходов [1]. Одним из путей совершенствования финишной обработки деталей является применение электролитно-плазменного полирования (ЭПП), в котором используются экологически

безопасные водные растворы солей аммония низкой концентрации (3 – 6%). ЭПП позволяет обрабатывать тонкостенные и сложные по геометрии поверхности на сравнительно простом оборудовании. В технологии ЭПП обрабатываемая деталь является анодом. При напряжении более 200 В вокруг анода при переходе от пузырькового кипения к пленочному образуется устойчивая тонкая (50 – 100 мкм) паро-газовая оболочка (ПГО) через которую протекают микроразряды. В ПГО протекает сложный комплекс физико-химических, тепловых, электрических и гидродинамических процессов. Микроразряды проходят преимущественно по вершинам микровыступов, сглаживая их. Стабильность ПГО является необходимым условием осуществления процесса сглаживания микронеровностей [2]. Важнейшим параметром, определяющим качество полировки, является не только рабочее напряжение, но и температурные условия в приэлектродной зоне и в электролите. Традиционно ЭПП аустенитных нержавеющей сталей проводят в водном растворе, содержащем 4% сернокислого аммония $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ при напряжении ~270 В и температуре электролита 85 – 90°C. Напряженность электрического поля в ПГО достигает 104 – 105 В/см. При температуре

Таблица 1.

Технологические режимы ЭПП.

Режим обработки	Состав электролита (водный раствор)	Температура электролита, °С	Рабочее напряжение, В
1	4% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ азотнокислый аммоний	85-90	270
2	4% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ + 0,05-0,6 % HCl (соляная кислота)	40-50	270

около 100°C такая напряженность способна вызвать ионизацию паров, а также эмиссию ионов и электронов, необходимую для поддержания стационарного электрического разряда [3-4]. Столь высокая температура электролита представляет определенные трудности при разработке технологии ЭПП деталей.

Цель работы. Исследовать влияние добавки (0,05-0,5%) соляной кислоты (HCl) в водный раствор электролита, содержащего 4% сернокислого аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, на технологические параметры и качество электролитно-плазменной полировки аустенитной нержавеющей стали.

2.Методика проведения исследований

Объектами исследования являлись образцы, приготовленные из листовой стали 12X18H10T размером 50x10x2 мм, прошедшие электролитно-плазменную обработку (ЭПО), на установке для электролитно-плазменной полировки по режимам 1 и 2 (табл.1).

Объем рабочей ванны 10 дм³. Скорость прокачки электролита 2 дм³ в минуту. Температуру электролита поддерживали с точностью до 3°C. Образцы погружали в электролит на глубину 2 см. Температуру электролита измеряли с помощью термопары из хромель-копеля диаметром 0,02 см. Термопару, помещенную в диэлектрический трубчатый экран, располагали в электролите на расстоянии 2 см от поверхности образца. Показания термопары регистрировали с помощью потенциометра КСП-4.

Химический состав образцов в состоянии поставки, определенный с помощью атомно-эмиссионного спектрометра «Спектролаб - MS», приведен в таблице 2.

Топологию поверхности образцов до и после обработки изучали с помощью атомно-силовой микроскопии (NT-MDT Solver P47H-PRO). Шероховатость поверхности образцов до и после обработки определяли с помощью лазерного микроскопа. При определении шероховатости Sa среднюю высоту микронеровностей определяли после сканирования с площади 1223x1221 мкм. При определении шероховатости Ra сканирование проводили на той же площади по трем вертикальным и трем горизонтальным линиям, расположенным на расстоянии 300 мкм. Исходная шероховатость поверхности образцов Sa-0,219 мкм; Ra-0,196 мкм. При исследовании, во всех случаях, параметр Sa был больше Ra на 10-25%.

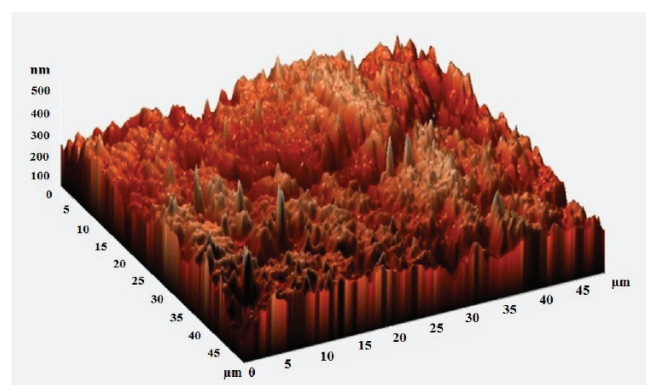
Таблица 2.

Химический состав стали, в водном растворе, содержащем использованной для исследований.

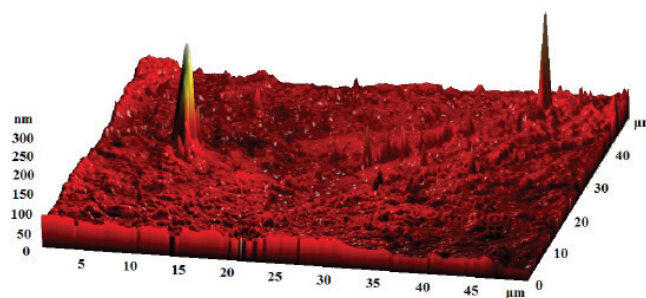
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Ti	Fe
0,1	0,548	1,1	0,008	0,0004	17,62	9,12	1	70,5

3.Результаты исследований

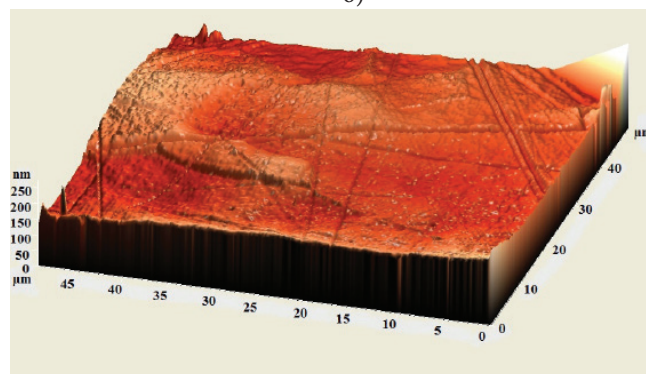
Проведенные исследования показали, что введение в электролит дополнительно даже небольшого количества (0,05%) соляной кислоты существенно уменьшает температуру образования стабильной ПГО. Процесс ЭПП в электролите с добавкой начинается при температуре электролита 35 - 40°C, которая практически не зависит от концентрации добавки. Уменьшение температуры электролита при ЭПП аустенитных нержавеющей сталей от 85 - 90°C до 35 - 40°C существенно упрощает разработку технологического процесса финишной об-



а)



б)



в)

Рис. 1. Топология поверхности. а) до полировки, б) после полировки в водном растворе, содержащем 4% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, в) после полировки в водном растворе, содержащем 4% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ + 0,25 % HCl.

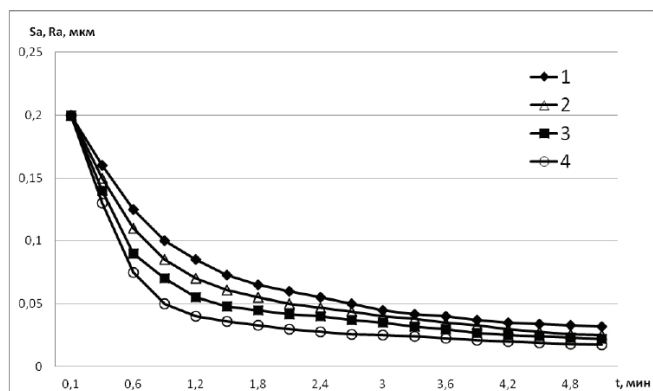


Рис. 2. Зависимость шероховатости поверхности (Sa и Ra) от состава электролита и времени обработки: 1 – Sa, 2 – Ra электролит – водный раствор, содержащий 4% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 3 – Sa, 4 – Ra электролит – водный раствор, содержащий 4% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ + 0,25% HCl.

работки различных изделий. Исследования топологии поверхности, проведенные с помощью лазерной и атомно-силовой микроскопии (АСМ) показали, что добавка в водный раствор электролита, содержащего 4% сернокислого аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, небольшого количества (0,05-0,5%) соляной кислоты значительно увеличивает скорость полирования, улучшает равномерность и уменьшает шероховатость поверхности, что особенно важно при изготовлении сложно-профильных деталей (рис.1-3). На рис.1 представлены результаты АСМ-исследований топологии поверхности образцов до обработки, после ЭПП в широко используемом электролите и в электролите с добавкой соляной кислоты.

Очевидно, что введение в электролит HCl значительно улучшает качество ЭПП. Проведенные исследования параметров Sa и Ra шероховатости поверхности показали, что введение в электролит на основе сернокислого аммония HCl значительно увеличивает скорость полирования, особенно на начальном этапе (рис. 2)

Исследование влияния концентрации добавки на качество полировки образцов показали, что увеличение концентрации соляной кислоты от 0,05 до 0,45% уменьшает шероховатость поверхности на 40-50% (рис. 3).

При увеличении концентрации соляной кислоты до 0,5% вместо множественных электроискровых разрядов малой мощности на поверхности образца появляются

единичные электроискровые и микродуговые разряды большой мощности, что приводит к снижению качества полировки. В электролите, содержащем 0,6% соляной кислоты и более, процесс полирования аустенитной нержавеющей стали прекращается.

Проведенные исследования позволяют утверждать, что при электролитно-плазменном полировании наилучшие показатели качества поверхности образцов из стали 12X18H10T могут быть получены при введении в электролит 0,05 – 0,45% соляной кислоты.

Выводы

1. При электролитно-плазменном полировании нержавеющей стали в водном растворе электролита, содержащего 4% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, целесообразно введение добавки в виде 0,05 – 0,45% соляной кислоты, что приводит к образованию стабильной ПГО при температуре электролита 35 – 40°C, и упрощает разработку технологических процессов.

2. Проведенные исследования показывают, что введение в электролит на основе сернокислого аммония добавки соляной кислоты позволяет значительно увеличить скорость и равномерность полировки, уменьшить среднее значение шероховатости поверхности нержавеющей стали, что особенно важно при финишной обработке сложно-профильных изделий.

Литература

1. Грипихес С.Я. Электрохимическое полирование. М.: Машиностроение, 246 (1976)
2. Куликов И.С., Ващенко С.В., Василевский В.И. Особенности электроимпульсного полирования металлов в электролитной плазме. ВЕСЦИ АНБ сер. физ-техн. наук. 4, 93-98 (1995).
3. Саушкин Б.П., Атанасянц А.Г. Электроразрядные процессы в технологиях производства Металлообработка. 2, 10-13 (2006).
4. Ушомирская Л.А., Новиков В.И. Полирование легированных сталей в не токсичных электролитах при высоком напряжении. Металлообработка. 1, 23-25 (2008).

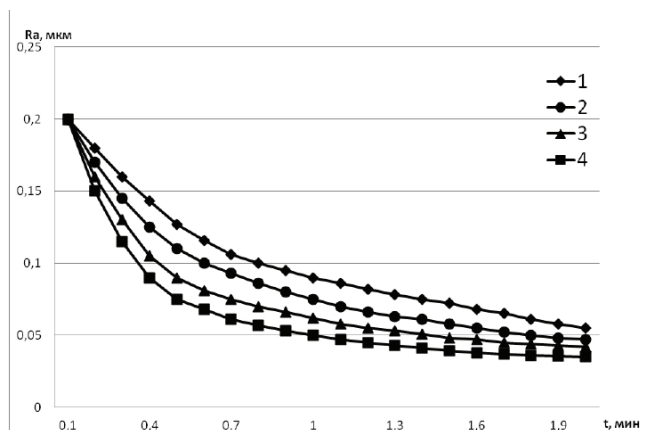


Рис. 3. Зависимость шероховатости поверхности от концентрации добавки и времени обработки. Электролит – водный раствор, содержащий 4% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ + добавка: 1 – 0,05% HCl, 2 – 0,15% HCl, 3 – 0,35% HCl, 4 – 0,45% HCl.