

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПАРОПЛАЗМЕННОГО РАЗРЯДА ДЛЯ ИНЖЕНЕРИИ ПОВЕРХНОСТИ НЕРЖАВЕЮЩИХ ТРУБ**

**ТУТЫК В. А.**

*доктор технических наук*

**ТИСАГДИО И. Ю.**

*аспирантка*

**САФЬЯН П. П.**

*аспирант*

**Днепропетровск**

Использование концентрированных потоков энергии: струи плазмы, лазерного, электронного и ионного лучей позволяет эффективно решать задачи машиностроения по инженерии поверхности обрабатываемого материала и получение материалов с заданными физико-механическими свойствами, которые невозможно получить традиционно используемыми технологиями [1].

Актуальной задачей является очистка и модификации внутренней и внешней поверхности нержавеющей труб в технологической цикле их производства. Опыт показывает, что абсолютное большинство дефектов при производстве труб располагается в подповерхностном слое глубиной до 0,3 – 0,5 мм. Вследствие концентрации напряжений этот слой снижает надежность деталей. Традиционно используемые в настоящее время химико-механические методы не обеспечивают требуемого качества поверхности и являются экологически вредными технологиями, трудоемкими и слабо управляемыми.

Одной из перспективных технологий в области очистки внешней и внутренней поверхности металлов и сплавов является ее обработка пароплазменным разрядом. Интерес к пароплазменным разрядам с жидким электродом для использования в технологических целях заключается в том, что он протекает при атмосферном

давлении и в нем сочетаются свойства двух технологий: химической и плазменной.

Преимущества разработанной технологии на основе пароплазменного разряда:

- ✦ использование экологически безопасных водных растворов солей низкой концентрации удовлетворяющих санитарным нормам, которые в несколько раз дешевле токсичных кислотных компонентов применяемых в традиционных технологиях;
- ✦ не требуют специальных очистных сооружений для утилизации отработанных электролитов;
- ✦ возможность использования технической воды в качестве электролита;
- ✦ процесс обработки протекает при атмосферном давлении;
- ✦ малогабаритное оборудование, не требующие больших производственных площадей;
- ✦ высокий КПД процесса 80 – 90%;
- ✦ высокая скорость обработки 0,1 – 0,5 м/с.

Изучение и анализ опубликованных по данной проблеме теоретических и методических рекомендаций и практических разработок позволяют сделать вывод о том, что оценка экономической эффективности обработки нержавеющей труб пароплазменным разрядом не нашли достаточного изучения в известной литературе.

Поэтому целью данной работы является обоснование расчета экономической эффективности применения пароплазменного разряда для инженерии поверхности нержавеющей труб.

В результате экспериментальных исследований была создана технология очистки и модификации поверхности нержавеющей трубы струйным пароплазменным разрядом. В работе использовалась разработанная экспериментальная установка (рис. 1) [2].

Устройство состоит из электролитической ячейки 1, соединенной трубопроводом 2 с кольцевым стальным электродом 3 с токоподводом электрода 4. Кольцевой

электрод 3 состоит из нескольких диэлектрических сопел 5, ламинарных струек 6. Обрабатываемая труба 7, с токоподводом 8, соединена с вращающимся валом 9, и установлена на рольганге 10. Посредством насоса 13 через фильтр 12 электролит подается через охлаждающую систему 14 в электролитическую ячейку 1. К источнику питания 15 подсоединены токоподводы 4 и 8, над рольгангом установлен вентилятор 17 для вытяжки водяных паров.

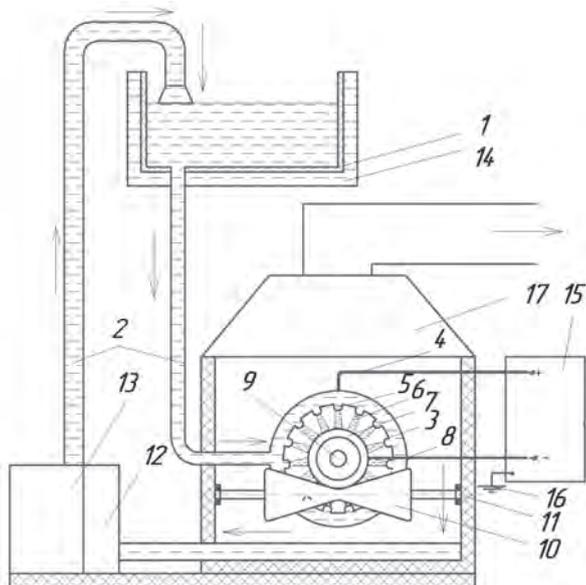


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Процесс обработки поверхности трубы осуществляется за счет того, что между трубой и струей электролита формировался многоканальный пароплазменный разряд. На поверхность обрабатываемой трубы подается струя электролита через диэлектрическое сопло катодного устройства. С высоковольтного источника

подается напряжение на обрабатываемую трубу (анод) и на катодное устройство. Ионы разряда бомбардируют поверхность трубы и осуществляют процесс ее нагрева и очистки. При этом наблюдаются процессы испарения, распыления материала поверхности под действием ионной бомбардировки. Все процессы протекают при атмосферном давлении.

Скорость очистки поверхности трубы является сложной функцией зависящей от ряда параметров:

$v = f(I, U, l, d, G, N_k, P, T_{эл}, T_{тр}, t)$ :  $I$  – ток разряда,  $U$  – напряжение разряда; геометрических параметров электролитического электрода:  $l$  – длина струи,  $d$  – диаметр струи;  $G$  – расхода электролита;  $N_k$  – концентрация электролита;  $P$  – давления,  $T_{эл}$  – температуры электролита,  $T_{тр}$  – температура обрабатываемой трубы,  $t$  – время обработки, характера течения электролита (ламинарный или турбулентный).

При обработке 1 м нержавеющей трубы существующим электрохимическим методом расходуется около 0,4 л электролита, следующего состава 500 – 600 г/л ортофосфорной кислоты, 200 – 300 г/л серной кислоты, остальное вода. Стоимость данного электролита для обработки 1 м трубы составляет 5,2 грн. А при обработке пароплазменным разрядом расходуется 0,25 л электролита, следующего состава 50 г/л хлорид натрия, 1 г/л нитрид натрия, остальное вода. Стоимость данного электролита для обработки 1 м трубы составляет 0,11 грн.

Расчет расхода электроэнергии при пароплазменном и электрохимической обработке приведен в табл. 1.

Затраты электроэнергии для осуществления технологического процесса обработки 1 м нержавеющей трубы пароплазменным методом:

$$P = P_{\text{разряда}} + P_{\text{насоса}} + P_{\text{вент}} + P_{\text{мех}} + P_{\text{очист}} + P_{\text{освещ}} + P_{\text{др}}, \quad (1)$$

Таблица 1

Расчет стоимости удельной электроэнергии по очистке и полировке 1 м нержавеющей трубы при пароплазменном и электрохимическом методах

№ п/п	Показатель	Величина показателя при различных методах обработки	
		пароплазменный метод	электрохимический метод
1	Ток, А	4	220
2	Напряжение, В	2000	12
3	Мощность, кВт	8	2,64
4	Площадь внутренней поверхности 1 м трубы, мм <sup>2</sup>	40820	40820
5	Ширина кольцевого участка, обрабатываемое катодным устройством, мм	2,2	1
6	Скорость перемещения катодного устройства мм/с	10	1
7	Норма удаления материала по ширине кольцевого участка, мм <sup>2</sup> /с	89,8	40,8
8	Время обработки внутренней поверхности 1 м трубы, с	100	1000
9	Удельный расход энергии на обработку 1 м трубы, Дж	0,8*10 <sup>6</sup>	2,64*10 <sup>6</sup>
10	Удельные затраты на электроэнергию для обработки 1 м трубы, грн	0,128	0,42

где  $P$  – удельные затраты на электроэнергию для обработки 1 м трубы, грн;

$P_{разряда}$  – затраты электроэнергии пароплазменного разряда для обработки поверхности трубы, грн;

$P_{насоса}$  – затраты электроэнергии насоса для подачи электролита, грн;

$P_{вент}$  – затраты электроэнергии вентиляционной системы для откачки водяных паров, грн;

$P_{мех}$  – затраты электроэнергии механической части для перемещения трубы, грн;

$P_{очист}$  – затраты электроэнергии очистки электролита от продуктов обработки, грн;

$P_{освещ}$  – затраты электроэнергии на освещение, грн;

$P_{др}$  – прочие затраты электроэнергии, грн.

Из табл. 1 видно, что удельные затраты на электроэнергию для обработки 1 м трубы пароплазменным методом в 3 раза меньше, чем при обработке электрохимическим методом. Скорость обработки при электрохимическим методом в 10 раз меньше, чем при пароплазменном методе. Что указывает на низкую производительность в сравнении с предлагаемым методом.

Применение нормативов себестоимости 1 часа работы оборудования, применяемых в цехах металлургических заводов, значительно упрощает расчеты себестоимости заготовок, деталей операций при определении сравнительной экономичности нового оборудования [3]. Расчет себестоимости 1 часа обработки пароплазменным разрядом примем:

$$C = Z_{опр} + Z_a + Z_{рем} + Z_{эс} + Z_в + Z_u, \quad (2)$$

где  $C$  – себестоимость 1 ч работы на оборудовании, грн;

$Z_{опр}$  – норматив всей заработной платы основных рабочих и наладчиков (с начислениями в фонды), грн;

$Z_a$  – норматив амортизационных отчислений, грн;

$Z_{рем}$  – норматив часовых затрат на ремонт данного оборудования, грн;

$Z_{эс}$  – норматив часовых затрат на силовую электроэнергию, грн;

$Z_в$  – норматив часовых затрат на вспомогательные технологические материалы, отнесенные к 1 ч работы станка, грн;

$Z_u$  – норматив часовых затрат на инструмент, грн.

Тем не менее суммарные эксплуатационные затраты при использовании данной технологии в среднем в 4 раза ниже (табл. 2).

Данная экономия достигается за счет, в первую очередь, замены дорогостоящего кислотного электролита на дешевый водный солевой раствор, а также за счет снижения потребления электроэнергии. Значительно улучшает экономические показатели обработка с применением пароплазменного разряда, а также упрощенная схема утилизации отработанного электролита и отсутствие специальных очистных сооружений.

Следует отметить, что для получения эффекта от обработки не требуются реактивы с высокой химической чистотой, что весьма ощутимо сказывается на их стоимости. Заметно улучшают экономические показатели пароплазменной технологии за счет утилизации отработанных электролитов без специальных очистных сооружений. Более того, пароплазменный метод в целях экономии, возможно применять как для очистки изделия, в данном случае нержавеющей трубы, с одновременной полировкой, так в виде отдельных операций. При электрохимической обработке перед процессом полирования поверхности необходимо проводить очистку поверхности дробеструйным или пескоструйным методами, что ведет к удорожанию конечного продукта. Обработка на основе пароплазменного разряда позволяет исключить операции очистки поверхности дробеструйным и пескоструйным методами, что позволяет не только удешевить стоимость изделия, но и повысить его качество обработки.

Расчеты показывают, что при двухсменной работе пароплазменного оборудования экономия финансовых ресурсов в год составляет около 170 000 грн. Таким образом, при стоимости установки в 120 000 грн ее окупаемость не превышает одного года. Кроме этого в данном расчете не учитывается экономия полученная за счет отсутствия затрат на очистные сооружения. Помимо того, что технология на основе пароплазменного разряда имеет высокую производительность и является экологически чистой удовлетворяющей санитарным нормам, она имеет лучшие экономические показатели по сравнению с механическими, химическими и электрохимическими методами обработки.

Таблица 2

Технологическая себестоимость 1 ч работы на пароплазменной и электрохимической установках

№ п/п	Наименование затрат	пароплазменный метод	электрохимический метод
1	Заработная плата основных рабочих, грн	13,13	13,13
2	Амортизация оборудования, грн	1,66	32,64
3	Ремонт оборудования, грн	11,05	14,40
4	Затраты на электроэнергию, грн – силовую – технологическую	5,20 18,02	21,23 46,30
5	Затраты на инструмент	0,18	2,75
6	Затраты на вспомогательные технологические материалы	11,61	66,88
7	Технологическая себестоимость	60,85	197,33

## ВЫВОДЫ

1. В работе рассмотрен расчет стоимости удельной электроэнергии по очистке и полировке 1 м нержавеющей трубы при пароплазменном и электрохимическом методах. Расчет показал, что удельные затраты на электроэнергию для обработки 1 м трубы пароплазменным методом в 3 раза меньше чем при обработке электрохимическим методом.

2. Технологическая себестоимость 1 ч работы на пароплазменной установке в 3 раза меньше, чем на электрохимической.

3. При двухсменной работе пароплазменного оборудования экономия финансовых ресурсов в год составляет около 170 000 грн. Таким образом, при стоимости установки в 120 000 грн ее окупаемость не превышает одного года. Кроме этого в данном расчете не учитыва-

ется экономия полученная за счет отсутствия затрат на очистные сооружения. ■

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Тутык В. А., Динник Ю. А., Сафьян П. П.** Очистка поверхности нержавеющей труб для энергетического машиностроения пароплазменным разрядом // Теория и практика металлургии.– 2009.– № 5-6 (72-73).– С. 71 – 74.

2. Пат. 49324U Україна, МПК C23G5/00. Спосіб очищення і поліровки поверхні труби / Саф'ян П. П., Тутик В. А., Балакін В. Ф., Тісагдіо І. Ю.; власник Національна металургійна академія України.– № U 2009 11609; заявл. 13.11.2009; опубл. 26.04.2010, Бюл. № 8.

3. Расчет экономической эффективности новой техники. Справочник / Под ред. К. М. Великанова.– Л.: Машиностроение, 1975.– 430 с.