

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ПРИ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ

Восточно-Казахстанский технический университет
им. Д.Серикбаева

Несіпбек А., бакалавр специальности 5В071200
«Машиностроение»

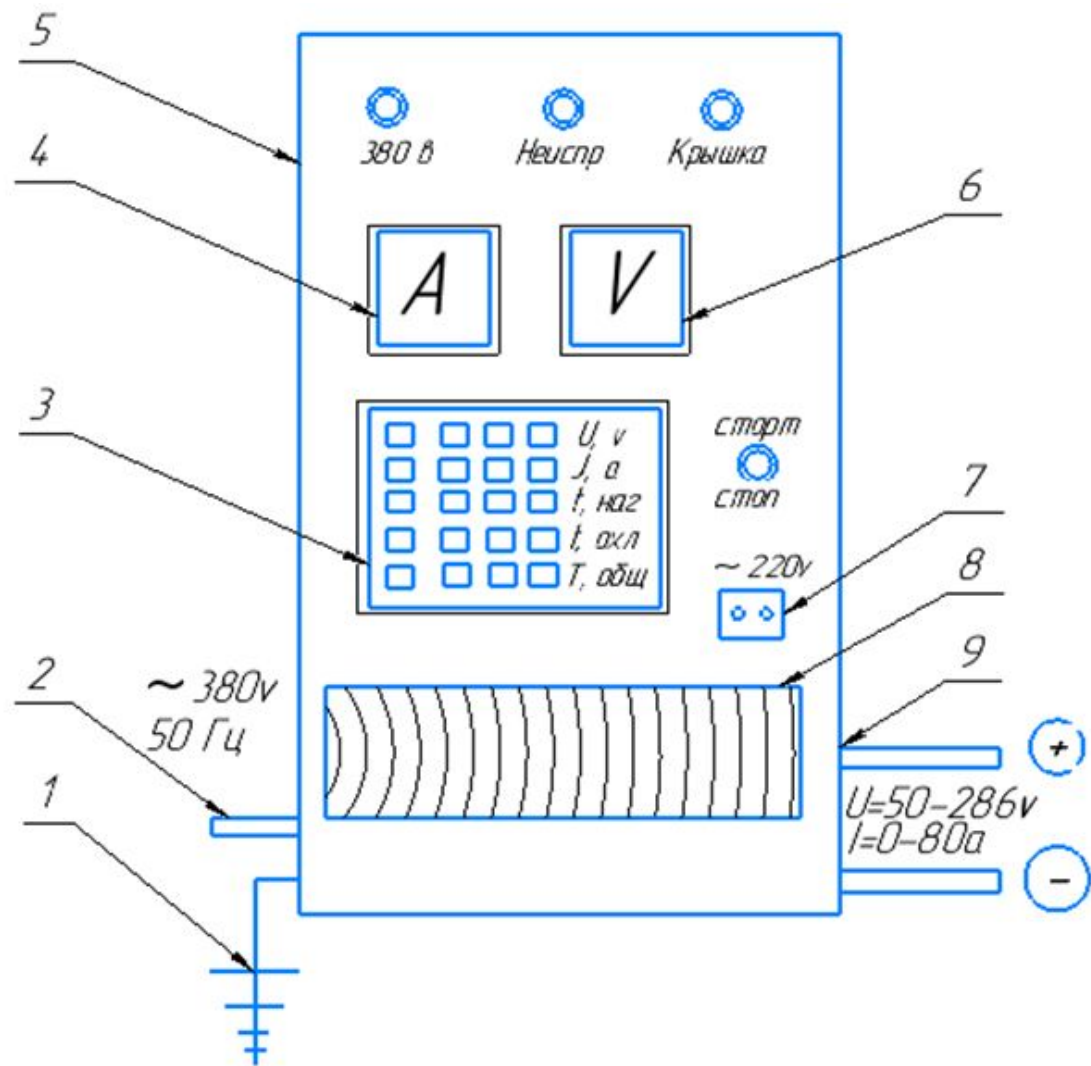
Научные руководитель:
к.т.н., доцент ШМ
«Машиностроение» К.К. Комбаев

г. Усть-Каменогорск, индекс 070004,
тел. 8(707) 969 76 01,
E-mail: kanat110790@mail.ru

Актуальность работы

Исследовано влияние технологических режимов, электрических параметров источника питания (далее ИП) при электролитно-плазменном упрочнении стали на показатели качества. Экспериментально установлено, что рассматриваемые факторы режимов электролитно-плазменной обработки влияют на качество упрочняемой поверхности стали [1]. Катод выполнен из стали 20Х (С 0.17-0.23%; Si 0.17-0.37%; Mn 0.5-0.8%; Cr 0.7-1.0%, ГОСТ 33260-2015) вырезанных из плашки ОКК, размерами 10x10x25 мм. Он погружен в электролит (10% водный раствор Na_2CO_3) на глубину 4...6 мм. Анод изготовлен из нержавеющей стали 12Х18Н10Т ГОСТ 5949-75 [2]. Он имеет форму диска диаметром 50 мм толщиной 2 мм. В диске просверлены отверстия диаметром 4 мм. Плазма возникает между катодом и жидким электролитом, 10% водный раствор кальцинированной соды Na_2CO_3 . Ионы, имеющие отрицательный заряд, отдают избыточные электроны при прохождении через отверстия анода из нержавеющей стали 12Х18Н10Т. Катионы увлекаются гидродинамическим потоком электролита и рекомбинируют на катоде - поверхности образца. Преобразование электрической энергии в тепло идет, в основном, в плазменном слое на нагреваемой поверхности катода.

Программируемый источник питания, рисунок 1, работающий по технологии резонансного импульсного источника питания подключается к промышленной трёхфазной сети 3x380 В, 50 Гц. Вольтметр стрелочный или цифровой 0-300В. Пост местного управления, устанавливаемый стационарно: пост кнопочный с кнопкой пуск/стоп или кнопкой пуск/стоп и потенциометром. Также устанавливается вентилятор с фильтром производительностью 30 куб. м/час, розетка 220В АС для насоса с автоматом 1 полюс 10А для розетки [3]. Выходные параметры ИП: напряжение постоянного тока регулируемое $U=50-286\text{В}$, сила тока регулируемое в пределах $I=0-80\text{А}$. Полупроводниковый выпрямитель ИП, представляет собой трехфазный импульсный источник питания модульной конструкции, оснащённый интерфейсом RS485 с возможностью удалённого мониторинга, плавным регулированием рабочего тока (до 80 А постоянного тока на нагрузке). На лицевой панели модуля имеется светодиодный индикатор для отображения рабочих параметров модуля: силы тока и напряжения.



- 1- Контур заземления;
- 2- Входное питание;
- 3- Панель управления (допускается дистанционное управление)
- 4- Амперметр;
- 5- Корпус ИП;
- 6- Вольтметр;
- 7- Розетка для насоса;
- 8- Радиатор охлаждения;
- 9- Выходные параметры постоянного тока.

Рисунок 1- Общий вид программируемого источника питания.

В источнике предусмотрена защита выхода от перенапряжения. В случае если выходное напряжение превысит порог $320\text{В} \pm 5\%$, модуль автоматически блокируется, на индикаторе высвечивается сообщение о неисправности. Имеется защита от короткого замыкания – в случае, если выходное напряжение упадет до 0, ток будет поддерживаться на уровне 15% от номинального значения. Защита от перегрева. Входное напряжение минимальное $3 \times 323\text{В}$, номинальное $3 \times 380\text{В}$, максимальное $3 \times 437\text{В}$. Выходной диапазон напряжения постоянного тока минимум 50В максимум 286В; сила тока регулируется от 0 до 80 Ампер. Мощность источника питания максимальное $80 \times 286 = 22,88$ кВт. Режим работы настраивается DIP-переключателями [4]. Источники питания плазменной дуги имеет крутопадающую внешнюю вольт-амперную характеристику. Управление источником питания осуществляется кнопками «Пуск» и «Стоп», дистанционно. Источник питания позволяет плавно и достаточно точно регулировать основные энергетические параметры.

Сопловой (анодный) узел через электроизоляционный блок стыкуется с катодным узлом. Отрицательный вывод источника постоянного тока присоединяется к образцу (детали) - катоду, а положительный к соплу анода. Между полюсами загорается электролитная плазма, поддерживающая уровень ионизации. Плазменная струя обжимается еще магнитным полем, создаваемым самим потоком заряженных частиц в плазме. Обжатие плазменной струи ведет к росту ее температуры. Нагретый ионизированный поток газа выносится с высокой скоростью из сопла в виде светлой, светящейся плазменной струи. ИП должен формировать на нагрузке чередующиеся биполярные прямоугольные (близкие к прямоугольным) импульсы напряжения: анодные импульсы, положительной полярности: от 50 до 286 В [5]. Формы напряжения, прикладываемые к нагрузке, приведены на рисунке 2.

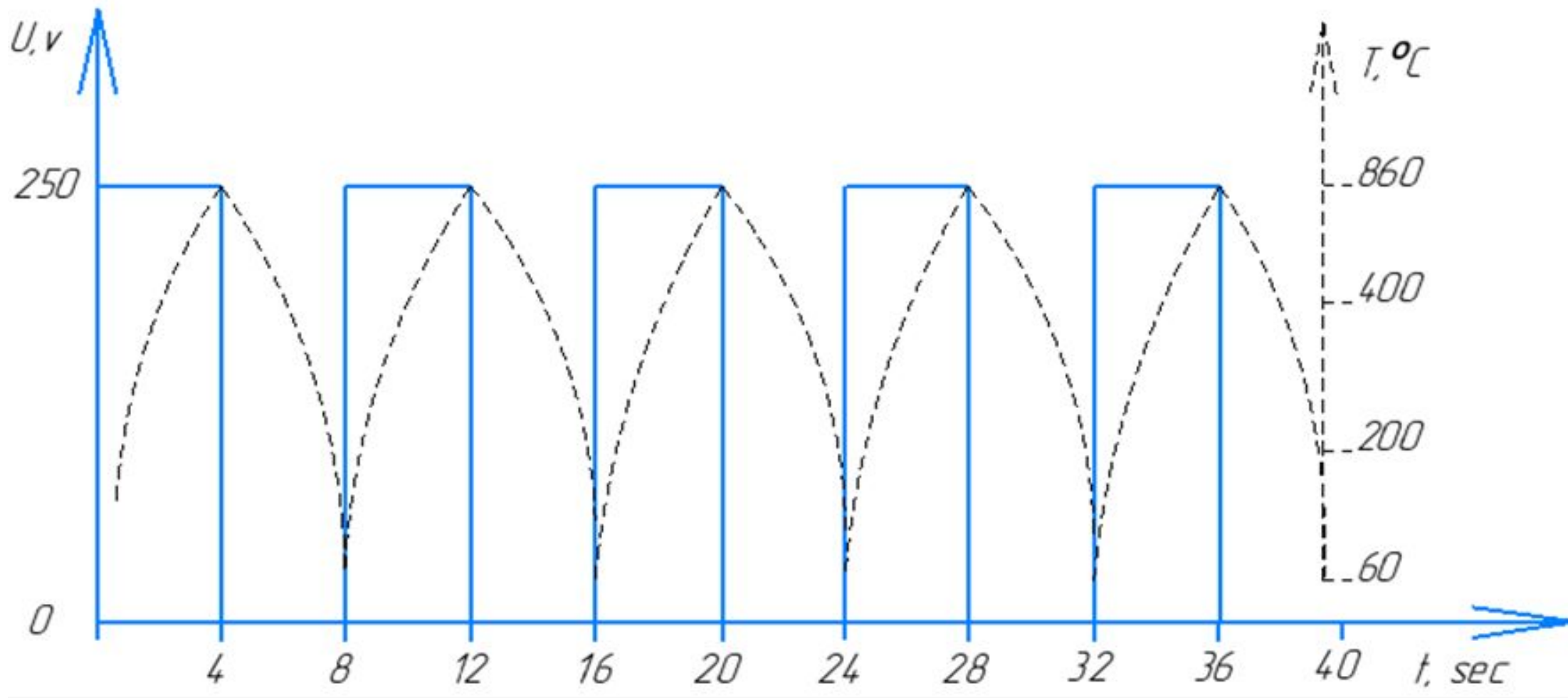


Рисунок 2 – Циклограмма импульсного напряжения источника питания ЭПМ.

ИП обеспечивает длительности импульсов напряжения на нагрузке в диапазоне:

-анодные импульсы: от 0 до 40 с (допускается с шагом в 8, 6, 4 или 2 секунды), при смене полярности

-катодные импульсы: от 0-40 с (допускается с шагом в 8, 6, 4 или 2 секунды).

Между следующими друг за другом анодным и катодным импульсами возможна бестоковая пауза от 0 до 10 с.

При возбуждении ионизированной плазмы (температура плазмы в пределах от 6000 К до 30000 К) на поверхности образца возникает парогазовый слой - результат диссоциации электролита [6]. Парогазовый слой препятствует попаданию электролита на перегретую поверхность. Это приводит к замедлению скорости охлаждения, что исключает образование термических - закалочных трещин. В результате повышается эксплуатационная стойкость стали.

Экспериментально установлены основные факторы, определяющие качество упрочнения стали при ЭПО - время нагрева, время закалки, и напряжение электрического тока. Составлена математическая модель для описания изменения ключевого параметра технологического процесса упрочнения методом ЭПО - температуры нагрева T [7]. Логарифмическая зависимость температуры T от основных факторов выражается следующим уравнением регрессии:

$$(1) \quad \ln(T) = C \cdot a \cdot \ln(t_{\text{наг}}) + D \cdot b \cdot \ln(U) + E \cdot d \cdot \ln(t_{\text{охл}})$$

С помощью логарифмирования в программе Deductor Studio Academic найдены коэффициенты для уравнения (1). Затем уравнение (1) зависимости температуры нагрева от времени нагрева, времени охлаждения и напряжения было преобразовано в степенное (2):

$$(2) \quad T = 4.5 \cdot t_{\text{наг}}^2 + 4.8 \cdot U - 18 \cdot t_{\text{охл}}$$

где T - температура нагрева стали, $t_{\text{наг}}$ – время нагрева, $t_{\text{охл}}$. – время охлаждения в потоке электролита, U – напряжение [8]. Экспериментально определенные оптимальные режимы упрочнения стали методом ЭПО ($t_{\text{наг}} = 4$ сек., $t_{\text{охл}} = 4$ сек., $U = 200$ В) хорошо коррелируются с установленной зависимостью (2).

ВЫВОДЫ:

Таким образом, экспериментально установлено, что управляя режимами ЭПО можно влиять не только на качество упрочнения стали и получать износостойкие упрочненные поверхности, но и существенно повысить производительность технологического процесса ЭПО упрочнения сталей. Указанное обстоятельство свидетельствует об управляемости технологического процесса упрочнения методом ЭПО и возможности практического внедрения разработанной технологии в производство.