

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ
«ДОНБАССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНАЯ
АКАДЕМИЯ»

Романченко Светлана Павловна

УДК 621.789

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ВОЗМОЖНОСТЕЙ НОВОГО ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОГО МЕТОДА
МОДИФИКАЦИИ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Специальность 8.05050201 – Технология машиностроения

Автореферат
Магистерской дипломной работы

Краматорск – 2015

Дипломной работой является рукопись

Работа выполнена в Донбасской государственной машиностроительной академии Министерства образования и науки Украины

Научный руководитель д.т.н, проф.

Ковалевский Сергей Вадимович,

Донбасская государственная машиностроительная академия

Защита состоится 24 декабря в Донбасской государственной машиностроительной академии по адресу г. Краматорск, ул. Шкадинова 72, 84313

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Повышение качества деталей машин является одной из основных проблем в машиностроении. Решение данной проблемы и его реализация на производстве позволят вывести современное машиностроение на новый уровень и внести весомый вклад в научно-технический прогресс.

Важную роль в формировании качества машиностроительной продукции и условий ее дальнейшей успешной эксплуатации играет наличие и величина остаточных напряжений, возникающих после механической обработки деталей машин. Появление остаточных напряжений связано с условиями изготовления деталей, поэтому технологические процессы изготовления деталей должны проектироваться так, чтобы возникающие в поверхностных слоях остаточные напряжения гарантировали надежность работы деталей в заданных условиях эксплуатации.

Цель работы: экспериментально исследовать новый энергосберегающий метод воздействия на остаточные напряжения рабочих поверхностей деталей машин с целью их снижения. Согласно поставленной цели определены следующие **задачи**:

- предложить и экспериментально исследовать новый энергосберегающий метод воздействия на остаточные напряжения рабочих поверхностей деталей машин с целью их снижения;
- разработать методику экспериментальных исследований;
- выполнить экспериментальные исследования и обработать их результаты с применением нейросетевого моделирования;
- разработать технологические рекомендации по применению нового метода.

Объектом исследования являются рабочие поверхности деталей машин.

Предметом исследования: остаточные напряжения в рабочих поверхностях деталей машин.

Методы исследования – экспериментальные, нейросетевое моделирование. Экспериментальные исследования выполнены в лабораторных условиях с использованием генератора тока высокой частоты, блока питания и электрода для создания высоковольтного электрического разряда на поверхности образца. Исследовался способ стабилизации остаточных напряжений в детали. Результаты проведенных экспериментов замерялись с помощью программного пакета MultiInstrumentPro 3.3.

Обработка экспериментальных данных осуществлялась с помощью метода нейросетевого моделирования, программного пакета NeroPro 0,25 и табличных процессов.

Научная новизна работы: впервые обнаружено воздействие высоковольтного электрического разряда на токопроводящую поверхность изделия с целью снижения остаточных напряжений в деталях машин. Разработана методика экспериментальных исследований влияния высоковольтного электрического разряда на величину остаточные напряжения.

Практическая ценность работы:

- разработан способ стабилизации и уменьшения влияния остаточных напряжений на напряженное состояние рабочих поверхностей деталей машин с заявленным приоритетом.
- разработаны технологические рекомендации по применению нового метода.

Апробация результатов работы: основное содержание и идея работы представлены на Всеукраинском конкурсе студенческих научных работ в области «Машиноведение» (г. Одесса, ОНПУ, 2015 г.), Всеукраинской научной конференции «Нейросетевые технологии и их применение» (г. Краматорск, ДГМА, 10 декабря 2014 г.), Студенческой научно-технической конференции «Молодая наука» (г. Краматорск, ДГМА, 10 апреля 2015г.); Всеукраинской

научной конференции «Нейросетевые технологии и их применение» (г. Краматорск, ДГМА, 10 декабря 2015 г.).

Публикации. Основная идея и результаты исследований опубликованы в пяти сборниках научных трудов, в трех сборниках тезисов научных конференций.

Личный вклад автора заключается в проведении научных исследований, анализе полученных данных, обработке полученных результатов.

Также по результатам работы составлены заявки на патенты: «Спосіб місцевого зміцнення сталевих деталей» (Ковалевський С.В., Романченко С.П.), «Спосіб стабілізації залишкових напружень у сталевих деталях» (Ковалевський С.В., Романченко С.П.).

Структураи объем работы. Магистерская дипломная работа содержит введение, семь разделов и приложения. Содержание разделов магистерской работы изложено на 120 страницах, из них 25 рисунок, 16 таблиц, 5 приложений, 83 использованный литературный источник.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первом разделе: «Анализ литературных источников» – проведен анализ литературных источников. Определены основные методы измерения, стабилизации и снижения величины остаточных напряжений в металлических конструкциях, направленные на повышение эксплуатационных характеристик деталей машин.

Используемые сегодня методы стабилизации остаточных напряжений являются, прежде всего, энергоемкими и трудоемкими, а также иногда неэкологичными процессами. Поэтому существует необходимость в дальнейшем поиске ресурсосберегающих методов стабилизации остаточных напряжений. Наряду с другими методами перспективным является применения высоковольтного разряда в технологических целях.

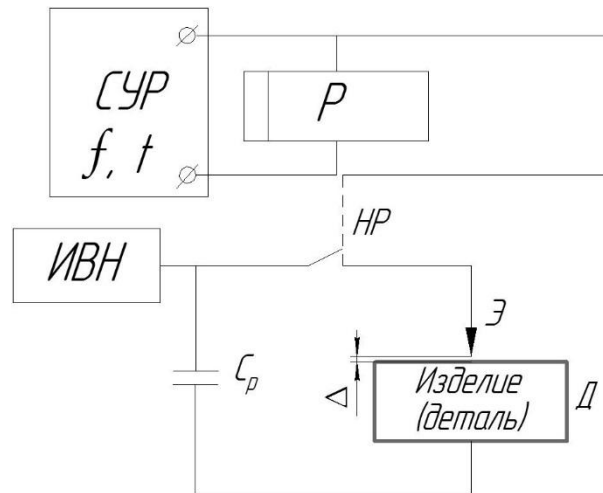
Во втором разделе: «Методика исследований» – разработана методика исследований, для достижения цели исследования создана экспериментальная установка.

Обзор литературы, изложенный в первой главе работы, указывает на необходимость дальнейшего совершенствования технологических процессов на основе снижения факторов технологической наследственности, основным из которых является остаточные напряжения. Сформулирована гипотеза о том, что стабилизация остаточных напряжений в изделии, из металлических материалов, происходит путем воздействия на токопроводящую поверхность изделия мощными, периодическими разрядами высокого напряжения, в результате чего зерна материала (сплава) периодически переориентируются, происходит периодическая переориентация зерен материала, уплотнение внутренней структуры при сохранении его объема.

Для подтверждения основной гипотезы работы о влиянии высоковольтного электрического разряда на стабилизацию остаточных напряжений в деталях машин, была разработана методика экспериментальных исследований.

Для создания регулируемых, нормируемых внутренних напряжений и контроля остаточных напряжений в результате воздействия высоковольтными разрядами использована принудительная деформация образцов на определенную величину, контролируруемую по стреле прогиба.

Способ стабилизации остаточных напряжений происходит следующим образом: на необработанную, или грубо обработанный участок детали D с высоковольтным электродом E на расстоянии $\Delta = 3..5$ мм от поверхности, с помощью разрядника в виде источника высокого напряжения ДВН в пределах 25 кВ, замыкая цепь с помощью нормально - разомкнутого контакта НР, подается высокое напряжение с частотой f и скважностью t соответствующей частоте собственных колебаний изделия (рис.1).



ИВН – источник высокого напряжения; СУР – Схема управления реле;
 f – частота высоковольтного разряда; t – скважность; Р – реле; НР – контакт
 нормально-разомкнутый; Δ –разрядный промежуток

Рисунок 1 – Электрическая схема высоковольтной цепи

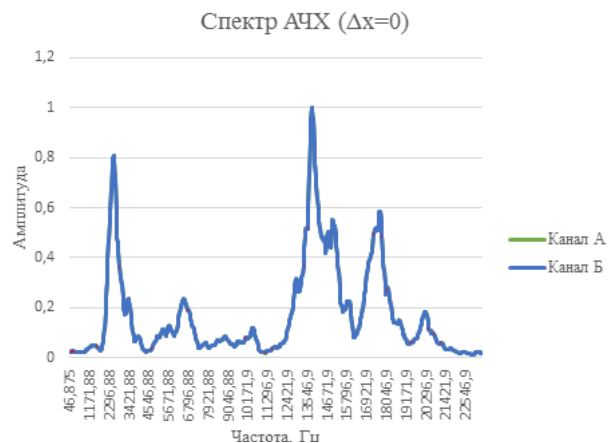
Для эксперимента было изготовлено 6 экспериментальных образцов с габаритными размерами 30x100x2 мм из 4 марок стали (1,2 – Сталь 09Г2С; 3,6 – Сталь 45; 4 – Сталь 65Г; 5 –Ст3).

Измерение осуществляется с помощью программы MultiInstrumentPro 3.3, установленной на ЭВМ, сигнал в виде «Белого шума» подаётся на возбуждающий пьезоизлучатель, который воспринимая сигнал преобразует его в механические колебания, которые через экспериментальный образец воспринимаются пьезодатчиком, установленном на противоположной стороне образца. С помощью программного пакета MultiInstrumentPro 3.3 для каждого образца до и после высоковольтной обработки фиксируются амплитудно-частотных характеристик этого сигнала.

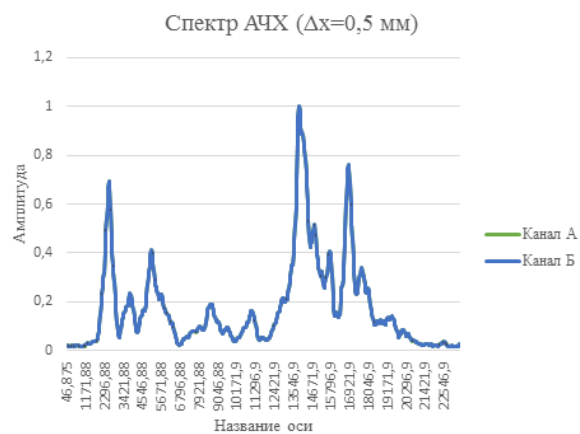
Для всех материалов составлены номограммы деформации – напряжения для каждого из имеющихся образцов и определены области упругой и пластической деформации.

В третьем разделе: «Анализ результатов экспериментальных исследований» – проведена обработка результатов экспериментальных исследований воздействия высоковольтного электрического разряда на величину остаточных напряжений рабочих поверхностей деталей машин с применением нейросетевого моделирования, разработаны технологические рекомендации по применению нового метода.

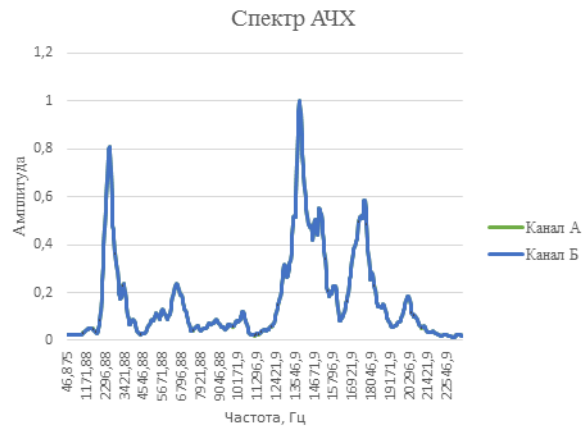
После проведения эксперимента были получены спектры амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) до нагружения экспериментальных образцов, с нормированной нагрузкой (0,5 мм, 1,0 мм, 1,5 мм) и с нормированной нагрузкой после воздействия высоковольтного электрического разряда (5 кВ, 25 кВ) в течении заданного промежутка времени (1, 2, 3 мин.) для всех экспериментальных образцов, пример спектров АЧХ представлен на рис. 2.



а)



б)



в)

Рисунок 2 – Спектр АЧХ экспериментального образца №1 из материала сталь 09Г2С: а) $\Delta x=0$ мм; б) $\Delta x=0,5$ мм; в) $\Delta x=0,5$ мм, $U=5$ кВ, $t=1$ мин

Оцифровав сигнал АЧХ преобразованный путем разбивки диапазона интервалы, внутри каждого из которых найдены средние значения амплитуд, входящих в этот диапазон и представлен вектором X (x_1, x_2, \dots, x_{25}) были составлены таблицы исходных данных.

Использование метода нейросетевого моделирования позволило создать достаточно информативную модель и применять ее для исследования характера изменения остаточных напряжений. На основе использованной таблицы исходных данных – кортежей (то есть результатов эксперимента с известными входными воздействиями на образцы и выходными показателями напряженного состояния образцов) и программного пакета NeuroPro0,25 обучена нейронная сеть, которая содержит информацию об ассоциативных связях между известными векторами входов и выходов технической системы и представляет собой модель исследуемого процесса, с помощью которой проведены дальнейшие исследования.

В результате построения эталонных нейросетевых моделей для каждого образца, но без обработки высоковольтным разрядом, были определены Δx измеренные, подавая на входы АЧХ образцов при нормированных $\Delta x=0,5$ мм, 1,0 мм, 1,5 мм, посчитаны коэффициенты изменения стрелы прогиба k_n , а также

найденны зависимости значения стрелы нормируемого прогиба экспериментальных образцов из четырех марок материала («Сталь 09Г2С», «Сталь 45», «Сталь 65Г», «Сталь 3» соответствующего различному напряженному состоянию от длительности воздействия разрядами высокого напряжения (5 кВ, 25 кВ) которые представлены на рис. 3 – 8.

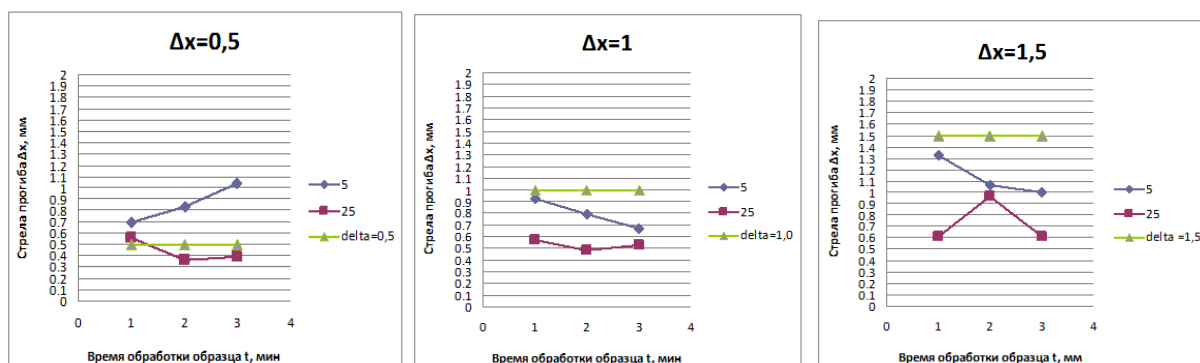


Рисунок 3 –Значения стрелы прогиба экспериментального образца №1(Δx) из материала «Сталь 09Г2С» в зависимости от длительности воздействия разрядами высокого напряжения при различном напряжении генератора тока высокой частоты: а) $\Delta x=0,5$ мм; б) $\Delta x=1$ мм; в) $\Delta x=1,5$ мм

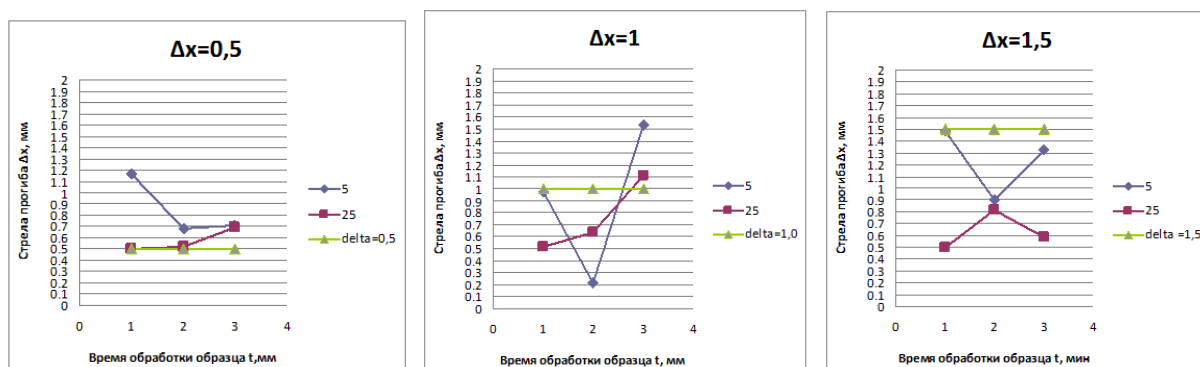


Рисунок 4 –Значения стрелы прогиба экспериментального образца №2 (Δx) из материала «Сталь 09Г2С» в зависимости от длительности воздействия разрядами высокого напряжения при различном напряжении генератора тока высокой частоты: а) $\Delta x=0,5$ мм; б) $\Delta x=1$ мм; в) $\Delta x=1,5$ мм

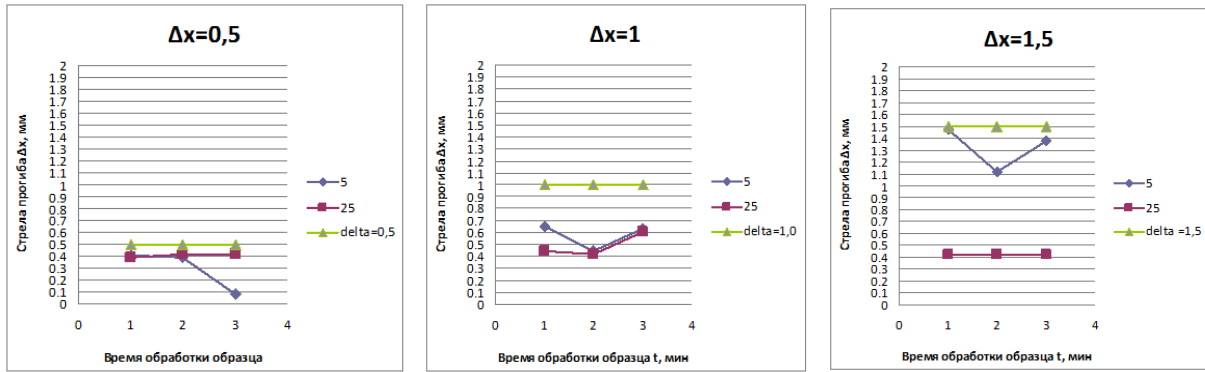


Рисунок 5 –Значения стрелы прогиба экспериментального образца №3 (Δx) из материала «Сталь 45» в зависимости от длительности воздействия разрядами высокого напряжения при различном напряжении генератора тока высокой частоты: а) $\Delta x = 0,5$ мм; б) $\Delta x = 1$ мм; в) $\Delta x = 1,5$ мм

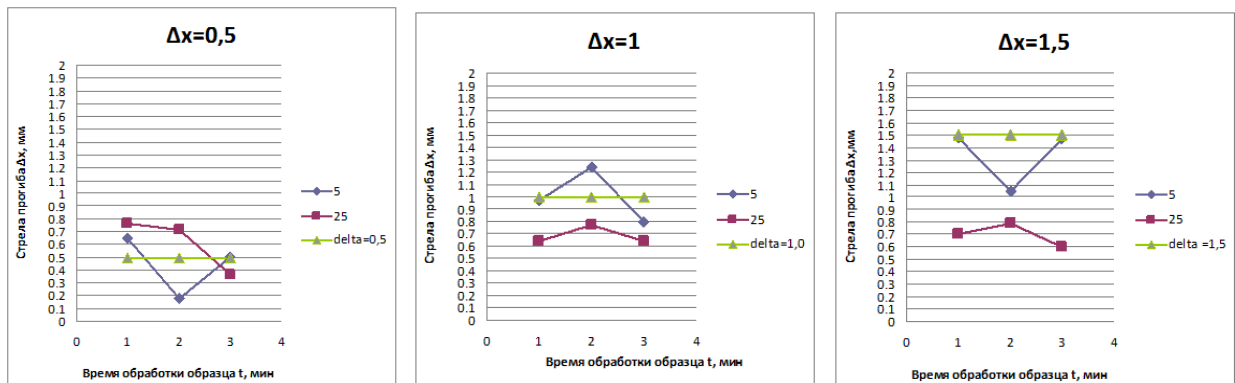


Рисунок 6 –Значения стрелы прогиба экспериментального образца №4 (Δx) из материала «Сталь 65Г» в зависимости от длительности воздействия разрядами высокого напряжения при различном напряжении генератора тока высокой частоты: а) $\Delta x = 0,5$ мм; б) $\Delta x = 1$ мм; в) $\Delta x = 1,5$ мм

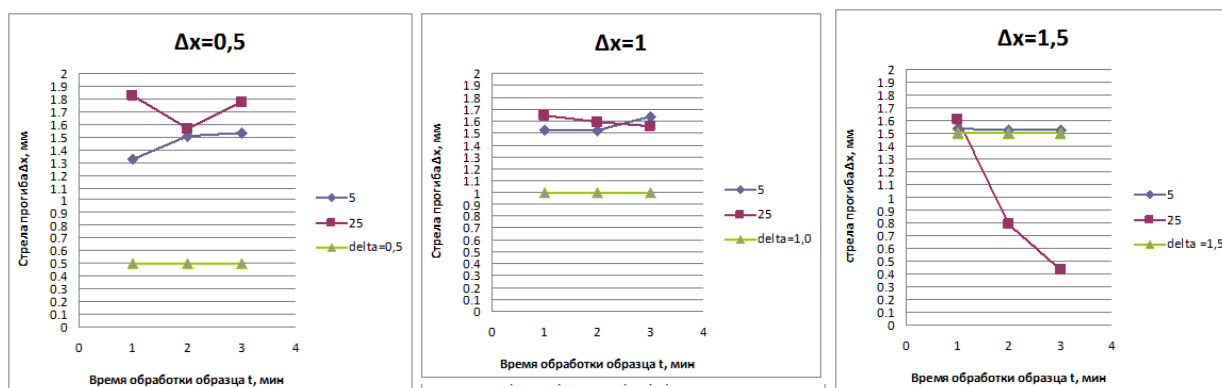


Рисунок 7 –Значения стрелы прогиба экспериментального образца №5 (Δx) из материала «Сталь 3» в зависимости от длительности воздействия разрядами высокого напряжения при различном напряжении генератора тока высокой частоты: а) $\Delta x=0,5$ мм; б) $\Delta x=1$ мм; в) $\Delta x=1,5$ мм

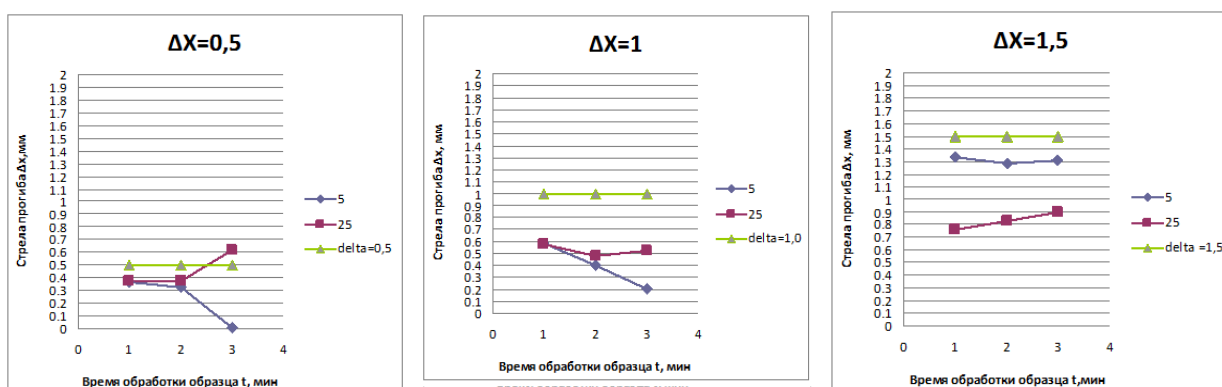


Рисунок 8 –Значения стрелы прогиба экспериментального образца №6 (Δx) из материала «Сталь 45» в зависимости от длительности воздействия разрядами высокого напряжения при различном напряжении генератора тока высокой частоты: а) $\Delta x=0,5$ мм; б) $\Delta x=1$ мм; в) $\Delta x=1,5$ мм

Установлено что воздействие на образцы из токопроводящих материалов высоковольтным разрядом позволяет изменять напряженное состояние образцов. Степень изменения величины исходных остаточных напряжений различно для каждого материала, и зависит от его физико-механических

свойств. Так, для низкоуглеродистых сталей эффект воздействия высоковольтного электрического разряда на токопроводящую поверхность заготовки проявляется слабее чем для высокоуглеродистых сталей, тем самым требует более длительного воздействия и разряда с большим напряжением. У легированных сталей эффект проявляется в большей мере чем у низкоуглеродистых сталей, но слабее чем у высокоуглеродистых.

В четвертом разделе: «Методические указания к выполнению лабораторной работы» – разработаны методические указания к выполнению работы «Стабилизация остаточных напряжений с помощью высоковольтного электрического разряда».

Цель работы: исследовать особенности формирования напряжений в деталях машин и способы уменьшения их влияния.

В пятом разделе: «Охрана труда и безопасность в чрезвычайных ситуациях» – проанализированы опасные и вредные производственные факторы при работе пользователя ПЭВМ, разработаны мероприятия по обеспечению безопасных и комфортных условий труда. Предложенные мероприятия позволили повысить производительность труда на 10,1%.

Разработаны мероприятия, направленные на повышение устойчивости проектируемого объекта на случай взрыва жидкого пропана.

В шестом разделе: «Экономический анализ исследований» – определены и рассчитаны экономические показатели. Одним из перспективных направлений в экономии материальных и энергетических ресурсов является создание менее энергоемких технологических процессов за счет прогрессивных и перспективных технологий. За счет внедрения нового способа снижения остаточных напряжений, основанного на применении высоковольтного разряда, достигнуто:

- снижения трудоемкости;
- экономия по переменной части накладных расходов (вследствие учета процента общепроизводственных расходов);

- экономия затрат на электроэнергию (снижения остаточных напряжений, на основе применения высоковольтного разряда менее трудоемкий).

Экономический эффект составил 14587,538 грн.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате проведенных исследований решено важное научно-техническое задание – разработка нового энергосберегающего метода воздействия на остаточные напряжения рабочих поверхностей деталей машин, который позволяет осуществлять снижение величины остаточных напряжений, с необходимой производительностью и экономией материальных ресурсов.

Нейросетевое моделирование процесса воздействия высоковольтного электрического разряда на стабилизацию остаточных напряжений позволяет определить влияние высоковольтного электрического разряда на величину внутренних (остаточных) напряжений.

Предложенный в работе способ стабилизации остаточных напряжений, по результатам исследования имеет положительный эффект и может быть использован для уменьшения остаточных напряжений в реальном производстве.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИПЛОМА

Всего по теме опубликовано 8 работ.

1. Ковалевский С.В. Місцеве зміцнення робочих поверхонь з використанням подвійних джерел енергії. / С.В. Ковалевский, С.П. Романченко // «Студенческий Вестник Донбасской государственной машиностроительной академии» сборник научных трудов Донбасской государственной машиностроительной академии - Краматорск: ДГМА, 2015. – С.34.

2. Ковалевский С.В. Нейросетевое моделирование воздействия высоковольтного электрического разряда на напряженное состояние деталей машин. / С.В. Ковалевский, С.П. Романченко // «Научный Вестник Донбасской государственной машиностроительной академии» сборник научных трудов Донбасской государственной машиностроительной академии - Краматорск: ДГМА, 2015. – С.55.

3. Романченко С.П. Нейросетевое моделирование для оптимизации технологического лазерного упрочнения. / С.П. Романченко // «Нейросетевые технологии и их применение НСТиП-2014» сборник научных трудов - Краматорск: ДГМА, 2014. – С.77.

4. Романченко С.П. Спосіб місцевого зміцнення сталевих деталей. / С.П. Романченко // «Молодая наука XXI века» сборник научных трудов всеукраинской научно-технологической конференции студентов и молодых ученых с международным участием - Краматорск: ДГМА, 2015. – С.95.

5. Ковалевский С.В. Нейросетевое моделирование процесса воздействия высоковольтного разряда на напряженное состояние деталей машин. / С.В. Ковалевский, С.П. Романченко // «Нейросетевые технологии и их применение НСТиП-2015» сборник научных трудов - Краматорск: ДГМА, 2015. – С.9.

6. Романченко С.П. Місцеве зміцнення робочих поверхонь з використанням подвійних джерел енергії. / С.П. Романченко // «Новейшие технологии в научной деятельности и учебном процессе» сборник тезисов Всеукраинской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых - Чернигов: ЧНТУ, 2015. – С.61.

7. Романченко С.П. Місцеве зміцнення робочих поверхонь з використанням подвійних джерел енергії. / С.П. Романченко // «Молодежь в технических науках: исследования, проблемы, перспективы» сборник тезисов Международной научно-практической Интернет-конференции - Винница: ВНПУ, 2015. – С.57.

8. Ковалевский С.В. Місцеве зміцнення робочих поверхонь з використанням подвійних джерел енергії. / С.В. Ковалевский, С.П. Романченко, В.И. Тулупов // «Konstrukcja, technologia, eksploatacjaIekologiawmechanice» MiędzynarodowaKonferencjastudentów - ZielonaGóra: UniwersytetZielonogórski, 2015. – С.52.