моделью турбулентности для данного исследования является модель турбулентности напряжения Рейнольдса.

Вычислено, что абсолютный КПД установки, работающей при входной скорости 19,7 м/с при разделении тестовой пыли, составляет 95,0%. Произведена оценка погрешности для измерения эффективности сбора циклона 150 мм в диапазоне скоростей 10,3-21,4 м/с. Погрешность измерения эффективности сбора составила:

- 10,3-11,0 м/с - $U_e = 5,98\%$;
- 15,1-15,5 м/с - $U_e = 6,1\%$;
- 19,7-21,4 м/с - $U_e = 12,5\%$.

Произведена оценка погрешности измерения скорости. Погрешность измерения скорости составила:

- 10,3-11,0 м/с - $U_v = 10,4\%$;
- 15,1-15,5 м/с - $U_v = 3,99\%$;
- 19,7-21,4 м/с - $U_v = 12,0\%$.

1. Slack, M. and Harwood, R. (November 2000). Cyclone Modeling at Blue Circle Industries Plc. Sheffield, UK: Fluent Europe Ltd.
2. Slack, M. D., Prasad, R. O., Bakker, A., Boysan, F. (2000). Advances in Cyclone Modeling Using Unstructured Grids, Chemical Engineering Research and Design, 78(8), 1098-1104.
3. Roy, C. J. (April 2003). Grid Convergence Error Analysis for Mixed-Order Numerical Schemes, AIAA Journal, 41(4), 595-604.

Чунаков С.Г., Псюкало С.П., Соловьева Д.А.

Восстановление поверхностей посадок узлов трения нанесением покрытий

*Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской
государственный аграрный университет»
(Россия, Зерноград)*

doi: 10.18411/lj-06-2021-143

Аннотация

Проведен анализ методов восстановления поверхностей узлов трения, повышающих их долговечность, путём нанесения на изнашиваемую поверхность полимерных материалов и применения электроискровой обработки металлов.

Ключевые слова: восстановление, полимерный материал, электроискровое наращивание металла, посадочное место узлов трения.

Abstract

The analysis of methods for restoring the surfaces of friction units that increase their durability by applying polymer materials to the wear surface and using electric spark metal processing is carried out.

Keywords: recovery, polymer material, electric spark metal buildup, seat of friction nodes.

Применение полимерных материалов при восстановлении неподвижных соединений узлов трения значительно упрощает технологический процесс, позволяет снизить трудоемкость и себестоимость ремонта с/х машин. С этой целью применяют эпоксидные композиции, эластомеры и анаэробные герметики.

Исследованиями ученых МГАУ, ГОСНИТИ, НАТИ, ВНИИТУВИД «РЕМДЕТАЛЬ» установлено, что применение современных полимерных материалов

предотвращает возникновение фреттинг-коррозии, значительно повышает долговечность восстановленных неподвижных соединений и подшипников качения.

Химическая промышленность постоянно выпускает новые полимерные материалы, отличающиеся улучшенными потребительскими свойствами. Это создает предпосылки для разработки прогрессивных ресурсосберегающих технологических процессов восстановления, обеспечивающих дальнейшее повышение долговечности подшипниковых узлов машин и различного технологического оборудования.

Посадочные места подшипников качения восстанавливают при помощи полимерных материалов двумя способами: нанесением полимерного покрытия на посадочное место подшипника и склеиванием одного из колец подшипника с посадочной поверхностью сопрягаемой детали.

При восстановлении посадочных мест подшипников качения наибольшее распространение получили эластомеры, анаэробные герметики (рисунок 1) и композиционные материалы на их основе.

Рисунок 1 - Анаэробные герметики АН-6К, АН-6В и акриловый адгезив АН-105

Весьма перспективным для восстановления неподвижных соединений подшипников является применение акриловых и цианакрилатных адгезивов, композиционных материалов на их основе.

Профессорами Лезиным П. Я. и Котиным А. В. (МГУ им. Огарева) разработан технологический процесс восстановления изношенных посадочных отверстий в корпусных деталях полимерной композицией на основе анаэробного герметика АН-6В. Для придания необходимых тиксотропных свойств в состав композиции включен тальк, а для сокращения времени отверждения – бронзовый порошок.

Состав полимерной композиции: герметик Анатерм-6В – 100 м.ч., тальк – 20 м.ч., бронзовая пудра – 2 м.ч.

В ремонтном производстве также достаточно широкое распространение получило электроискровое (электроэрозионное) наращивание [1] и легирование изношенных поверхностей, как восстановление посадочных мест узлов трения.

Если деталь включена в схему в качестве катода, а обрабатывающий инструмент в качестве анода и процесс протекает в газовой среде с вибрацией электрода, то на детали происходит отложение материала анода.

При сближении электродов напряженность электрического поля увеличивается и при достижении определенного значения вызывает электрический разряд между

ними. Через образовавшийся канал сквозной проводимости пучок электронов форсированно ударяется о твердую металлическую поверхность анода. И в этот момент от анода отделяется капля расплавленного металла, которая устремляется по направлению к катоду под действием разности потенциалов между электродами и электромагнитных сил канала сквозной проводимости.

В момент последующего разрыва цепи тока исчезают сжимающие усилия электромагнитного поля и частицы расплавленного металла летят широким фронтом, прилипая и частично внедряясь в поверхность катода. Через мгновение система вновь успевает накопить энергию и в момент замыкания электродов, сквозь раскаленные частицы, лежащие на поверхности катода, проходит следующий импульс тока, сопровождающийся механическим ударом движущейся массы электрода – анода. Этот импульс тока сваривает частицы между собой и прогревает тонкий слой поверхности катода.

При этом происходит диффузия легирующих элементов в толщину катода, а также протекают химические реакции между этими частицами и материалом катода. После этого анод начинает движение вверх и на катоде остаётся слой металла, прочно соединившийся с поверхностью изделия. Так повторяется множество циклов, в течение которых происходят: электрический разряд, короткое замыкание и холостой ход.

Во время электроискрового разряда на деталь через контакт проходит мощный импульс тока (до $10^5 - 10^6$ А/мм²), а температура искрового разряда достигает порядка 10...15 тыс. градусов. Присутствие в зоне высоких температур азота воздуха и различных веществ, входящих в состав электрода-инструмента (например: титана, кобальта, углерода и так далее), вызывает на поверхности и в подповерхностном слоях (до 0,8 мм) металла образование соответствующих легирующих соединений. Таким образом, при осуществлении электроискрового процесса возможно вводить в поверхность обрабатываемого изделия химические элементы, входящие в состав электрода и окружающей среды.

Специфической особенностью способа нанесения покрытий является то, что имеется предел толщины покрытий для каждого из режимов обработки. Характер зависимости толщины слоя от времени покрытия представлен на рисунке 1, где представлен привес катода γ за время обработки в минутах. Из графика видно, что излишнее время обработки на грубых режимах приводит не к нанесению нового слоя, а к разрушению исходной поверхности.

Рисунок 1 – Зависимость толщины наносимого слоя от времени обработки

Основным преимуществом электроискрового способа восстановления металлических поверхностей, по сравнению с существующими способами нанесения, является следующее:

- нанесенный слой имеет высокую микротвердость, прочную связь с основным металлом, большую износостойкость.
- простая конструкция установки (рисунок 2) и малая потребляемая мощность (0,3...1,2 кВт).

1 – корпус; 2 – вибратор; 3 – контактная пластина (держатель);
4, 5 – ручки для транспортировки и перемещения установки на рабочем месте; 6 – вид питающего тока; 7 – вольтметр; 8 – предохранитель;
9 – сигнальная лампа; 10 – тумблер для включения установки в сеть;
11 – ручка переключения режимов; 12 – табличка с указанием режимов;
13 – клеммы для подключения токопроводов к вибратору и обрабатываемой детали; 14 и 15 – клеммы для подключения вибратора; 16 – амперметр; 17 – тумблер для включения вибратора
Рисунок 2 – Общий вид установки ЭФИ-ЭЛЕКТРОМ-10М

Толщина нанесенного слоя при электроискровом наращивании составляет от 0,05 мм (мягкий режим) до 0,35 мм (грубый режим).

На поверхности, подлежащей восстановлению, определяется площадь восстановления, затем по формуле время электроискрового упрочнения:

$$T = F \cdot \tau, \quad (1)$$

где T – время упрочнения, с.;

F – площадь упрочнения, мм²;

τ – удельная длительность упрочнения, с/мм².

При упрочнении деталей машин – $\tau = 0,3 \dots 1,0$ с/мм².*

* Минимальные значения τ для мягких режимов, максимальные значения – для грубых.

1. Технология ремонта машин. Часть 2: Технология восстановления типовых деталей машин: лабораторный практикум / С.Л. Никитченко, Н.В. Валуев, С.П. Псюкало, В.А. Полуян, А.Г. Сергиенко, Е.В. Усова, В.А. Луханин; под общ. ред. С.Л. Никитченко. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2017. – 115 с.