УДК 621.793

В.Н.Корж, проф., д-р. техн. наук
Национальный технический университет Украины «КПИ», г.Киев
Л.А.Лопата, доц., канд., техн., наук
Институт воздушного транспорта национального авиационного университета, г.Киев
В. Я. Николайчук, ст. преп., Ю.Л.Хомяковский, ст. преп.
Винницкий национальный аграрный университет
А.В.Татаров, доц., канд. техн. наук
Кировоградский национальный технический університет

Предпосылки управления качеством формируемого покрытия и соединения его с деталью при электроконтактном припекании

В статье предложены методические предпосылки, позволяющие организовывать процесс управления качеством получаемого покрытия и структурой зоны соединения его с деталью, а также структурой самого покрытия и, следовательно, качеством восстановленной или упрочненной детали, заключающиеся в получении необходимой структуры в зоне их соединения с помощью контроля величины деформации, шероховатости поверхности детали, скорости охлаждения, применения защитной среды, промежуточных слоев и т.п.
управление качеством, покрытие, соединение, деталь, электроконтактное припекание

Введение. Повышение качества и надежности восстановленных деталей работающих в условиях знакопеременных циклических или ударных нагрузок, различного вида изнашивания (например, абразивного, адгезионного, коррозионного и т.п.) всегда было актуальной задачей. Одним из перспективных путей решения такой задачи является создание на рабочей поверхности детали слоя с повышенной твердостью, коррозионной и износостойкостью в совокупности с достижением (сохранением) высокой пластичности и вязкости зоны соединения покрытия с основным металлом.

Одним из эффективных способов восстановления деталей является электроконтактное припекание (ЭКП), которое позволяет наносить на изношенные поверхности деталей покрытия из компактных (металлическая лента или проволока) и порошковых материалов, а также их композиций.

Результаты исследований. Выбранный подход к объяснению механизма образования соединения при ЭКП (с позиций современных представлений о формировании соединения в твердой фазе) позволил обосновать и предложить методические предпосылки управления качеством получаемого покрытия и соединения его с деталью. Эти предпосылки заключаются в получении необходимой структуры в зоне их соединения с помощью контроля величины деформации, шероховатости поверхности детали, скорости охлаждения, применения защитной среды, промежуточных слоев и т.п.

Оценку качества соединения покрытия с деталью, самого покрытия и восстановленной детали осуществляли с помощью стандартных или специально разработанных методик: прочностных испытаний на срез, на сопротивление ударному срезу, на ударную вязкость; микротвердости и износостойкости; определения остаточных напряжений в покрытии; микрорентгеноспектрального анализа, металлографических, усталостных и коррозионных испытаний. Разработана методики расчета и специальная программа CWTemp для компьютерного моделирования теплового состояния изделия с покрытием при электроконтактном припекании.

© В.Н.Корж , Л.А.Лопата, В. Я. Николайчук, Ю.Л.Хомяковский, А.В.Татаров, 2010

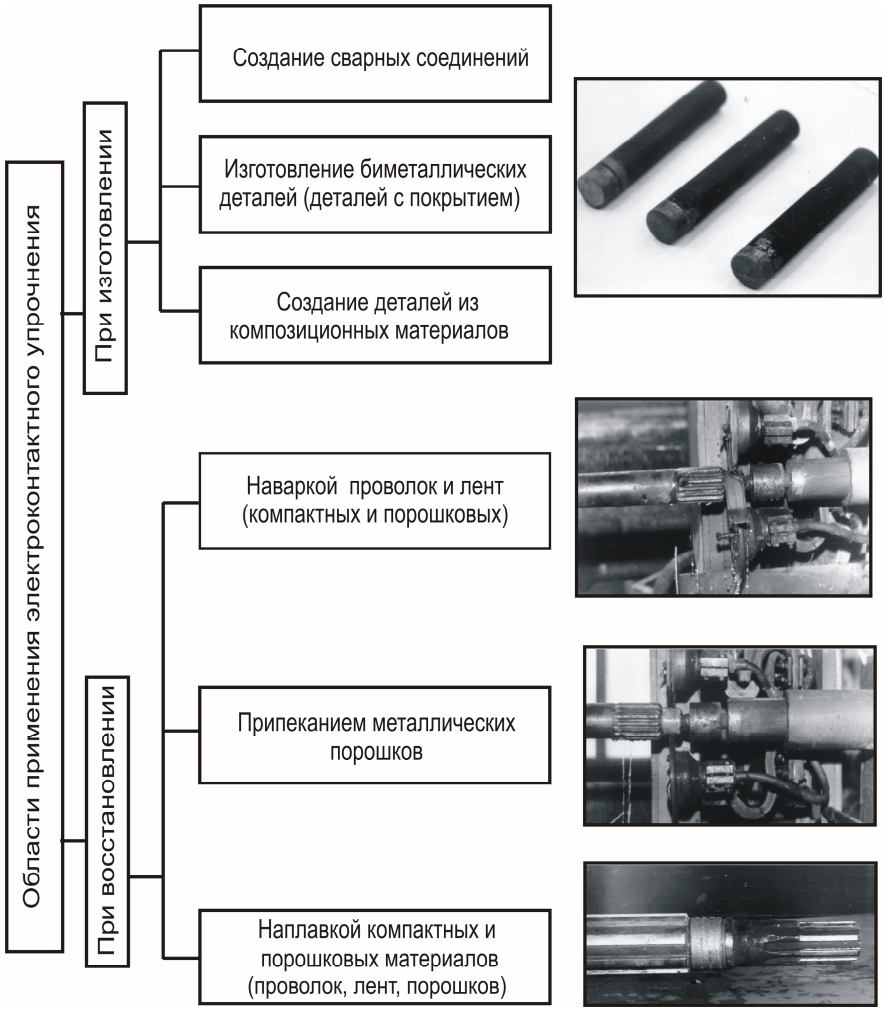


Рисунок 1 – Области использования электроконтактного упрочнения (наплавки, припекания)

Разработанные программа позволяет рассчитывать и прогнозировать распределение температуры (рис.2,а,б,в) при восстановлении и упрочнении деталей ЭКП.

При этом расчет распределение температуры в радиальном сечении детали проводили методом конечных разниц [1,4-5] в соответствии с уравнением

$$\gamma_i C_i \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{\gamma}\frac{\partial}{\partial \gamma}\left(\gamma \lambda_i \frac{\partial T}{\partial \gamma}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\lambda_i \frac{\partial T}{\partial z}\right) + W_{\text{int}}, \ (i=1,2) \qquad (1)$$

где $T(r,z,t)$ - пространственно-временное распределение температуры в данной системе $\gamma_i(T)$ $C_i(T)$;

$\lambda_i(T)$ - плотность, теплоемкость и коэффициент теплопроводности материала детали и покрытия;

$W_{\text{int}} = W_{\text{int}}(r,z,t)$ - объемная интенсивность введения тепла от внутреннего источника. Индексы i = 1 принадлежат материалу детали, а i= 2 материалу покрытия.

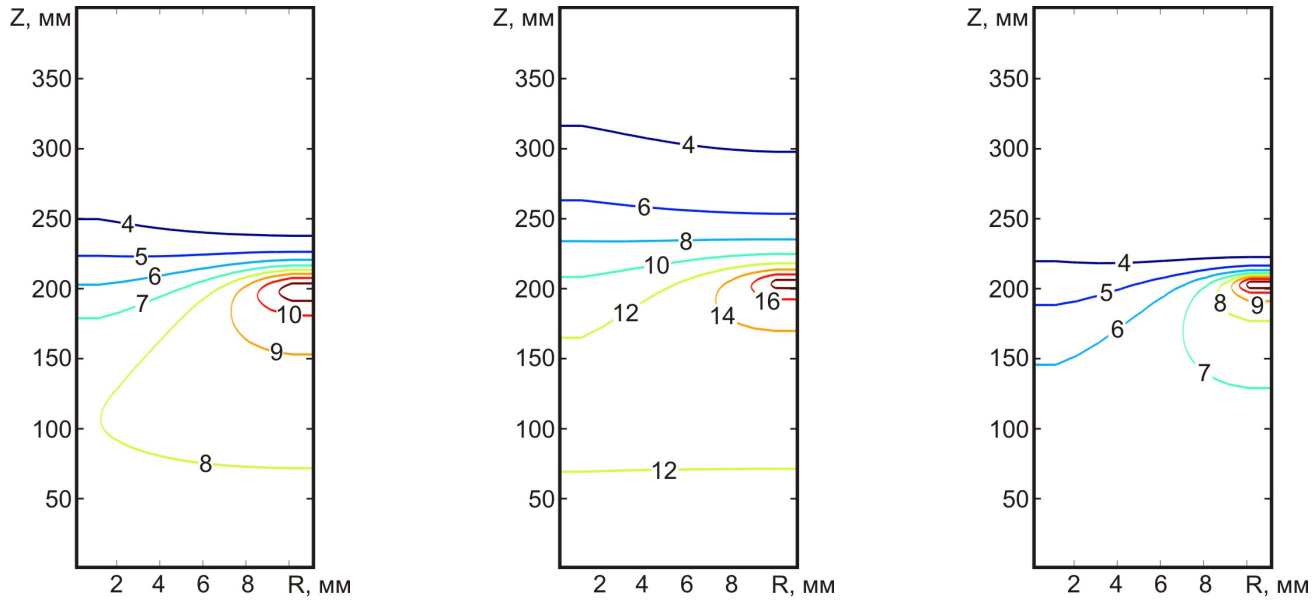
Показано, что управлять качеством (пластичностью и вязкостью) соединения покрытия с деталью при ЭКП компактного материала (металлической проволоки или ленты) можно в результате его:

– предварительного деформирования в холодном состоянии;

– при использовании защитной атмосферы, например аргона;

– созданием на поверхности детали перед ЭКП микрорельефа с заданной высотой;

– при использовании промежуточного слоя из порошкового материала, располагаемого между соединяемыми поверхностями.



I= 16 кА, P=30 Мпа, v_e = 0,02 м/с, $t_и$=$t_п$=0,1 с

а)

I= 16 кА, P=30 МПа, v_e = 0,01 м/с, $t_и$=$t_п$=0,02 с

б)

I= 16 кА, P=30 МПа, v_e = 0,03 м/с, $t_и$=$t_п$=0,02 с

в)

деталь - Сталь45, длина - 0,4 м, радиус - 0,01 м; покрытие - ПГ-С1, толщина слоя - 0,002 м

Рисунок 2 – Влияние условий режима электроконтактного припекания на температурное поле цилиндровой детали с покрытием (в момент, когда электрод прошел половину длины детали)

Установлено, что при ЭКП металлической ленты или проволоки, получение пластичной и вязкой зоны соединения покрытия с основой приводит к повышению сопротивления ударному изгибу и усталостной прочности восстановленных или упрочненных деталей. Повышение пластичности и вязкости зоны соединения в этом случае связано с образование общих зерен при протекании процессов рекристаллизации в зоне соединения, реализации которой, в частности, можно достигнуть предварительной холодной деформацией одного из соединяемых или обоих материалов перед сваркой.

При проведении экспериментов предварительную деформацию стальной ленты в холодном состоянии осуществляли на величину e=5,0...65,0 %. Анализ зоны соединения образцов, полученных ЭКП при J=5,5. ..6,5 кА, P=1,4 кН, t=0,06 с показал, что при e_x=5,0 % граница раздела наблюдается по всей длине зоны соединения. С увеличением e_x до 20% граница раздела становится прерывистой, и на отдельных участках просматриваются общие для соединяемых металлов зерна. При e_x=25 % граница раздела в зоне соединения не наблюдается. Это свидетельствует о том, что в зоне соединения образовались общие для соединяемых металлов зёрна. Последующее увеличение E_X до 40...65 % приводит снова к появлению границы раздела. Таким образом, можно заключить, что для повышения пластичности и вязкости зоны соединения и, следовательно, повышения эксплуатационных свойств восстановленных или упрочненных деталей, работающих в условиях знакопеременных циклических или ударных нагрузок, привариваемый металл, например

стальную ленту, перед ЭКП следует предварительно продеформировать в холодном состоянии на величину e_x=25 %.

На рис.3 представлены результаты испытаний зоны соединения на сопротивление ударному срезу. Видно, что при ЭКП с предварительным деформированием стальной ленты в холодном состоянии на величину 25... 35% увеличивается сопротивление ударному срезу в зоне соединения покрытия с основным металлом, приблизительно, на 37%.

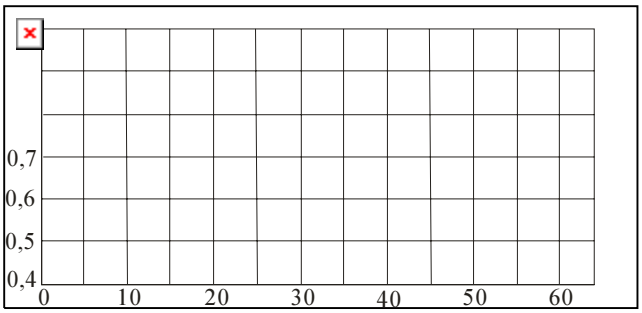
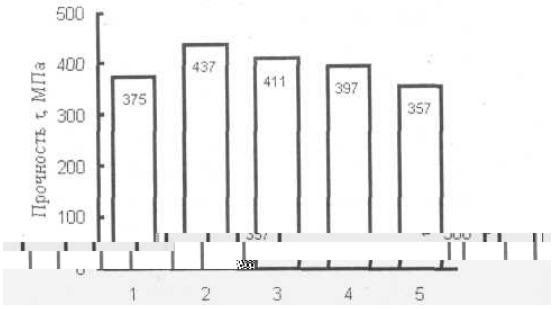


Рисунок 3 – Зависимость $\overline{a}_y$ от величины предварительной деформации стальной ленты в холодном состоянии

Установлено также, что микрорельеф поверхности детали перед ЭКП оказывает влияние на формирование покрытия и прочность соединения его с основным металлом (рис.4).

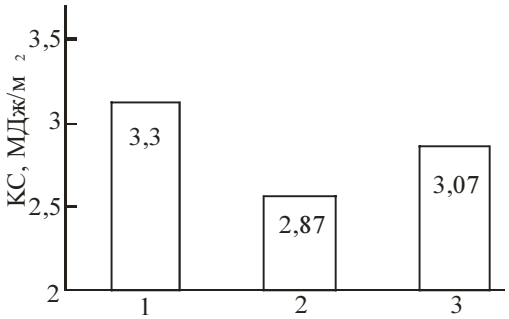


1 - резьба с шагом 0,25 мм; 2 - пескоструйная обработка; 3 - токарная обработка; 4 - шлифование; 5 - резьба с шагом 0,5 мм.

Рисунок 4 – Влияние подготовки поверхности на прочность соединения покрытия из стали 50ХФА с материалом детали из стали 45 при J=5,5 кА; P=1,4 кН; t=0,04 с

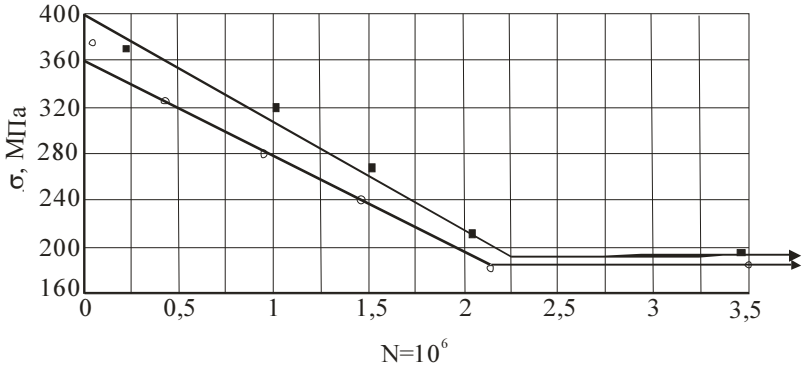
Показана целесообразность нанесения на поверхность восстанавливаемой или упрочняемой детали перед ЭКП микрорельефа высотой h = 0,1... 35 мкм (например, обработка восстанавливаемой или упрочняемой поверхности детали шлифованием, токарной или пескоструйной обработкой). При указанной высоте микрорельефа величина контактного электросопротивления между соединяемыми поверхностями оказывается достаточной для обеспечения такого тепловыделения в зоне контакта, при котором создаются оптимальные условия для деформации соединяемых металлов и развития процесса их взаимодействия. Это обстоятельство позволяет создавать в зоне соединения благоприятные условия для образования в ней общих для соединяемых металлов зерен, обеспечивающих повышение ее пластичности и вязкости и, следовательно, повышение сопротивления циклическим и ударным нагрузкам.

Исследовано влияние промежуточного слоя, располагаемого между соединяемыми поверхностями при ЭКП, на качество формируемого покрытия и соединения его с основным металлом. Экспериментально показано, что использование промежуточного слоя из порошкового материала при ЭКП компактных материалов, приблизительно, на 10% повышает ударную вязкость (рис. 5) образцов в сравнении с образцами, полученными без промежуточного слоя, а циклическая прочность $\sigma_н$, приблизительно, равна $\sigma_н$ стали 45 в исходном состоянии (рис. 6).



1 – сталь 45 в исходном состоянии; 2 – с покрытием из стали 50ХФА; 3 – с покрытием из стали 50ХФА через промежуточный слой из порошкового материала

Рисунок 5 – Влияние электроконтактной приварки на ударную вязкость образцов



○ – образцы с покрытием из стали 50ХФА, полученные электроконтактной приваркой через промежуточный слой из порошка; ■ – сталь 45 в исходном состоянии

Рисунок 6 – Результаты испытаний на усталостную прочность

Показано также, что применение промежуточного слоя позволяет, приблизительно, в 2,0 раза снизить остаточные напряжения в покрытии, возникающие в нем в результате воздействия термомеханического цикла ЭКП и последующем шлифовании в размер.

Разработан расчётно-экспериментальный метод определения прочности соединения покрытия с деталью и глубины зоны термического влияния (ЗТВ) от величины деформации компактного материала, например стальной ленты, в процессе ЭКП. Показано, что при оптимальной величине деформации прочность соединения равна прочности основного металла, а глубина ЗТВ не превышает 0,4...0,41 мм. Отмечено, что величину деформации привариваемого материала легко контролировать как в процессе ЭКП, так и после, что дает основание для разработки активного метода контроля качества получаемого соединения при восстановлении или упрочнении детали.

Выводы. С учетом полученных результатов разработаны технологические рекомендации восстановления и упрочнения деталей ЭКП компактных и порошковых материалов, позволяющие управлять структурой зоны соединения покрытия с основным металлом, структурой самого покрытия и, следовательно, качеством восстановленной или упрочненной детали. Показано, что себестоимость восстановленных деталей составляет 20-50% от стоимости новых при сроке окупаемости не более 1,5...2,0 года.

Список литературы

1. Лопата Л.А. Разработка технологии нанесения износостойких порошковых покрытий электроконтактным припеканием с силовым активированием сдвигом: Дис. к-та техн. наук. 05.16.06:/ АН Беларуси. Ин-т. проблем надежности и долговечности машин. – Минск. – 1989.
2. Лопата Л.А. Восстановление и упрочнение деталей сельскохозяйственных машин электроконтактным припеканием металлических порошков. // Разработка и производство с/х машин: Сборник научных трудов.- Киев ВО, 1988.- С.-63-68.

3. Лопата Л.А. , Красота М.В. Поєднання процесів електроконтактного припікання порошків і теплого пластичного деформування. Системні методи керування, технологія та організація виробництва.
4. Лопата Л.А., канд. техн. наук, доц., Харламов М.Ю., канд. техн. наук, доц., Ніколайчук В.Я., асп., Кожевнікова О.Є., асп. Теоретичні дослідження розподилу температури при електроконтактному припіканні і їх вплив на фізичні процеси // Проблеми тертя та зношування: Наук.-техн. зб. – К.: НАУ, 2008. Вип.50.
5. Лыков А.В. Теория теплопроводности. - Москва: Высшая школа 1967. – 600 с.

В. Корж, Л. Лопата, В. Ніколайчук, Ю. Хомяковський

Передумови управління якістю формованого покриття і з'єднання його з деталлю при електроконтактному припіканні

У статті запропоновані методичні передумови, що дозволяють організовувати процес управління якістю отримуваного покриття і структурою зони з'єднання його з деталлю, а також структурою самого покриття і, отже, якістю відновленої або зміцненої деталі, що полягають в отриманні необхідної структури в зоні їх з'єднання за допомогою контролю величини деформації, шорсткості поверхні деталі, швидкості охолоджування, вживання захисної середи, проміжних шарів і тому подібне.

V. Korzh, L. Lopata, , V. Nikolaychuk, Y. Khomiykovskiy

Pre-conditions of quality management of the formed coverage and connection of him with a detail at electrocontact burning

In the article methodical pre-conditions are offered allowing to organize the process of quality of the got coverage and structure of area of connection of him management with a detail, and also structure of coverage and, consequently, by quality of the recovered or consolidated detail, consisting in the receipt of necessary structure in the area of their connection by control of size of deformation, roughness of surface of detail, cooling speed, application of protective environment, intermediate layers etc.

Одержано 23.05.10

УДК 621.539.4

М.О. Ковришкін, доц., канд. техн. наук, О.В. Шевченко, асп., С.О. Довжук, інж.
Кіровоградський національний технічний університет

Методи формування покриттів на різальному інструменті

В статті дана характеристика, аналіз і класифікація методів зміцнення і нанесення покриттів на різальний інструмент. Показано, що сучасні методи формування зносостійкого покриття дозволяють науково обґрунтовано визначати форму і структуру робочих поверхонь, їхні геометричні параметри і фізико-механічні властивості, що забезпечать ефективність роботи різального інструменту. Рекомендовано для покриттів на різальному інструменті застосовувати диференційні дискретні композиційні покриття.
різальний інструмент, зносостійкі покриття, поверхневе зміцнення, спосіб, метод, експлуатаційні характеристики

Вступ. Структура і властивості покриття є відображенням тих умов, у яких відбувалося його формування. Основне питання в кожній технології поверхневого зміцнення – це спосіб доставки матеріалу покриття до поверхні різального інструмента, його хімічний і фізичний стан.

Більшість способів поверхневого зміцнення варто розглядати як альтернативні. Той самий матеріал покриття може бути нанесений різними способами.

© М.О.Ковришкін, О.В.Шевченко, С.О.Довжук, 2010