

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент Украины на изобретение № 426 от 15 февраля 1993 года.
2. Патент Украины на изобретение № (УА) С25В9/00 от 15 января 2003 года.
3. Якименко Л.М. и др. Электролиз воды. -- М.: Химия, 1984.
4. Якименко Л.М. Производство водорода, кислорода, хлора и щелочей. -- М.: Химия, 1981.
5. Корж В.Н., Дыхно С.Л. Обработка металлов водородно-кислородным пламенем. -- Киев: Техника, 1985.
6. Ильюхин М.С., Сидоренков Ф.Т. Основы теплотехники. -- М.: Агропромиздат, 1987.
7. Россошинский А.А. и др. Установка для импульсной газопламенной пайки микроизделий / Институт электросварки им. Е.О. Патона. -- Киев, 1976.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ, ВОССТАНОВЛЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫМИ КОМПОЗИЦИЯМИ

Г.Ф. Марьян, д-р техн. наук

ГАУМ

(г. Кишинев, Республика Молдова)

Technological maintenance of accuracy of details of agricultural engineering restored by polymeric compositions

There are considered the questions of maintenance of geometrical precision of details of agricultural engineering restored by polymeric compositions. The features of account of a total error for details restored by a method of pressing with and without use of the subsequent machining are resulted. On the basis of experimental researches are established the theoretical law of distribution of stability of geometrical parameters of details restored by a hybrid polymeric composition on a basis polyamide and epoxy, and also the basic reasons influencing on accuracy of restoration are revealed.

Высокое качество восстановления деталей сельскохозяйственной техники в значительной степени определяется технологическими мероприятиями, направленными на обеспечение геометричес-

ской точности восстановленных поверхностей, а также характером их соединения в трибосистемах.

В свою очередь, качество восстановленных деталей удобно оценивать их функциональным анализом, используя комплексные показатели качества. Эти показатели необходимо выбрать таким образом, чтобы они выражали соответствие между действительными показателями качества (K_e) восстановленного объекта и номинальными показателями (K_n), установленными нормативно-технической документацией. Математически это требование опписывается выражением $\Delta K_e = K_e - K_n$. Показатель качества K_n для восстановленной системы с учетом структуры изделия имеет вид

$$K_n = f_n(\Sigma M + \Sigma T + \Sigma G_i + \Sigma G_p), \quad (1)$$

где ΣM – группа функциональных параметров, зависящих от материала покрытия восстановленной детали; ΣT – группа функциональных параметров, обусловленных технологическими показателями; ΣG_i – группа функциональных параметров, определяемых пространственным расположением деталей в сборочных единицах; ΣG_p – группа функциональных параметров, зависящих от геометрических параметров каждой восстановленной детали в отдельности.

Из уравнения видно, что качество восстановленного объекта, наряду с физико-механическими и экономическими показателями, определяется действительными размерами восстановленных деталей и характером их соединения. Так как эти размеры в производственных условиях формируются на различных этапах производственного процесса восстановления, то точность обработки необходимо рассматривать с учетом роли каждого этапа в структуре точности восстановления.

Учет всех составляющих уравнения суммарных погрешностей необходим как для выявления значимости каждого элемента технологического процесса и нахождения резервов для повышения качества восстановления, так и для обоснования расчета технологических и конструктивных допусков восстановленной детали и соединения в целом.

При этом необходимо иметь в виду, что точность восстановленных деталей не может оцениваться простым арифметическим или алгебраическим суммированием первичных погрешностей, так как эти погрешности могут (на различных этапах технологического

процесса) уменьшиться или взаимокомпенсироваться. Также мала вероятность того, что все первичные погрешности будут иметь в одно и то же время максимальное значение.

Поэтому для оценки качества восстановленных деталей рекомендуется использовать метод статистического суммирования, критерием которого является квадратный корень из суммы квадрата отклонений. Для повышения точности расчета суммарной погрешности восстановления и для создания условий уменьшения факторов, вызывающих эту погрешность, необходимо учитывать закон распределения для каждой группы погрешностей, используя относительное среднеквадратическое отклонение.

В связи с тем, что размерная точность является качественным показателем, который относится к категории случайных величин, суммарная погрешность (Δ_{Σ}) может быть определена из закона суммы случайных и систематических погрешностей. В этом случае применимо уравнение

$$\lambda \Delta_{\Sigma} = \lambda \sum \Delta_{sist} + \sqrt{(\lambda \sum \Delta_p)^2}, \quad (2)$$

где λ – относительное среднеквадратическое отклонение; $\sum \Delta_{sist}$ – сумма систематических погрешностей; $\sum \Delta_p$ – сумма случайных погрешностей.

После преобразования этого уравнения с учетом факторов, которые оказывают влияние на погрешность восстановления на различных этапах производственного процесса, получаем уравнение для суммарной погрешности

$$\lambda \Delta_{\Sigma} = \lambda \sum \Delta_{sist} + \sqrt{(\lambda_M \Delta M)^2 + (\lambda_T \Delta T)^2 + (\lambda_{G_i} \Delta G_i)^2 + (\lambda_{G_p} \Delta G_p)^2}. \quad (3)$$

Нередко в специальной литературе по восстановлению деталей машин к точности восстановленных поверхностей полимерными композициями предъявляются такие же требования, как и к точности цельных полимерных деталей, что приводит к неадекватной оценке суммарной погрешности. Безусловно, что такой подход является некорректным как с технологической, так и с конструктивной точек зрения. Поэтому представляет научный и практический интерес структурный анализ геометрических погрешностей, возникающих на различных этапах технологического процесса.

Погрешности из группы ΔM (в структуре суммарной размерной погрешности) необходимо рассматривать с точки зрения стабильности не только физико-механических свойств, но и стабиль-

ности размеров восстановленных поверхностей во время хранения и эксплуатации деталей.

В общем виде изменение размеров деталей, восстановленных полимерными композициями во времени, описывается зависимостью

$$\Delta M = \alpha \Delta h + \beta \Delta t^0 + \delta \Delta A_u, \quad (4)$$

где Δh – разница толщин покрытий, нанесенных на восстанавливаемые поверхности; Δt^0 – колебание температуры среды хранения или эксплуатации восстановленной детали; ΔA_u – колебание влажности окружающей среды хранения или эксплуатации восстановленной детали; α – относительный коэффициент линейного расширения полимерного слоя; β – относительный температурный коэффициент линейного расширения полимерного слоя; $\delta = mt^n$ – коэффициент скорости влагопоглощения (t – продолжительность влагопоглощения, m и n – коэффициенты, зависящие от материала покрытия, формы и размеров восстановленных поверхностей).

Результаты исследования стабильности геометрических параметров деталей, восстановленных гибридной полимерной композицией на основе полиамида и эпоксидного олигомера, разработанной на кафедре «Ремонт машин и технология материалов» ГАУМ, показали что погрешности, обусловленные свойствами материала покрытия, носят случайный характер и подчиняются нормальному закону распределения, т.е. $\lambda = 1/3$.

Интересные данные получены в результате исследования технологической погрешности и стабильности геометрии образцов из стали, покрытых разработанной нами полимерной композицией на основе полиамида, наполненного дисульфидом молибдена и эпоксидным олигомером типа П-ЭП. При этом покрытия наносили методом прессования в матрицах с диаметром 40Н7 (толщина покрытия 5 мм). Полученные образцы после прессования выдерживали при температуре 20 ± 2 °С и относительной влажности 50 – 70 %. Исследования проводили в течение 6 месяцев при хранении образцов в указанных условиях. Обработка экспериментальных данных и статистические расчеты были выполнены с использованием функций STATGRAPHICS.

Качественный контроль исследуемых объектов осуществляли с использованием следующего меню: *Quality Control* → *Process Capability Analysis*.

Линейные размеры образцов измеряли оптимстром ОВО-1 с ценой деления 0,001мм. Измерения производили после их извлечения из прессформы и охлаждения до комнатной температуры ($20\pm2^{\circ}\text{C}$) и затем спустя 1, 5, 10, 24 часа и 1, 3, 6 месяца.

На основании статистического анализа полученных экспериментальных данных установлено, что резкое изменение размеров и формы восстановленных деталей имеет место в течение первых 2-х часов после извлечения их из прессформы (период стабилизации температуры). При этом с вероятностью 95 % средний размер исследуемых образцов составляет $40,003\pm0,002$ мм, а стандартное отклонение 0,007 мм.

При изучении динамики изменения размеров образцов установлено, что дальнейшее уменьшение размеров происходит, в основном, в течение первого часа после стабилизации температуры (см. таблицу 1).

Таблица 1. Результаты статистической обработки данных исследования

Статистический параметр	Продолжительность хранения после стабилизации температуры образца						
	0	1 ч	5 ч	10 ч	1 мес.	3 мес.	6 мес.
Среднее значение	40,0025	39,9548	39,9537	39,9533	39,9513	39,9503	39,9492
Доверительный интервал	0,0023	0,002205	0,002673	0,002672	0,002674	0,002673	0,002673
σ	0,00683	0,00675	0,00818	0,00817	0,00817	0,00818	0,00798
$+3\sigma$	40,023	39,9751	39,978	39,9778	39,9758	39,974	39,9732
-3σ	39,9346	39,9346	39,929	39,9288	39,9268	39,925	39,9253

При более длительной выдержке, с вероятностью 95%, средний диаметр образцов изменяется с $39,9548\pm0,0022$ мм до $39,9492\pm0,0027$ мм. Таким образом, размеры деталей с момента их первоначальной стабилизации уменьшаются на 0,0056 мм. Исходя из того, что размер металлической основы во времени практически остается стабильным, следует, что толщина покрытия изменяется примерно на 0,056%.

Также установлено, что при восстановлении деталей машин полимерными композициями методом прессования основными причинами, влияющими на точность восстановления, являются: погрешности размеров, формы и положения конструктивных элемен-

тов прессформы, погрешности, возникающие в результате различных скоростей охлаждения металлической основы и полимерного покрытия; погрешности базирования восстанавливаемой детали в форме; погрешности, вызванные износом формы; погрешности измерения.

Экспериментально установлено, что точность восстановленных деталей на 1 – 3 квалитета меньше точности самой формы. Это вызвано геометрическими погрешностями элементов прессформы, генерирующих восстанавливаемые поверхности. Отсюда следует вывод, что для обеспечения высокой точности конечных размеров восстановленных деталей полимерными покрытиями методом прессования необходимы прессформы высокой точности, что не всегда экономически целесообразно. Поэтому для конкретных производственных условий и высокой точности восстанавливаемых поверхностей целесообразно использовать финишную механическую обработку.

Для определения суммарной погрешности механической обработки восстановленных поверхностей необходимо учитывать размер и форму детали, тип производства, метод обработки. При этом используются рекомендации из дисциплины «Технология машиностроения» с учетом особенностей обработки пластмасс и композиций на их основе, специфики выбора установочных баз при восстановлении типовых деталей машин, степени износа станков.

Таким образом, суммарную погрешность механической обработки поверхностей, восстановленных полимерными покрытиями, можно определить, используя уравнение [2]

$$\Delta_{tot} = \Delta_y + \Delta_i + \Delta_u + \Delta_t + \Delta_r + \Sigma \Delta_f, \quad (5)$$

где Δ_y – погрешности, вызванные жесткостью технологической системы; Δ_i – погрешности базирования; Δ_u – погрешности, обусловленные размерным изнашиванием режущего инструмента; Δ_t – погрешности, вызываемые термическими деформациями технологической системы; Δ_r – погрешности, возникающие в результате установки на размер; $\Sigma \Delta_f$ – сумма погрешности формы обработанной поверхности.

Необходимо учитывать, что при восстановлении деталей суммарная погрешность механической обработки является мерой точности конкретного метода финишной операции, которая используется при генерировании соответствующей поверхности. Для определения ожидаемой суммарной погрешности используют статистический или расчетно-аналитический методы исследования [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Kestelman V.N., Marian G.F., Kolesko I.V., Vervendung eines Ultrasghallfelds sur Verbesserung der Haftung von Polymerbeschichtungen bei der Regenerierung von Laderbohrungen in Gehäuseteilen // Plaste und Kautschuk (mit fachteilanstrichstoffe), 37 (1990) Deutschland.
2. Proiectarea tehnologiilor de prelucrare mecanică prin aşchieri: Man. de proiectare: În 2 vol. Vol. 2 / C. Picoş, O. Pruteanu; C. Bohosevski ş. a. – Chişinău: Universitas, 1992.
3. Мосталыгин Г.П., Толмачевский Н.Н. Технология машиностроения. – М.: Машиностроение, 1990.
4. Marian Grigore. Interschimbabilitate, standardizare și metrologie. Chișinău: Centrul Ed. al UASRM, 2004.

САМОСМАЗЫВАЮЩИЕСЯ ПОДШИПНИКИ КАРДАННЫХ ШАРНИРОВ

**В.К. Ярошевич, д-р техн. наук, профессор; М.М. Болбас,
канд. техн. наук, профессор
УО «БГАТУ»
(г. Минск, Республика Беларусь)**

A method is introduced for substitution in cardan shafts joints of needle bearing ones whose antifriction materials are based on polytetrafluorethylen. A cardan sliding joint has been elaborated and technology to manufacture it, the joint consisting of a new or else restored by method of gas-thermal sputtering cross-piece covered with antifriction self-lubricant organo-fiber plastics, a special technology employed. The plastics assure providing long and continuous exploitation of the frictional pair.

Анализ нагруженности существующих конструкций карданных валов транспортных средств указывает на возможность возникновения на поверхностях шипов крестовин (эксплуатирующихся в контакте с иглами подшипника) давлений, на 30% превышающих используемые в расчетах параметры [1].

Материалы, применяемые при изготовлении и восстановлении шипов крестовин, не в состоянии обеспечить комплекс физико-механических свойств, необходимых для длительной эксплуатации карданных шарниров качения. Наиболее высокой износостойкостью среди серийно выпускаемых материалов, наносимых метода-