

ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА СОПРЯГАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ НА ПРОЧНОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ С НАТЯГОМ, СОБРАННЫМИ ТЕПЛОВЫМ МЕТОДОМ С РАЗЛИЧНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

1. Постановка проблемы

Во многих случаях сопряжённые с натягом детали изготавливаются из разнородных материалов. Большое распространение в машиностроении получили соединения из стальной охватываемой детали (вала) и чугунной охватывающей (втулка). Значение коэффициента трения в этих соединениях существенно зависит от строения и количества свободного графита в чугуне. Как известно из структуры строения графита [1] атомы углерода располагаются в нём в виде параллельных плоских слоёв, которые отстоят друг от друга на расстоянии 3,40А. При этом атомы углерода в каждой плоскости располагаются в правильный гексагональный ряд с расстоянием между собой равным 1,42А. Прочность связи атомов каждого слоя намного больше прочности связи атомов между соседними слоями. Эта особенность строения графита позволила выдвинуть на основании открытия В.Брега [2] так называемую структурную теорию, объясняющую смазывающую способность графита относительно малой механической прочностью связи между атомами слоёв. Происходящее при трении скольжение графита вдоль этих слоёв способствует значительному уменьшению фрикционности сопряжённых деталей. Этим во многом и объясняется более низкий коэффициент трения для соединений стальной вал-чугунная втулка по сравнению с аналогичными соединениями стальной вал-стальная втулка. Причём с увеличением контактных давлений в соединении коэффициент трения несколько уменьшается.

В связи с этим прочность соединений с чугунной охватывающей деталью, собранных тепловым методом без покрытий в 3-3,5 раза ниже аналогичных

соединений со стальной охватывающей деталью. Поэтому повышение несущей способности указанных соединений является необходимым условием надёжной и безопасной работы узла.

2. Изложение основного материала

Для повышения прочности соединений с натягом стальной вал–чугунная втулка исследовались различные вязкие композитные покрытия из мелкодисперсных порошков в глицерине, а также покрытия на основе раствора жидкого стекла.

Для сравнительной оценки прочности скрепления деталей при тепловой сборке использовались образцы, форма и размеры которых представлены на рис. 1.

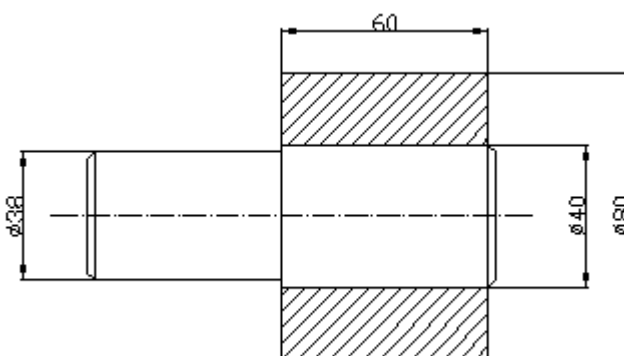


Рис. 1 – Образцы для проведения сравнительных испытаний

Материалы валов испытываемых образцов изготовлены из нормализованной стали 45; втулки – из высокопрочного чугуна марки ВЧ 42-12. Исходная шероховатость сопрягаемых поверхностей деталей $R_a=2,5$. В качестве покрытий вала использовались композитная смесь из мелкодисперсных металлических порошков алюминия и меди, разведённых в глицерине в соотношении 1:0,12:0,12 [3], а также покрытие на основе раствора жидкого стекла [4]. Натяги в соединениях для всех образцов составляли $\delta = 0,035$ мм. Температура нагрева втулок находилась в пределах 250 – 300°C. Расчёт температуры осуществлялся по формуле:

$$T = \frac{\delta + h + \Delta_{сб}}{\alpha \cdot d} + T_0 \text{ } ^\circ\text{C},$$

где δ – натяг в соединении, мм;

h – толщина покрытия, принимая равной удвоенному размеру части металлических порошков смеси;

$\Delta_{сб}$ – сборочный зазор, определяемый зависимостью $0,01 \sqrt{d}$, где d – диаметр сопряжения, мм;

α – коэффициент линейного расширения $(12,1-13,6) \cdot 10^{-6}$;

T_0 – температура окружающей среды, $^\circ\text{C}$.

Покрытия наносились на вал непосредственно перед сборкой его с нагретой втулкой. Распрессовка соединений производилась после естественного охлаждения их до температуры окружающей среды с записью диаграммы.

Диаграммы распрессовок и графики прочности соединений с некоторыми покрытиями приведены на рис. 2.

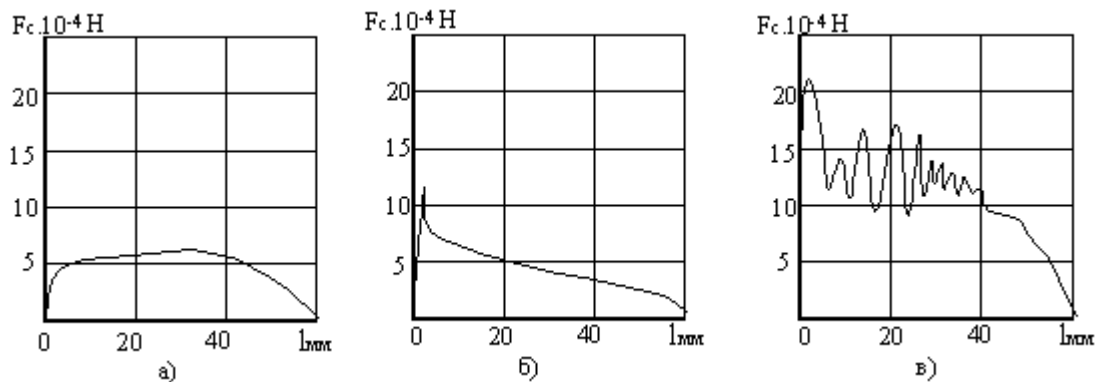


Рис. 2 – Диаграммы распрессовок соединений стальной вал–чугунная втулка, собранных с различными покрытиями: а) без покрытия; б) глицерин + Al +Cu; в) покрытие на основе раствора жидкого стекла

Из анализа диаграмм следует, что композитная смесь глицерина с мелкодисперсными порошками алюминия и меди позволяет повысить прочность скрепления деталей в 1,4-1,8 раза по сравнению с обычными тепловыми без покрытия. При этом после распрессовки соединения с такими

покрытиями не наблюдалось на посадочных поверхностях сопряжённых деталей каких-либо повреждений (задиры, риски, царапины), что позволяет использовать распрессованные детали повторно без дополнительной обработки. К тому же повторную сборку можно производить без нанесения покрытия. Это связано с тем, что после распрессовки на посадочных поверхностях в результате фрикционного осаждения внедрённых в микронеровности пластичных компонентов покрытия существенно увеличивается площадь контакта поверхностей, которая является одним из главных параметров прочности скрепления деталей соединённых с натягом.

При повторной тепловой сборке соединений из распрессованных деталей и последующей распрессовки усилие срыва практически не уменьшилось по сравнению с первой распрессовкой.

После распрессовки соединений, собранных тепловым методом без покрытий посадочные поверхности имели глубокие задиры, приводящие в негодность обе детали распрессованного соединения.

Значительное повышение прочности скрепления деталей наблюдается в соединениях, где в качестве покрытий вала при тепловой сборке использовался раствор жидкого стекла, обладающий после застывания высоким коэффициентом трения порядка 0,9. Помимо высокого коэффициента трения жидкое стекло обладает хорошей текучестью и способностью несколько увеличиваться в объёме при застывании (кристаллизации). Проникая во все микропустоты затвердевшее стекло может разрывать окисные плёнки, вызывая при взаимном давлении сопряжённых поверхностей втулки и вала холодную микросварку по вершинам шероховатостей. Сочетание высокого коэффициента трения с наличием мостиков микросварки создаёт прочную связь между сопряжёнными с натягом деталями.

Из графиков усилий срыва (рис. 2, в) видно, что прочность с таким покрытием в 4,2 раза выше прочности обычных тепловым без покрытий и в 2,1 раза выше чем с покрытием композитной смесью. При этом повреждения посадочных поверхностей деталей значительно меньше, чем в соединениях

собранных без покрытий. Это можно объяснить тем, что образующаяся тонкая плёнка кремнезёма, в случае применения раствора жидкого стекла, внедряясь в поверхность чугуновой втулки, образует своего рода наждачный инструмент, который несмотря на значительную фрикционность не повреждает сопрягаемые поверхности, а как бы шаржирует их.

Кроме глицерина представляет интерес использование в качестве связующего материала мелкодисперсных порошков полиметилсилоксановой жидкости типа ПМС-60 ГОСТ 13032-67, которая представляет собой смесь полимеров линейного и разветвлённого строения, содержащих 35,5-38,5% растворённого кремния. Коллоидный раствор кремния в ПМС увеличивает коэффициент трения между сопряжёнными поверхностями деталей соединений с натягом, обуславливая, тем самым, возможность повышения их статической прочности.

С этой связующей жидкостью использовались мелкодисперсные металлические порошки меди и алюминия, а также однокомпонентные порошки никеля Ni, окиси титана TiO₂.

Сравнительные результаты усилий срыва на прочность соединений в зависимости от натяга, собранных тепловым методом с различными покрытиями, где в качестве охватываемой детали был стальной вал, а в качестве охватывающей чугуновая втулка представлены на графике (рис. 3).

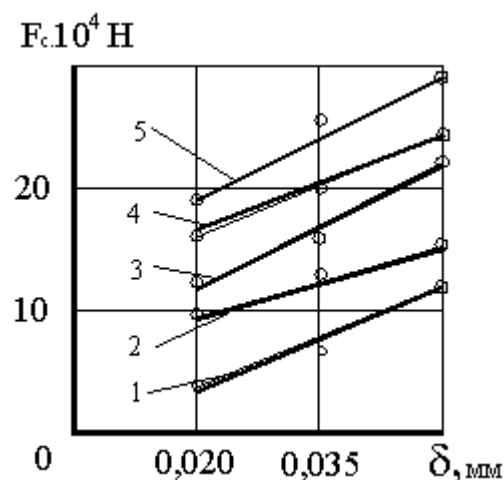


Рис. 3 – изменения усилия срыва от натяга для соединений стальной вал–чугунная втулка с различными покрытиями: 1) – тепловые без покрытия; 2) –

тепловые с покрытием глицерин+Cu+Al; 3) – тепловые с покрытием ПМС+TiO₂; 4) – тепловые с покрытием ПМС+Ni; 5) – тепловые с покрытием раствором жидкого стекла.

Выводы

Предложенные вязкие композитные покрытия для соединений с натягом стальной вал–чугунная втулка, собираемые тепловым методом оказывают существенное влияние на повышение прочности и качества собранных соединений по сравнению с обычными тепловыми без покрытий. При этом в зависимости от материала мелкодисперсных порошков и связующего материала можно получать соединения с необходимыми эксплуатационными свойствами.

Для соединений, требующих периодической разборки наиболее оптимальным является покрытие на основе глицерина включающее мелкодисперсные порошки меди и алюминия. Использование такого покрытия позволяет повысить прочность в 1,7-1,9 раза против обычных тепловых и сохранить после распрессовки высокое качество сопряжённых поверхностей деталей пригодных для повторного использования. Для соединений, главным условием которых является высокая прочность может быть использовано покрытие на основе раствора жидкого стекла.

Список использованных источников

1. Боуден Ф. П. Трение и смазка твёрдых тел / Ф. П. Боуден, Д. Тейбор. – М. : Машиностроение, 1968. – 543с.
2. Bragg W. Introduction to Crystal Analysis / W. Bragg. – London : Bell & Sons, 1948. – 64 p.
3. А. с. 474421 СССР, МПК⁶ В 23 Р 11/02. Способ соединения деталей / Г. Я. Андреев, А. А. Святуха, В. А. Белостоцкий (СССР); Укр. заоч. политехн. ин-т. – № 1904143/25-27 ; заявл. 30.03.73 ; опубл. 25.06.75, Бюл. № 23. – 2 с.
4. А. с. 1232453 СССР, МПК⁶ В 23 Р 11/02. Способ сборки деталей с

натягом / А. А. Святуха, М. К. Кравцов, В. А. Любов (СССР) ; Укр. заоч. политехн. ин-т ; опубл. в Б.И. 1984, №19.

Святуха А.А., Бережной А.А., Безуглый К.С. «Влияние материала сопрягаемых деталей на прочность соединений с натягом, собранных тепловым методом с различными покрытиями».

В работе рассмотрены вопросы обеспечения прочности соединений с натягом, детали которых имеют различные материалы и собраны тепловым способом с применением в качестве покрытий охватываемой детали различных вязких композитных смесей.

Ключевые слова: сборка, соединения, прочность, тепловой, покрытия, свойства, метод.

Святуха А.А., Бережной О.О., Безуглый К.С. «Вплив матеріалу спряжених деталей на міцність з'єднань з натягом, які зібрані тепловим способом із різними покриттями».

У роботі розглянуті питання забезпечення міцності з'єднань з натягом, деталі яких мають різні матеріали та зібрані тепловим способом із застосуванням покриттів охоплюваної деталі у вигляді різних композитних сумішей.

Ключові слова: складання, з'єднання, міцність, тепловий, покриття, властивості, метод.

Sviatukha A.A., Berezhnoy A.A., Bezugliy K.S. “Influence of a material of interflowing details on durability of connections with a tightness, collected by a thermal method with various coverings”.

In work questions of maintenance of durability of connections with a tightness which details have various materials and collected by thermal way with application as coverings of a covered detail of various viscous composit mixes.

Key words: assembly, connections, durability, thermal, coverings, properties, a

method.

Стаття надійшла до редакції 21 квітня 2010 р.