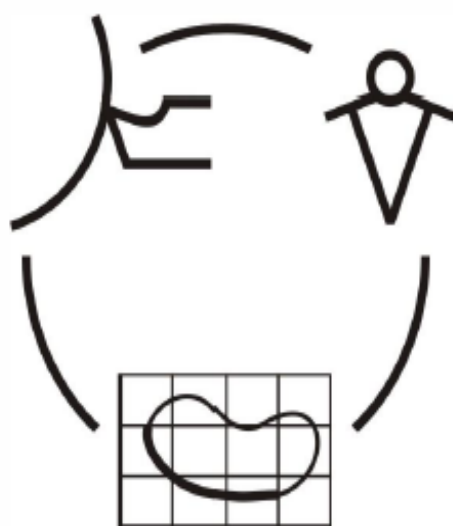

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія

**НАДІЙНІСТЬ ІНСТРУМЕНТУ
ТА
ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ**

Збірник наукових праць
Випуск 34



КРАМАТОРСЬК 2014

**НАДЕЖНОСТЬ ИНСТРУМЕНТА
И ОПТИМИЗАЦИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Сборник научных работ
Выпуск 34 – 2014
Основатель
Донбасская государственная
машиностроительная академия
Свидетельство
про государственную регистрацию
серия КВ 15277-3849Р
от 30.04.2009

**НАДІЙНІСТЬ ІНСТРУМЕНТУ
ТА ОПТИМІЗАЦІЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ**

Збірник наукових праць
Випуск 34- 2014
Засновник
Донбаська державна
машинобудівна академія
Свідоцтво
про державну реєстрацію
серія КВ 15277-3849Р
від 30.04.2009

Надежность инструмента и оптимизация технологических систем. Сборник научных трудов. – Краматорск, вып. №34, 2014. – 182 с.

Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ, вип. №34, 2014. – 182 с.

Reliability of the tool and optimisation of technological systems. Collection of of science papers. - Kramatorsk, №34, 2014. – 182 p.

Редакційна рада: Мироненко Є.В., д-р техн. наук, проф. (Голова редакційної колегії); Клименко Г.П., д-р техн. наук, проф.; Ковалевський С.В., д-р техн. наук, проф.; Ковальов В.Д., д-р техн. наук, проф. (заступники голови редакційної колегії); Гузенко В.С., к.т.н., проф. (відповідальний секретар редакційної колегії); Алієв І.С., д-р техн. наук, проф.; Грабченко А.І., д-р техн. наук, проф.; Залога В.О. д-р техн. наук, проф.; Заблоцький В.К., д-р техн. наук, проф.; Кассов В.Д., д-р техн. наук, проф.; Клименко С.А., д-р техн. наук, проф.; Колот А.В., д-р техн. наук, доц.; Кузнецов Ю.М., д-р техн. наук, проф.; Матюха П.Г., д-р техн. наук, проф.; Михайлов О.М., д-р техн. наук, проф.; Пермяков О.А., д-р техн. наук, проф.; Равська Н.С., д-р техн. наук, проф.; Роганов Л.Л., д-р техн. наук, проф.; Рогов В.О., д-р техн. наук, проф., (Россия); Сатонін О.В., д-р техн. наук, проф.; Струтинський В.Б., д-р техн. наук, проф.; Тарасов О.Ф., д-р техн. наук, проф.; Федорінов В.А., к.т.н., проф. (члени редакційної колегії).

Статті прорецензовані членами редакційної колегії.
Матеріали випуску друкуються на мові оригінала.

ISSN 2222-9000

© Донбасская государственная машиностроительная академия, 2013
© Донбаська державна машинобудівна академія, 2013
© Donbass State Engineering Academy, 2013

УДК 621.9.048

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА
КРУПНОГАБАРИТНЫХ СОСТАВНЫХ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ**

Лебедь В.Т.к.т.н., доцент кафедры АПП ДГМА, Тарельник Н.В. к.э.н., доцент
кафедры ПТС СНАУ

Введение

Одним из наиболее распространенных узлов в механизмах и машинах является прессовое соединение или соединение с гарантированным натягом. Такие соединения широко применяются в машиностроении при изготовлении составных прокатных валков (СПВ), роторов турбин, компрессоров и насосов, валов с зубчатыми колесами редукторов машин и др.

Наиболее характерными случаями отказов работы прессовых и прессово-шпоночных соединений являются нарушение прочности сопряжения, фреттинг-усталостные повреждения и поломки вследствие усталости. Поэтому повышение работоспособности этих соединений является одной из важнейших задач в обеспечении надежности и долговечности деталей машин.

Анализ последних исследований и публикаций. Сборка неподвижных поверхностей может осуществляться запрессовкой вала в отверстие, нагреванием детали, которая имеет отверстие и охватывает или охлаждением вала [1].

Анализ результатов эксплуатации СПВ ряда типоразмеров показывает, что отмечается большое число случаев низкой надежности фиксации бандажа на оси валка в процессе сборки термовоздействием [2]. Это способствовало разработке широкого спектра дополнительных конструктивных, технологических и других видов и средств крепления [3].

Соединение деталей машин с натягом (разностью посадочных размеров) осуществляют за счет их предварительной деформации.

Согласно [4, 5] к достоинствам таких соединений можно отнести: возможность выполнения их для очень больших нагрузок и хорошее восприятие ими ударных нагрузок; цилиндрические и конические соединения сравнительно

дешевы и просты в выполнении; обеспечивают хорошее центрирование сопрягаемых деталей; не требуют специальных крепежных деталей.

Недостатки соединений: относительная сложность сборки и разборки; высокая концентрация напряжений; склонность к контактной коррозии из-за неизбежных осевых микросмещений точек деталей вблизи краев соединения и, как следствие пониженная прочность соединений при переменных нагрузках; отсутствие жесткой фиксации деталей; трудности неразрушающего контроля.

В связи с необходимостью сохранения точности под нагрузкой соединения должны удовлетворять условиям жесткости.

Современная технология располагает многочисленными способами изменения качества поверхности деталей, из которых одним из наиболее перспективных является метод электроэрозионного легирования (ЭЭЛ), при помощи которого можно изменить твердость металлической поверхности:

- повысить нанесением на поверхность материала более высокой твердости или диффузионным введением в поверхностный слой необходимых химических элементов из окружающей среды или из материала анода;
- понизить, нанося на поверхность более мягкие материалы;
- повысить при обработке незакаленного, но закалывающегося материала, применяя импульсы с большей энергией или более длительные, разогревающие металл несколько глубже суммарной толщины нанесенного и диффузионного слоев [6].

При сборке неподвижных соединений сопряженные поверхности деталей подвергаются пластическому деформированию, поэтому желательно, чтобы твердые металлические детали имели более мягкий поверхностный слой.

Перед технологами нередко ставится задача снижения твердости поверхности, например, с целью увеличения герметичности соединения.

В [7] предложен способ достижения поставленной цели, когда методом ЭЭЛ на сопрягаемой, предварительно термообработанной поверхности детали, формируют поверхностный слой с использованием графитового электрода.

При ЭЭЛ графитовым электродом под твердым поверхностным слоем расположена переходная зона – подслой, который обычно является зоной отпуска. Твердость в зоне отпуска ниже твердости основного металла и ее глубина может достигать 400 мкм.

Качество сопрягаемых деталей неподвижных соединений можно повысить за счет нанесения специальных покрытий, изменяющих структуру их контактирующих поверхностей. Так в [8] предложен следующий способ обработки сопрягаемых поверхностей стальных и/или чугуновых деталей.

Способ осуществляется следующим образом. На сопрягаемую поверхность стальных и/или чугуновых деталей (независимо от их термообработки) методом ЭЭЛ наносят покрытие из никеля, микротвердость которого меньше микротвердости основы детали.

После этого на поверхностный слой из никеля этим же методом и на этих же режимах наносят кольцевые участки покрытия электродами из твердых сплавов группы ВК или ТК с интервалом и шириной 4-6 мм (рис. 1).

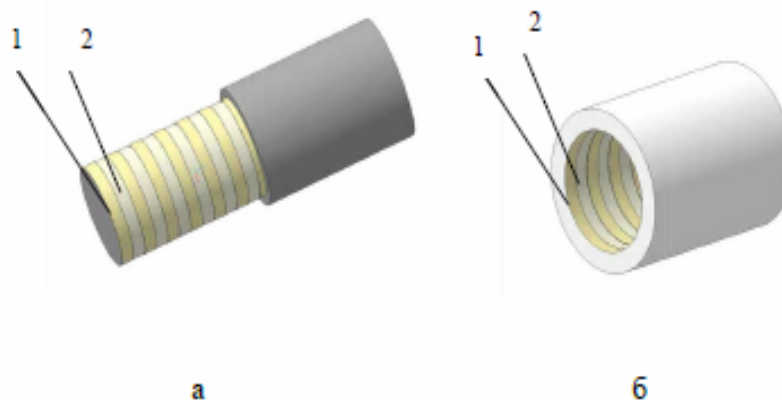


Рисунок 1 - Поверхности вала (а) и втулки (б) с кольцевыми участками электроэрозионных покрытий: 1 - твердым сплавом группы ВК или ТК; 2 – никелем.

В сформированном таким образом поверхностном слое прочность, надежность и долговечность неподвижного соединения обеспечивается покрытием, состоящим из поверхностей кольцеобразных участков,

сформированных последовательным нанесением никеля и твердого сплава ВК или ТК (участки 1, рис. 1). В данном случае образуется покрытие с твердым, износостойким и имеющим высокий (0,3-0,7) коэффициент трения поверхностным слоем под которым находится слой, микротвердость которого ниже микротвердости основы. При сборке твердый поверхностный слой вминается в мягкий никележащий слой.

Герметичность неподвижного соединения обеспечивает покрытие, состоящее из поверхностей кольцеобразных участков никеля, микротвердость которого ниже микротвердости основы (участки 2, рис. 1).

Особенность прессовых соединений состоит в том, что детали этих соединений еще до приложения рабочих нагрузок находятся в напряженном состоянии, вызванном наличием натяга на посадочных поверхностях. Суммирование рабочих напряжений и напряжений от натяга может привести к их значительной концентрации в отдельных местах сопряжения. Снижение предела выносливости вала в подступичной части происходит под торцами ступицы в результате концентрации напряжения и процесса фреттинг-усталости. Уменьшить влияние этих факторов можно путем снижения общей жесткости ступицы, и в особенности, у ее торцов, например, путем запрессовки по торцам ступицы колец из более мягкого материала в выполненные на посадочном диаметре прямоугольные канавки [9].

Результаты испытаний показали, что предел выносливости образцов диаметром $d = 20$ мм из стали 40X со ступицами диаметром $D = 37$ мм и длиной 90 мм, имеющими кольца из красной меди М2, повысился при чистом изгибе с частотой 50 Гц в 2 раза (с 150 до 300 МПа).

В [10] для повышения усталостной прочности валов прессовых соединений, предлагается на внутреннюю поверхность ступицы наносить, методом ЭЭЛ у ее торцов кольцеобразные покрытия из более мягких материалов шириной 5-10 мм. В качестве материалов электродов можно рекомендовать медь и оловянную бронзу, что позволяет формировать на стальной поверхности покрытия со сплошностью до 100%.

Следует отметить, что использование установок ЭЭЛ с ручным вибратором типа «Элитрон 22А» и «Элитрон 52А», которые применялись для нанесения покрытий в выше описанных способах [7, 8, 10] нецелесообразно из-за их низкой производительности. Учитывая большие размеры, а соответственно и площади поверхностей деталей СПВ, возникает необходимость использования для этих целей механизированные установки типа: «ЭИЛ-9» и «Элитрон-357».

Таким образом, целью работы является повышение эффективности использования крупногабаритных СПВ путем нанесения на их контактирующие поверхности твердых и мягких покрытий методом ЭЭЛ.

Методика исследований

На параметры качества покрытий при ЭЭЛ оказывают влияние множество факторов, из числа которых в первую очередь следует выделить режимы легирования.

Для проведения исследований использовали цилиндрические образцы из стали 20 диаметром 38 мм и длиной 25 мм, соединенные проставками диаметром 25 мм и длиной 15 мм (рис. 2).



Рисунок 2 – Круглый образец из стали 20

Поверхности образцов перед ЭЭЛ шлифовались до $Ra = 0,5$ мкм.

ЭЭЛ производилось на механизированной установке модели «ЭИЛ-9» (рис. 3). Основные режимы ее работы приведены в табл. 2.

Установка содержит источник технологического тока (генератор) и электропривод с электродной головкой, монтируемой на токарно-винторезных станках. Допускаемые габаритные размеры обрабатываемой поверхности обуславливаются моделью применяемого станка.



Рисунок 3 - Механизованная установка ЭЭЛ модели «ЭИЛ-9»

Таблица 2 – Зависимость силы тока от режима работы генератора

Режим обработки	1-й канал	2-й канал	Уровень	Сила рабочего тока генератора, А
1	Вкл.	Откл.	1	10
2	"	Вкл.	1	15
3	"	Откл.	2	20
4	"	Вкл.	2	30

При ЭЭЛ на установке «ЭИЛ-9» не происходит искажений исходной геометрической формы упрочняемой или восстанавливаемой детали, отсутствуют поводки. Это обусловлено тем, что в процессе легирования температура нагрева детали не превышает 100 °С.

В качестве материала электродов использовалась проволока из бронзы, марки БрО10Ф1.

Из плоских и цилиндрических образцов вырезали отдельные сегменты, из которых изготавливали шлифы для металлографических и дюрOMETрических исследований. После изготовления шлифы исследовали на оптическом микроскопе "Неофот-2", где проводилась оценка качества слоя, его сплошности, толщины и строения зон подслоя - диффузионной зоны и зоны термического влияния. Одновременно проводился дюрOMETрический анализ на распределение микротвердости в поверхностном слое и по глубине шлифа от поверхности. Замер

микротвердости проводили на микротвердомере ПМТ-3 вдавливанием алмазной пирамиды под различной нагрузкой.

Толщину слоя покрытия измеряли микрометром, а шероховатость поверхности - на приборе профилографе - профилометре мод. 201 завода «Калибр» путем снятия и обработки профилограмм. Сплошность покрытия оценивали визуально.

Результаты исследований

На рис. 4 показана структура поверхностного слоя стали 20 после ЭЭЛ на механизированной установке «ЭИЛ-9» бронзой марки БрО10Ф1, которая наносилась на 2-м режиме при токе короткого замыкания $I_{к.з.} = 15$ А. ЭЭЛ осуществлялось за два парохода.

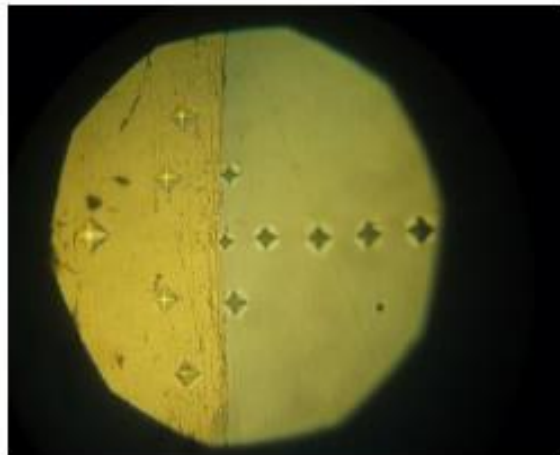


Рисунок 4 - Структура поверхностного слоя стали 20 после ЭЭЛ на установке «ЭИЛ-9» бронзой марки БрО10Ф1. X200.

При нанесении бронзы за один проход толщина слоя покрытия составляла 0,17 - 0,18 мм.

ДюрOMETрический анализ распределения микротвердости по глубине поверхностного слоя показывает, что твердость по мере углубления плавно увеличивается от 750 до 990 МПа (табл. 3). Далее ниже, в переходной зоне между бронзой и сталью 20, твердость увеличивается до 1400 и 1450 МПа. Затем по мере углубления в зоне термического влияния микротвердость стали 20 возрастает до

3920 МПа, а затем плавно снижается до микротвердости в состоянии поставки 1700 – 1800 МПа. Глубина зоны повышенной твердости составляет 90 – 100 мкм.

Следует отметить, что для получения более толстых слоев необходимо увеличить число проходов.

Таблица 3 – ДюрOMETрический анализ поверхностного слоя стали 20 с бронзовым и баббитовым покрытием, нанесенным методом ЭЭЛ

h_{ср}, мкм	150	300	450	600	750	900	1150	1300	1450	1600	1750	1800	2250
H_ц, МПа	750	900	990	1400	1450	3920	3050	2290	2020	1970	1810	1700	1810

Выводы

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Для повышения качества прессовых соединений (увеличения несущей способности, повышения герметичности соединения и прочности валов, снижения фреттинг-коррозии) в последнее время широкое развитие получило направление, связанное с введением в зону контакта мягких и твердых прослоек.

2. Резервом повышения качества крупногабаритных СПВ может быть технология нанесения в районе торцов бандажа на контактирующие поверхности сопрягаемых деталей методом ЭЭЛ мягких покрытий, например из бронзы.

Литература:

1. Лебедь В.Т. Технология тепловой сборки составных крупногабаритных деталей / В.Т., Лебедь А.А. Кулаченко // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – Донецк: ДонНТУ, 2004.- Вып. 28. – С. 84-94.
2. Скигоев П.В. Опорные валки станов холодной прокатки / П.В. Скигоев, А.Д. Петров, А.И. Карманов // Обзоры НИИинформтжмаш.- М., 1967.- № 1.- С.67.
3. Исследование, усовершенствование конструкции, отработка и внедрение технологии изготовления и восстановления крупных опорных валков. Тема № 143-0655-03, номер гос. Регистрации 0185.0046681 / Рук. Темы М.В. Геден.- Краматорск, 1988.- 144 с.

4. Решетов Д.Н. Детали машин: Учебник для студентов машиностроительных и механических специальностей вузов. - М.: Машиностроение, 1989. - 496 с.
5. Иосилевич Г.Б. Детали машин: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. - М.: Машиностроение, 1988. - 368 с.
6. Лазаренко Н.И. Электронскровое легирование металлических поверхностей. - М. Машиностроение, 1976. - 46 с.
7. Спосіб обробки сполучених поверхонь деталей (варіанти): Пат. 66105. Україна. МПК В23Н 1/00 /Марцинковський В.С., Тарельник В.Б.; Опубл. 10.04.08, Бюл. № 7.-3 с.
8. Способ обработки сопрягаемых поверхностей стальных и/или чугунных деталей: Пат. 2410212. Российская Федерация. МПК В23Н 9/00 / Марцинковський В.С., Тарельник В.Б., Коноплянченко Е.В., Олейник И.А.; Опубл. 27.01.11, Бюл. № 3.-7 с.
9. Л.Т. Балацкий. Прочность прессовых соединений. К.: Техніка, 1982. – 151 с.
10. Способ изготовления неподвижного соединения типа вал-ступица стальных деталей (варианты): Пат. 2501986. Российская Федерация. МПК В23Н 9/00 / Марцинковський В.С., Тарельник В.Б., Братушак М.П., Опубл. 20.12.2013, Бюл. № 35.-14 с.

Наукове видання

НАДІЙНІСТЬ ІНСТРУМЕНТУ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

**Збірник наукових праць
Випуск №34**

Постанова президії ВАК України
від 9 червня 1999 р., №1-05/7
Рішення вченою ради ДДМА,
протокол №10 от 30.05.2014

Підп. до друку 3.06.2014
Ум. друк. арк. 8.27.
Тираж 100 прим.

Формат 60×84¹/₁₆.
Обл.-вид. арк. 12.
Зам. № 46

Видавець і виготівник
"Донбаська державна машинобудівна академія"
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру
серія ДК №1633 від 24.12.2003