

### **Литература**

1. Скобло Т.С. Методика математической оценки фазового состава стали /Т.С.Скобло, Е.Л.Белкин, С.П.Романюк // Вісник ХНТУСГ: [«Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві»]. - Випуск 146. – Харків, 2014. - С.8-24.
2. Оборудование для механической переработки в пищевых производствах: [учеб. пособие] / В.Н. Долгунин, В.Я. Борщев, А.Н. Куди, О.О. Иванов.– Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн.ун-та, 2005. – 80 с.
3. Скобло Т. С. Процессы, происходящие в тонкостенных ножах при их изготовлении и эксплуатации /Т.С.Скобло, С.П.Романюк, Е.Л.Белкин, А.И.Сидашенко //Промышленность в ФОКУСЕ.– 2014. – № 3. - С.54-57.
4. Скобло Т.С., Ключко О.Ю., Белкин Е.Л. Применение компьютерного анализа металлографических изображений при исследовании структуры высокохромистого чугуна //Заводская лаборатория. Диагностика материалов.–2012.-№ 6 (78).- С.35-42.
5. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика/ А.И. Кобзарь. — М.: Физматлит, 2006. — 816с.
6. Скобло Т.С., Ключко О.Ю., Белкин Е.Л. Исследование структуры высокохромистого комплекснолегированного чугуна с применением методов математического анализа //Сталь.–2012.-№ 3 -С. 46-52.

### ***Abstract***

*The analysis of structural changes in the operation of the cutting tool used for nuts crushing in the confectionery industry of structural steel 65Mg is carried out. Using the mathematical methods the quantitative estimation of deformation degree different blade areas is carried out.*

**УДК 621. 629.3; 669.54. 793**

### **ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ**

**С.К. Тойгамбаев<sup>1</sup>, к.т.н., профессор,**

**С.О. Нукешев<sup>2</sup>, д.т.н., доцент, С.Н. Романюк<sup>2</sup>, аспирант**

*<sup>1</sup>Московский государственный университет природообустройства,  
г. Москва, Российская Федерация, <sup>2</sup>Казахский агротехнический  
университет им. С.Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан*

*В статье приводится краткий анализ существующих способов восстановления бронзовых подшипников скольжения. Изложены некоторые результаты исследований и опытов в области восстановления их работоспособности. Предлагаются конструктивные решения приспособлений для восстановления подшипников скольжения.*

### Введение

Применение прогрессивных технологий при восстановлении изношенных деталей в 5...8 раз сокращает количество операций по сравнению с их изготовлением, 10...20 раз снижает расход материалов. В результате применения ремонтных технологий себестоимость восстановления многих деталей составляет 60...80% от себестоимости новых. В настоящее время разработка новых технологий ремонта изношенных деталей или совершенствование существующих восстановительных операций становится ещё более актуальной.

Большинство деталей выходит из строя из-за потери функциональных свойств, связанных с износом сопрягаемых поверхностей. Поэтому, как правило, рекомендуемые ремонтные технологии связаны с восстановлением изношенных поверхностей до их номинального размера. При этом одновременно становится задачей повысить износостойкость восстанавливаемой поверхности по сравнению с новой. Это особенно важно при ремонте деталей, изготовленных из достаточно дефицитных материалов (цветные сплавы). Чаще всего конструкции этих деталей представляют собой бронзовые подшипники скольжения в виде втулок, которые нашли широкое применение в сельскохозяйственных, транспортных и технологических машинах. Они способны воспринимать значительные знакопеременные нагрузки, выдерживать высокие скоростные и температурные режимы, работать в условиях недостаточной смазки, в присутствии абразива, воды и других агрессивных сред, благодаря низкому коэффициенту трения, хорошей сопротивляемости износу и коррозии, высоким механическим и технологическим свойствам [1, 2]. Указанные преимущества позволяют использовать бронзовые подшипниковые втулки в двигателях (втулка верхней головки шатуна, втулка турбокомпрессора), в тяжелонагруженных узлах трения (втулки опорных и поддерживающих катков, подъемных стрел, поворотной платформы экскаватора, втулки балансиров, опорных кареток и натяжных колес тракторов). Например, только в одном экскаваторе ЭО - 5111 в опорных роликах гусеничной тележки используется 24 бронзовые втулки, в поддерживающих роликах – 6 втулок и в ведущих и направляющих колёсах – 10 штук. В большинстве случаев бронзовые подшипниковые втулки имеют цилиндрическую форму с гладкими наружными и внутренними поверхностями. Иногда конструктивное исполнение предусматривает маслосъемную канавку на внутренней поверхности. При эксплуатации машин происходит износ внутренней рабочей поверхности бронзовых втулок, пределы работы которых рекомендуют подразделять на 3 категории, исходя из его величины на диаметр:

- 1 – втулки, работоспособность которых прекращается при износе до 0,1 мм;
- 2 – втулки, теряющие работоспособность при износе до 2,0 мм;
- 3 – втулки с износом более 2,0 мм.

Диаметр втулок колеблется от 20 до 250 мм, масса от 0,070 до 8 кг.

В настоящее время в промышленности используется большое количество различных марок бронз. Наиболее распространенные среди них оловянистые бронзы - БрОЦС5-5-5, БрОЦС6-6-3, БрОЦС4-4-2, алюмино-железистые бронзы - БрАЖ9-4, БрАЖМц1-3-1,5), свинцовистые бронзы - БрС-30.

Все указанные марки бронз обладают высокими антифрикционными свойствами, коррозионной стойкостью, прочностью и хорошей теплопроводностью. Анализ номенклатуры деталей бронзовых подшипниковых втулок, используемых в тяжелонагруженных узлах машин показал, что наиболее часто применяются оловянистые и алюминиевые бронзы (БрОЦС5-5-5, БрАЖ9-4).

### **Основная часть**

В настоящее время самым распространенным способом при восстановлении работоспособности агрегата или сборочной единицы, в котором вышла из строя бронзовая подшипниковая втулка, является замена изношенной втулки новой, изготовленной из заготовки аналогичной марки бронзы. Однако высокая стоимость изготовления новой втулки делает этот способ крайне неэкономичным. За последние 15...20 лет в ремонтном производстве накопился определенный опыт восстановления изношенных бронзовых деталей: осадка, обкатка, заливка, а также бронзовые втулки восстанавливают и термомодифицированными способами, наплавкой и напеканием. Выбор рационального способа восстановления зависит и от конструктивно – технологических особенностей рабочей поверхности деталей: формы и размера, состава бронзы и вида термообработки, поверхностной твердости и шероховатости, плотности и пористости, от условий работы и вида трения, величины износа и, что немаловажно от стоимости восстановления. Для учета всех этих факторов обычно рекомендуется последовательно пользоваться тремя критериями:

- технологическим критерием или критерием применимости;
- критерием долговечности;
- технико-экономическим критерием (отношением стоимости восстановления к коэффициенту долговечности) [2].

В практике ремонтного производства существуют большое количество способов восстановления бронзовых подшипников скольжения. На рисунке 1 указаны способы, которые имеют наиболее широкое применение.

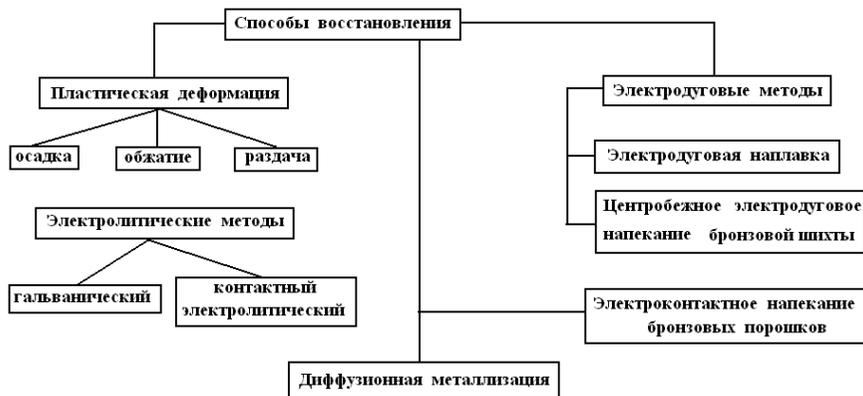


Рисунок 1 – Основные способы восстановления бронзовых подшипников скольжения

Наиболее простым методом восстановления бронзовых подшипников скольжения является метод пластической деформации.

Пластическую деформацию втулок выполняют как в холодном, так и в горячем состоянии. Основными видами пластической деформирования являются осадка и обжатие.

Для осадки втулок применяют гидравлические прессы с усилием в 20...40 МПа.

Величину давления при осадке определяют по формуле:

$$P = \sigma_t (1 + d / 6 \cdot \ell); \text{ МПа} \quad (1)$$

где  $\sigma_t$  – предел текучести материала детали, МПа;

$d$  – наружный диаметр втулки после осадки, мм;

$\ell$  – длина втулки, мм.

Результатом обжатия втулок является уменьшение их наружного и внутреннего диаметров в результате пластической деформации. Технология восстановления втулок этим методом предполагает продавливание их через цилиндрические отверстия заданного диаметра Добж. Следовательно, изменение наружного диаметра составит:

$$\text{Добж} = D_0 - D_{\text{обж}} \quad (2)$$

При обжатии, в результате пластической деформации, происходит некоторое вытягивание втулки в длину и увеличение толщины стенки.

Отметим, что для того, чтобы втулку можно было восстановить, внутренний диаметр должен оказаться меньше исходного  $d_{\text{ном}}$  по чертежу втулки, чтобы после запрессовки и расточки втулки в составе блока, ее внутренний диаметр снова вернулся к исходному значению  $d_0$ .

Технология восстановления втулок обжатием предполагает продавливание их через цилиндрические отверстия определенного диаметра деформирующего элемента (матрицу). Среди известных конструкций обжимок, матрица является неподвижным элементом. На кафедре «Технологии металлов и ремонта машин» МГУ Природообустройства проводятся исследования по разработке различных технологий восстановления бронзовых подшипников скольжения. Одним из направлений по этой тематике являются исследования по воздействию пластической деформации с помощью вращающихся матриц при восстановлении бронзовых втулок. В качестве обжимного элемента рекомендуется использовать вращающиеся матрицы (рисунок 2), принципиальная схема обжима втулок показана на рисунке 3, на рисунке 4 – ручка привода роликов.

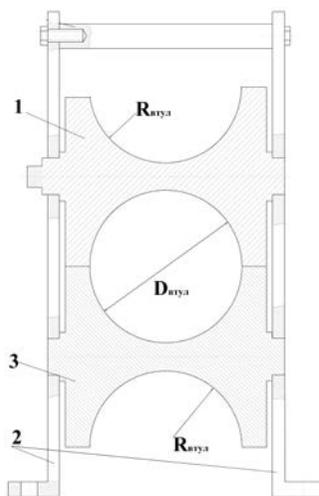


Рисунок 2 – Продольный разрез установки для обжатия втулок вращающимися матрицами:

1 – верхний ролик, 2- вертикальные стойки, 3 – нижний ролик

Данный метод отличается простотой и доступностью в использовании, однако он не всегда применим, и сочетание других методов при восстановлении бронзовых подшипников скольжения просто необходимо. Например, для сопряжения, воспринимающих значительные удельные нагрузки, уменьшение длины втулок допускается не более чем на 5...8%, для менее нагруженных втулок – на 10...15% от их первоначальной длины. С уменьшением длины осаживаемой втулки за счет уменьшения площади ее поверхности, резко увеличивается давление вала на втулку, что вызывает повышенный износ и сокращение ресурса втулки.

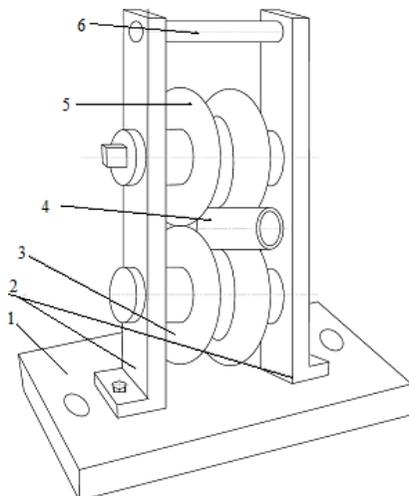


Рисунок 3 – Общий вид установки для обжатия втулок вращающимися матрицами:  
1 – стальная платформа, 2- вертикальные стойки, 3 – нижний ролик, 4 –  
восстанавливаемая втулка, 5 – верхний ролик, 6 – упорная планка

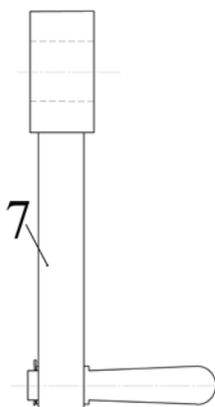


Рисунок 4 – Ручка  
привода роликовой  
матрицы

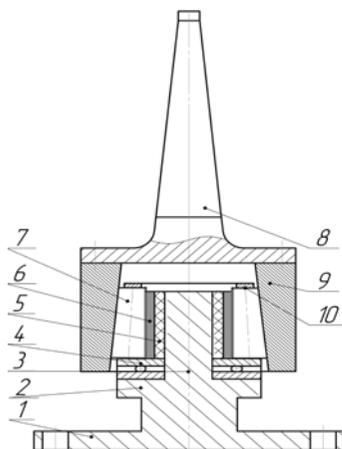


Рисунок 5 – Многороликовая обжатка бронзовых  
подшипников скольжения:  
1- нижняя платформа опоры- матрицы, 2- верхняя  
платформа опоры-матрицы, 3- ствол опоры-матрицы, 4-  
упорный подшипник, 5- гидропласт, 6- втулка для  
обжима, 7- деформирующий ролик, 8- нажимной конус,  
9- коническая оправка, 10- сепаратор

Поэтому данным способом рекомендуется восстанавливать бронзовые втулки с внутренним диаметром до 60 мм и величиной износа до 0,2 мм.

Процесс обжатия втулок предусматривает уменьшение их наружного и внутреннего диаметра в результате пластической деформации. Наиболее часто встречающаяся рекомендация в литературе – это обжатие с помощью конусной матрицы [3].

Однако конкретных исследований по предлагаемой схеме обжатия бронзовых втулок не встречается.

С целью разработки различных технологий восстановления бронзовых подшипников скольжения, проводятся исследования по воздействию пластической деформации с помощью роликовых инструментов (рисунок 5). В конструкции предусмотрены конические деформирующие ролики 7, количество которых зависит от наружного диаметра деформируемой поверхности бронзовой втулки 6.

Но особенностью данной конструкции является одновременная деформация наружной поверхности втулки по всей ее длине за счет сочетания конических деформирующих роликов 7 и нажимного конического конуса 8, при перемещении которого по образующей роликов создаются радиальные осевые силы, вызывающие пластическую деформацию металла наружной поверхности втулки.

Вращение деформирующих роликов вокруг наружной поверхности втулки и плавное нагружение радиальной силой этой поверхности за счет различной скорости перемещения нажимного конического конуса создает условие, позволяющее проводить процесс обжима наружной поверхности втулки на различную величину.

### **Заключение**

Представлены новые технологии по изучению режимов обжатия бронзовых втулок, изменению их физико-механических свойств после обкатывания и обжатия, позволяющие разработать технологический процесс восстановления бронзовых подшипников скольжения.

### **Литература**

1. Бурумкулов, Ф.Х. Работоспособность и долговечность восстановленных деталей и сборочных единиц машин / Ф.Х. Бурумкулов, П.П. Лезин П.П. - Мордовский университет, 1993. – 120 с .
2. Технология ремонта машин / Е.А. Пучин [и др.], часть 1. М.: УМЦ Триада. - 2006. Ч.1. – 346 с.
3. Аверкин, Ю.А. Исследования обжима полых цилиндрических заготовок / Ю.А. Аверкин // Инженерные методы расчёта процессов обработки металлов давлением: Сб. научных трудов. М.: Машгиз. – 1957. – С.167-190.

**Abstract**

*The article gives a brief analysis of existing methods of recovery bronze bearings. Some results of the researches and experiments in the field of restoration of working capacity of the bearings. Offers design solutions devices for recovery bearings.*

УДК 620.178

**МАШИНА ТРЕНИЯ ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ  
ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЙ В АПК**

**В.М. Сорокин<sup>1</sup>, д.т.н., профессор, А.А. Тихонов<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
В.В. Иванов<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, Н.М. Тудакова<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,  
А.В. Михеев<sup>2</sup>, к.т.н., доцент, В.А. Зотова<sup>2</sup>, к.т.н., доцент**

*Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, Ниже-  
городский государственный технический университет им. Р.И. Алексеева,  
г. Нижний Новгород, Российская Федерация*

*Приводится описание новой конструкции машины трения для уско-  
ренных испытаний материалов и результаты ее апробации.*

Современная сложная машина типа автомобиля или трактора, а также сложный прибор, агрегат (двигатель или трансмиссия) подвергаются в процессе производства длительным ресурсным испытаниям различных видов (доводочные, определительные, исследовательские и др.), поэтому пути сокращения их продолжительности имеют важное значение [1,2].

Один из очевидных путей сокращения длительности всего комплекса испытаний – увеличение числа одновременно испытываемых изделий или образцов, в том числе одновременно по времени, в одном цикле, в различных условиях нагружения, смазывания и других факторах. С этой целью, на основе анализа литературных источников, патентов, профессором В.М. Сорокиным с сотрудниками была разработана, изготовлена и апробирована многопозиционная, многоцелевая машина трения (ММТ) для проведения многофункциональных трибологических испытаний образцов, обеспечивающая высокую производительность, точность и достоверность результатов испытаний (заявление на выдачу патента РФ от 21.03.2014г.).

Конструктивная схема разработанной ММТ изображена на рис.1. Она состоит из основания 1, на котором закреплены опоры 2, обеспечивающие свободное вращение от электродвигателя 3 вала 4 с образцами 5, к которым поджимаются узлом прижима 6 контробразцы 7, шарнирно установленные в профрезерованные гнезда в стаканах 8. Стаканы закреплены с