

Пластическая деформация при восстановлении подшипников скольжения

Канд. техн. наук Н. Н. РОМАНИЮК, инж. С. Н. РОМАНИЮК (Белорусский ГАТУ),
канд. техн. наук С. К. ТОЙГАМБАЕВ (РГАУ — МСХА им. К. А. Тимирязева),
д-ра техн. наук С. О. НУКЕШЕВ (КазАТУ), В. Г. КУШНИР (Костанайский ГУ, valkush@mail.ru)

Аннотация. Приведен краткий анализ способов восстановления бронзовых подшипников скольжения. Предложены приспособления, которые позволят разработать технологические процессы восстановления подшипников скольжения различными методами.

Ключевые слова: подшипники скольжения, восстановление, метод, приспособление, конструкционное решение, конус, скорость перемещения, втулка.

Plastic deformation during the recovery of sleeve bearings

N. N. ROMANYUK, S. N. ROMANYUK (Belarus State Agrarian Technical University),
S. K. TOYGAMBAYEV (Russian State Agrarian University — Moscow K. A. Timiryazev Agricultural
Academy), S. O. NUKESHEV (Kazakh Agrotechnical University), V. G. KUSHNIR (Kostanay State
University, valkush@mail.ru)

Summary. The article provides a brief analysis of methods for recovery of bronze sleeve bearings. Some devices are proposed that will allow to develop the technological processes of recovery of sleeve bearings by various methods.

Keywords: sleeve bearings, recovery, method, device, design, tapered cone, moving speed, bush.

Несмотря на определенные трудности, которые сложились в сфере ремонта с.-х., транспортных и технологических машин, остаются актуальными вопросы совершенствования существующих технологических процессов восстановления деталей и узлов таких машин, а также разработка новых процессов их ремонта.

Хорошо известно, что применение прогрессивных технологий при восстановлении изношенных деталей в 5—8 раз сокращает количество операций по сравнению с их изготовлением и в 10—20 раз снижает расход материалов. Благодаря применению ремонтных технологий себестоимость восстановления многих деталей составляет 60—80 % от стоимости новых. К тому же сегодня стоимость новых машин такова, что эксплуатирующие организации зачастую не имеют возможности их приобрести.

Большинство деталей с.-х., транспортных и технологических машин выходит из строя из-за потери функциональных свойств в связи с износом сопрягаемых поверхностей. Поэтому при ремонте, как правило, применяются технологии восстановления изношенных поверхностей до номинального размера. В то же время ставится задача повышения износостойкости восстанавливаемой поверхности по сравнению с заводской (новой) деталью. Это особенно важно при ремонте деталей, изготовленных из дефицитных мате-

риалов, к которым относятся цветные сплавы, в основном бронзовые. Чаще всего это бронзовые подшипники скольжения в виде втулок.

Бронзовые подшипниковые втулки нашли широкое применение в с.-х., 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 (верхней головке шатуна, турбокомпрессоре), тяжелонагруженных узлах трения (опорных и поддерживающих катках, подъемных стрелах, поворотной платформе экскаватора, балансирах, опорных каретках и тяжелых колесах тракторов). Например, в одном только экскаваторе ЭО-5111 в опорных роликах гусеничной тележки используются 24 бронзовые втулки, в поддерживающих роликах — 6 втулок, в ведущих и направляющих колесах — 10 втулок.

В большинстве случаев бронзовые подшипниковые втулки имеют цилиндрическую форму, гладкие наружные и внутренние поверхности. Иногда конструкционное исполне-

ние предусматривает наличие маслосъемной канавки на внутренней поверхности.

При эксплуатации транспортных и технологических машин природообустройства происходит износ внутренней рабочей поверхности бронзовых втулок, пределы которого подразделяют на три категории, исходя из его величины на диаметр: до 0,1 мм, до 2 мм, более 2 мм. Диаметр втулок колеблется от 20 до 250 мм, масса — от 0,07 до 8 кг.

В настоящее время в промышленности используется большое количество различных марок бронз. Наиболее распространены оловянистые бронзы БрОЦС5-5-5, БрОЦС6-6-3, БрОЦС4-4-2, алюмино-железистые БрАЖ9-4, БрАЖМц1-3-1,5 и свинцовистые БрС-30. Все указанные марки бронз обладают высокими антифрикционными свойствами, коррозионной стойкостью, прочностью и хорошей теплопроводностью. Анализ номенклатуры бронзовых подшипниковых втулок, используемых в тяжелонагруженных узлах с.-х., транспортных и технологических машин природообустройства, показал, что наиболее часто применяются оловянистые бронзы БрОЦС5-5-5 и алюминиевые БрАЖ9-4.

Самый распространенный способ восстановления работоспособности агрегата или сборочной единицы при выходе из строя бронзовой подшипниковой втулки — замена изношенной втулки на новую, изготовленную из бронзы аналогичной

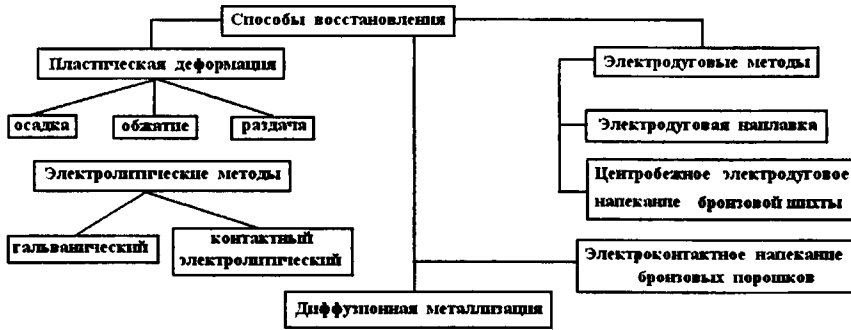


Рис. 1. Основные способы восстановления бронзовых подшипников скольжения

марки. Однако высокая стоимость изготовления новой втулки делает этот способ весьма затратным.

За последние 15–20 лет в ремонтном производстве накопился определенный опыт восстановления изношенных бронзовых деталей такими методами, как осадка, обжатка, заливка. Бронзовые втулки восстанавливают и термодиффузионными методами — наплавкой и напеканием.

Выбор рационального способа восстановления деталей зависит и от конструктивно-технологических особенностей их рабочих поверхностей: формы и размеров, состава бронзы и вида термообработки, поверхностной твердости и шероховатости, плотности и пористости, условий работы и вида трения, величины износа и, что немаловажно, стоимости ремонта. Для учета всех этих факторов рекомендуется последовательно использовать три критерия:

- технологический, или критерий применимости;
- критерий долговечности;
- технико-экономический критерий (отношение стоимости восстановления к коэффициенту долговечности) [2].

В практике ремонтного производства есть много способов восстановления бронзовых подшипников скольжения. На рис. 1 указаны наиболее распространенные из них. Самый простой метод — пластическая деформация, которую выполняют как в холодном, так и в горячем состоянии. Основные ее виды — осадка и обжатие (рис. 2).

Осадка применяется для уменьшения внутреннего и увеличения наружного диаметра втулки за счет уменьшения ее длины. Для осадки втулок используют гидравлические прессы с усилием 20–40 МПа.

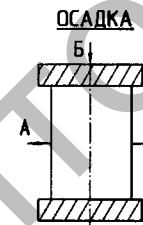
Давление при осадке определяют по формуле:

$$P = \sigma_T \left(1 + \frac{d}{6l}\right), \quad (1)$$

где σ_T — предел текучести материала детали, МПа; d — наружный диаметр втулки после осадки, мм; l — длина втулки, мм.

Результат обжатия втулок — уменьшение их наружного и внутреннего диаметров в результате пластической деформации. Технология восстановления втулок этим методом предполагает их продавливание через цилиндрические отверстия заданного диаметра $D_{обж}$. Следовательно, изменение наружного диаметра составит:

$$\Delta_{обж} = D_0 - D_{обж}. \quad (2)$$



Конструктивное решение

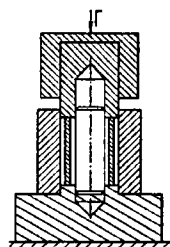
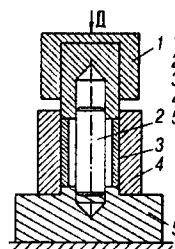
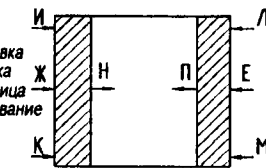
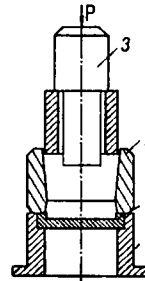


Рис. 2. Некоторые способы восстановления бронзовых втулок пластическим деформированием

Обжатие
Схема

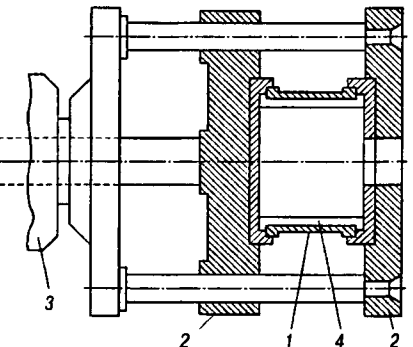


Конструктивное решение



- 1 - Основание
- 2 - Конусная матрица
- 3 - Пуансон
- 4 - Контрольная втулка

Заливка
Конструктивное решение



- 1 - Втулка
- 2 - Поджимные фланцы
- 3 - Вращающийся элемент (патрон)
- 4 - Жидкий металл

При обжатии в результате пластической деформации происходит некоторое вытягивание втулки в длину и увеличение толщины стенки, потому что после обжатия не должен меняться объем материала, из которого изготовлена деталь.

Отметим, что восстановление втулки возможно в том случае, если ее внутренний диаметр существенно (по крайней мере на несколько десятых долей миллиметра) меньше исходного $d_{ном}$ по чертежу: после запрессовки и расточки втулки в составе блока ее внутренний диаметр должен снова вернуться к исходному значению d_0 .

При восстановлении втулок обжатием они продавливаются через цилиндрические отверстия определенного диаметра деформирующего элемента, называемого матрицей. В известных на сегодняшний день конструкциях матрица — неподвижный элемент.

На кафедре технологий металлов и ремонта машин РГАУ — МСХА им. К. А. Тимирязева проводятся исследования по разработке различных технологий восстановления бронзовых подшипников скольжения. Одно из направлений — изучение пластической деформации при восстановлении бронзовых втулок с ис-

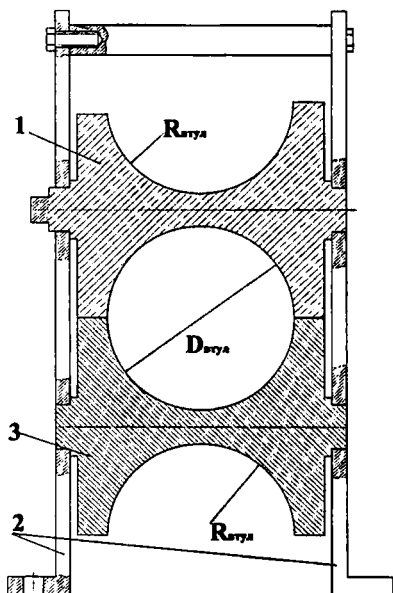


Рис. 3. Продольный разрез установки для обжатия втулок вращающимися матрицами:

1 — верхний ролик; 2 — вертикальные стойки; 3 — нижний ролик

пользованием вращающихся матриц в качестве обжимного элемента. Разрез установки с вращающимися матрицами представлен на рис. 3, а ее общий вид и ручка привода роликов — на рис. 4.

Данный метод отличается простотой и доступностью, однако он не всегда применим. Необходимо сочетание с другими методами восстановления бронзовых подшипников скольжения. В связи с этим проводятся также разработки и испытания приспособлений с неподвижной матрицей.

Например, для сопряжений, воспринимающих значительные удельные нагрузки, допускается уменьшение длины втулок не более чем на 5–8 %, для менее нагруженных — на 10–15 % от первоначальной длины. При осадке с уменьшением длины втулки за счет уменьшения площади ее поверхности резко увеличивается давление вала на втулку, что вызывает повышенный износ и сокращение ресурса детали. Поэтому данным способом рекомендуется восстанавливать бронзовые втулки с внутренним диаметром до 60 мм и величиной износа до 0,2 мм. При обжатии наружный и внутренний диаметры уменьшаются в результате пластической деформации. Наиболее часто в литературе рекомендуется обжатие с помощью конусной матрицы [3].

Однако конкретных исследований по предлагаемой схеме обжатия бронзовых втулок нет.

С целью разработки различных технологий восстановления бронзовых подшипников скольжения проводятся исследования пластической деформации с использованием роликовых инструментов. Один из вариантов установки для многороликовой обкатки втулок представлен на рис. 5. В конструкции предусмотрены конические деформирующие ролики, количество которых зависит от наружного диаметра поверхности бронзовой втулки.

Особенность данной конструкции заключается в одновременной деформации наружной поверхности втулки по всей ее длине за счет сочетания конических деформирую-

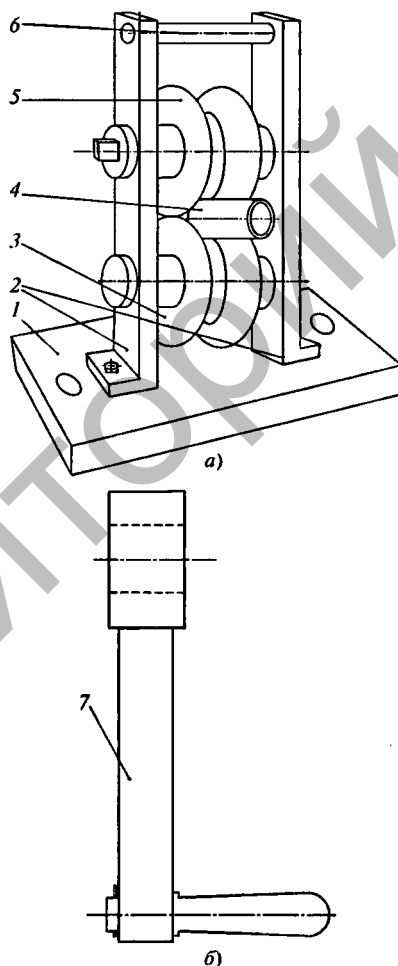


Рис. 4. Общий вид установки с вращающимися матрицами (а) и ручки привода роликов (б):

1 — стальная платформа-основа; 2 — вертикальные стойки; 3 — нижний ролик; 4 — восстанавливаемая втулка; 5 — верхний ролик; 6 — упорная планка; 7 — ручка привода роликовой матрицы

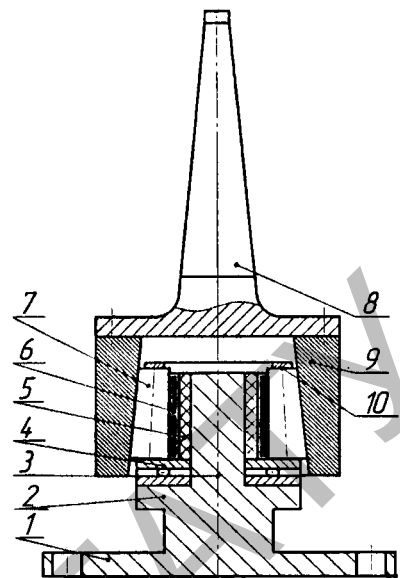


Рис. 5. Установка для многороликовой обкатки бронзовых подшипников скольжения:

1 — нижняя платформа опоры-матрицы; 2 — верхняя платформа опоры-матрицы; 3 — ствол опоры-матрицы; 4 — упорный подшипник; 5 — гидропласт; 6 — втулка для обжатия; 7 — деформирующий ролик; 8 — коническая оправка; 9 — коническая оправка; 10 — сепаратор

щих роликов и нажимного конуса. При перемещении конуса по образующей роликов создаются радиальные осевые силы, вызывающие пластическую деформацию металла наружной поверхности втулки.

Вращение деформирующих роликов вокруг наружной поверхности втулки и плавное нагружение этой поверхности радиальной силой за счет различных скоростей перемещения нажимного конуса позволяют регулировать величину обжатия.

Предложенные приспособления позволяют разработать технологические процессы восстановления бронзовых подшипников скольжения различными методами.

Литература и источники

1. Бурмукулов Ф. Х., Лезин П. П. Работоспособность и долговечность восстановленных деталей и сборочных единиц машин. — Саранск: Изд-во МГУ им. Н. П. Огарева, 1993.
2. Технология ремонта машин. Ч. 1 / Е. А. Пучин и др. — М.: УМЦ Триада, 2006.
3. Аверкиев Ю. А. Исследования обжима полых цилиндрических заготовок // Инженерные методы расчета процессов обработки металлов давлением: Сб. науч. тр. — М.: Машгиз, 1957.