

УДК 502/504:621.9

А. П. ШНЫРЁВ, П. В. ГОЛИНИЦКИЙ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

## РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ БРОНЗОВЫХ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ПРИ ИХ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

*Приведена схема установки для проведения пластической деформации бронзовых подшипников скольжения методом объемного обжатия. Представлены результаты размерного анализа экспериментальных данных. Дан ряд рекомендаций.*

*Подшипники скольжения, обжатие, коэффициент обжатия, диаметр матрицы.*

*There is given an installation diagram for performing a plastic deformation of bronze slider bearings by a method of volumetric drafting. The results of the dimensional analysis of the test trial data are given. There are given some recommendations.*

*Slider bearings, draft, draft ratio, matrix diameter.*

Бронзовые подшипниковые втулки находят широкое применение в сельскохозяйственных, мелиоративных и транспортно-технологических машинах природообустройства. Благодаря специфическим свойствам бронзовые подшипниковые втулки наилучшим образом зарекомендовали себя в сборочных единицах, работающих при значительных нагрузках, переменных по величине и направлению, а также при работе в особых условиях – в воде, агрессивных средах, при высоких скоростях скольжения.

В конструктивном исполнении бронзовые подшипниковые втулки имеют самые различные формы. Наиболее часто это цилиндрические втулки, с гладкими наружными и внутренними поверхностями. Диаметры бронзовых втулок колеблются от 20 до 250 мм, а их масса от 70 г до 8,2 кг.

Для проведения размерного анализа бронзовых подшипников скольжения, подвергнутых пластической деформации методом объемного обжатия, были выбраны образцы, изготовленные из бронзы БрО5Ц5С5 (ГОСТ 613–79) с толщиной стенки 4 мм. Наружный диаметр образца составлял 49 мм, длина образца 22 мм.

Бронзовые подшипники перечисленных машин с учетом величины износа внутренних поверхностей рекомендуют подразделять на три категории:

первая – подшипники, работоспособность которых прекращается при износе до 0,1 мм;

вторая – подшипники, теряющие работоспособность при износе до 2,0 мм;

третья – подшипники с износом

более 2,0 мм.

Для восстановления бронзовых подшипников скольжения первой категории наиболее эффективны гальванические методы. Для восстановления подшипников второй и третьей категорий применяют технологии на основе пластической деформации.

В данной статье представлены результаты изменения размеров наружного диаметра бронзовых втулок после объемной пластической деформации, осуществляемой путем их обжатия на установке через матрицу (рис. 1, 2).

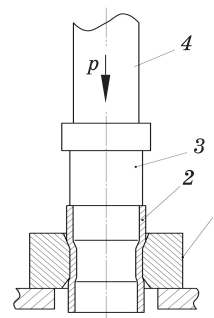


Рис. 1. Схема установки объемного обжатия: 1 – матрица, 2 – втулка, 3 – оправка, 4 – шток пресса

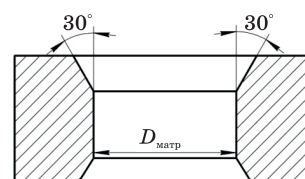


Рис. 2. Схема матрицы

Одной из оценочных характеристик при выборе усилия деформации бронзовых сплавов является величина соотношения размера диаметра матрицы  $D_{\text{матр}}$  и размера наружного диаметра втулки  $D_{\text{нар}}$ . Данное соотношение обозначено символом  $\beta$ . Для экспериментов, с учетом достаточно противоречивых рекомендаций в литературных источниках по величине  $\beta$ , были приняты следующие ее значения: 0,92; 0,94; 0,96 и

0,98. Таким образом, диаметр матрицы составлял 45, 46, 47 и 48 мм. Разность между наружным диаметром втулки (49 мм) и переменным диаметром матрицы ( $\Delta D$ ) соответствовало 4, 3, 2 и 1 мм. Толщина деформируемого слоя втулки была 2; 1,5; 1,0 и 0,5 мм.

В таблице 1 приведены результаты экспериментов при объемном пластическом деформировании бронзовых втулок.

Таблица 1

Изменения размеров наружных диаметров				
Диаметр матрицы, мм	45,0	46,0	47,0	48,0
Исходный диаметр, мм	49,0	49,0	49,0	49,0
$\Delta D$ , мм	4,0	3,0	2,0	1,0
Толщина деформированного слоя, мм	2,0	1,5	1,0	0,5
Диаметр после обжатия, мм	45,3	46,3	47,3	48,2
Уменьшение размера $\Delta d$ , мм	3,7	2,7	1,7	0,8

Способность к объемной пластической деформации металла характеризуется коэффициентом обжатия  $K_{\text{обж.}}$ .

Коэффициент обжатия определяли так:

$$K_{\text{обж.}} = \frac{d_{\text{ср}}^{\text{обж}}}{D_{\text{ср}}}$$

где  $d_{\text{ср}}^{\text{обж}}$  – средний диаметр втулки после обжатия, мм;  $D_{\text{ср}}$  – средний диаметр втулки до обжатия, мм.

Средний диаметр втулки определял-

ся как полусумма его наружного и внутреннего диаметров.

Эффективность объемного обжатия

$$\gamma \% = \frac{\Delta d}{\Delta D} \cdot 100 \%$$

Полученные значения  $K_{\text{обж.}}$  и  $\gamma \%$  в результате экспериментов представлены в табл. 2.

По данным таблицы 2 построены графики зависимостей  $K_{\text{обж.}}$  от  $\beta$  и  $\gamma \%$  от  $\beta$  (рис. 3, 4).

Таблица 2

Значения коэффициента обжатия

Средний диаметр до обжатия, мм	45,00	45,00	45,00	45,00
Средний диаметр после обжатия, мм	41,30	42,25	43,30	44,40
Уменьшение размера $\Delta d$ , мм	3,70	2,70	1,70	0,80
Коэффициент обжатия	0,92	0,94	0,96	0,98
Эффективность объемного обжатия, %	92,50	90,00	85,00	80,00

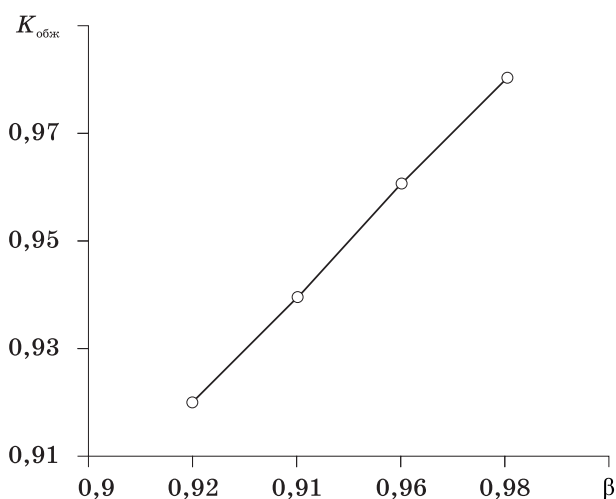


Рис. 3. Зависимость  $K_{\text{обж.}}$  от  $\beta$

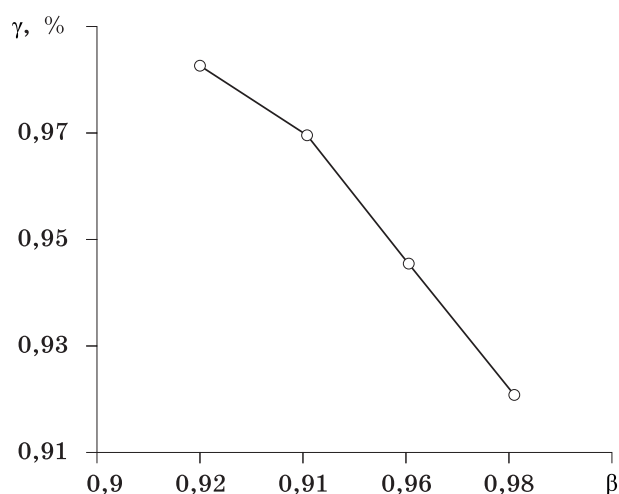


Рис. 4. Зависимость  $\gamma \%$  от  $\beta$

График на рисунке 3 подтверждает совпадение значений  $K_{обж.}$  и соотношения размеров диаметра матрицы  $D_{матр}$  и наружного диаметра втулки  $D_{нар}$   $\beta$ , что позволяет рассчитать величину диаметра обжимной матрицы, руководствуясь значением коэффициента обжатия, не привязываясь к конкретной величине наружного диаметра втулки. Данное совпадение объясняется неизменным объемом металла втулки до обжатия и после.

Эффективность объемного обжатия, показанная на рисунке 4, возрастает линейно по мере увеличения значения  $\beta$ , однако, достигнув отметки 90 %, темп роста эффективности объемного обжатия снижается, что можно объяснить возросшими внутренними силами сопротивления.

#### Выводы

Внутренний диаметр обжимной матрицы определяется коэффициентом обжатия  $K_{обж.}$ .

Величина объемного обжатия стенки бронзовой втулки возрастает линейно в соответствии с величиной коэффициента обжатия.

Наибольшая эффективность объемного обжатия втулки достигается

при  $\beta$  0,94.

1. Бурмаков Ф. Х., Лезин П. П. Работоспособность и долговечность восстановленных деталей и сборочных единиц машин. – Саранск: Изд-во Мордовского университета, 1993. – 120 с.

2. Калмуцкий В. С. Прогнозирование ресурса деталей машин и элементов конструкций. – Кишинёв: Штиница, 1989. – 160 с.

3. Аверкин Ю. А. Исследование обжима полых цилиндрических заготовок: Инженерные методы расчета процессов обработки металлов давлением: сб. науч. трудов. – М.: Машгиз, 1957. – С. 167–190.

4. Полухин П. И. Технология процессов обработки металлов давлением. – М.: Металлургия, 1988. – 408 с.

Материал поступил в редакцию 10.09.13.

*Шнырёв Анатолий Павлович, кандидат технических наук, профессор кафедры «Технологии металлов и ремонт машин»*  
Тел. 8 (499) 976-21-61

*Голиницкий Павел Вячеславович, аспирант*

Тел. 8-906-707-92-99

E-mail: golinitskiy@yandex.ru