

ВЫТЯЖКА ДЕТАЛЕЙ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

П. А. Петруников

Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Беларусь

Научный руководитель Н. И. Стрикель

Наиболее распространенным способом изготовления втулок радиальных самосмазывающихся подшипников скольжения является припекание порошка оловянистой бронзы к стальной ленте, заполнения пор бронзового слоя фторопластом, полимеризация фторопласта, отрезка полосовой заготовки, гибка кольца в штампе, калибровка. Недостатком такого способа является наличие стыка согнутых краев полосы. При вибрациях, динамических нагрузках, а также при том или ином режиме работы, если втулка вращается, а ось подшипника неподвижна, происходит выкрашивание бронзового слоя и преждевременный выход подшипника из строя. Разработанный патентно-защищенный [1] способ изготовления цельнотянутых композиционных втулок подшипников скольжения позволяет устранить данный недостаток и повысить долговечность и надежность подшипников.

Целью работы является определение основных параметров и технологических возможностей нового способа для его внедрения на производстве.

На рис. 1 дана схема вытяжки втулки подшипника. Порошок оловянистой бронзы 4 размещается между боковыми стенками предварительно вытянутой стальной полой заготовки 3 и пуансоном 1, и производится вытяжка в штампе через матрицу 2.

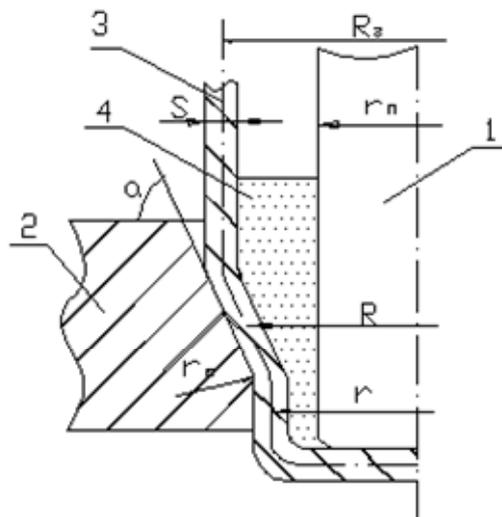


Рис. 1. Схема вытяжки втулки подшипника: 1 – пуансон; 2 – матрица;
3 – стальная полая заготовка; 4 – порошок оловянистой бронзы

После спекания в вакуумной электропечи при температуре 925° в течение 25 мин по подобной же схеме размещали между спеченным бронзовым слоем и пу-

ансоном фторопласт в дисперсном виде и производили еще одну операцию вытяжки, достигая полного заполнения пор фторопластом, затем производили полимеризацию фторопласта при температуре 390° в течение 4,5 ч. Донную часть удаляли на токарном станке.

Рассматривая равновесие сил, приложенных к выделенному кольцевому элементу очага деформации размером dR , получаем дифференциальное уравнение, решение которого дало следующую расчетную зависимость для определения максимального значения дополнительного напряжения в конце очага деформации при $R = r$ в следующем виде:

$$\sigma_{\text{доп}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\mu \cdot P_{\text{к}} (R_3 - R)^2}{S \cdot \cos \alpha (R_3 - r)}, \quad (1)$$

где μ – коэффициент трения между стальной заготовкой и матрицей; $P_{\text{к}}$ – давление в порошковом слое при $R = r$; R_3 – радиус полой стальной заготовки перед вытяжкой (рис. 1); r – радиус стального слоя в изделии; R – радиус стальной заготовки в очаге деформации; S – толщина стенок стальной заготовки; α – угол конусного отверстия в матрице.

Максимальное полное напряжение растяжения $\sigma_{\text{п}}$ в стальной заготовке в конце очага деформации определим по формуле

$$\sigma_{\text{п}} = \sigma_0 + \sigma_{\text{доп}}, \quad (2)$$

где σ_0 – максимальное растягивающее напряжение в стальной заготовке при вытяжке без порошка может быть рассчитано по известным формулам.

Величину усилия совместной вытяжки рассчитываем по формуле

$$P = 2\pi r S \sigma_{\text{п}}. \quad (3)$$

С учетом проталкивания через матрицу максимальное усилие вытяжки будет равно:

$$P_{\text{max}} = K_{\text{пр}} P, \quad (4)$$

где $K_{\text{пр}} = 1,2-1,3$ – коэффициент проталкивания [2, с. 171].

Величину относительного обжатия порошка при совместной вытяжке определим следующим образом:

$$\varepsilon = \frac{2R_3 - S - 2r_{\text{п}}}{2r - S - 2r_{\text{п}}}. \quad (5)$$

Плотность порошкового слоя $\rho_{\text{п}}$ в г/см³ определим из эмпирической зависимости [3, с. 102]:

$$\rho_{\text{п}} = a + b \cdot \varepsilon, \quad (6)$$

где a и b – опытные коэффициенты.

В работе [3] при вытяжке для порошка оловянистой бронзы $a = 4,485$, $b = 0,242$. Величину давления в порошковом слое $p_{\text{к}}$ определим по опытным данным, приве-

денным в работе [3], в зависимости от плотности порошкового слоя ρ_n . Так же, как и в работе [3], доказаны опытным путем схожесть таких же зависимостей, получаемых при вытяжке и прессовании, поэтому можно использовать рекомендации справочников по порошковой металлургии.

Опытную проверку разработанных математических моделей провели путем вытяжки стальных заготовок с порошком оловянистой бронзы и без порошка на испытательной машине P50 с фиксацией усилия вытяжки по силоизмерителю машины.

Результаты расчетов и испытаний сведены в таблице.

Результаты расчетов и измерений

Номер серии опытов	Толщина заготовки S , мм	Обжатие порошка ε	Усилия вытяжки в кН			
			Без порошка		С порошком	
			расчет	опыт	расчет	опыт
1	1,4	2,6	21,5–23,2	23	21,6–23,4	23,6
2	1,4	3	21,5–23,2	23,2	22,1–24	25
3	1,05	5	16,1–17,5	15,8	17,1–18,5	18,8
4	1,05	9,8	16,1–17,5	15,5	18,8–20,3	20,9

Расчеты производились для двух значений коэффициента проталкивания $k_{пр} = 1,2$ и $k_{пр} = 1,3$. В каждой серии проведено по 5 опытов. В качестве результата использовано среднее арифметическое по каждой серии опытов.

Сравнивание опытных и расчетных значений свидетельствует о возможности использования разработанных математических моделей для определения напряжений и усилий вытяжки втулок подшипников скольжения.

Проведены опыты по определению возможности расширения области применения исследуемого способа не только для изготовления втулок радиальных подшипников скольжения, но и для получения деталей упорных подшипников скольжения.

Опыт проводился по схеме (рис. 2).

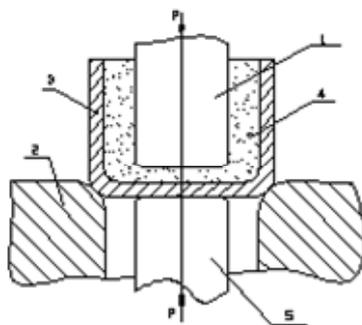


Рис. 2. Схема нанесения порошкового покрытия на дно стакана и стенки:
1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – стальная полая заготовка;
4 – порошок оловянистой бронзы; 5 – прижим

Опытным путем установлено, что, регулируя величину давления со стороны прижима, можно вытеснить избыток порошка из донной части заготовки к боковым стенкам и добиться необходимой толщины и пористости слоя порошковой бронзы на дне. Выявлена принципиальная возможность достижения одинаковой толщины

пористого бронзового слоя на дне, стенках и радиусном переходе от дна к стенкам. А это, в свою очередь, свидетельствует о возможности изготовления не только радиальных, но и упорных подшипников скольжения.

Выводы. Разработана математическая модель, характеризующая силовые параметры совместной вытяжки металлического и металлопорошкового слоев. Проведена опытная проверка полученных аналитических зависимостей. Выявлена принципиальная возможность изготовления вытяжкой деталей не только радиальных, но и упорных самосмазывающихся подшипников скольжения.

Л и т е р а т у р а

1. Патент Респ. Беларусь № 3933. Официальный бюллетень № 2. – 30.06.2001.
2. Зубцов, М. Е. Листовая штамповка / М. Е. Зубцов. – Ленинград : Машиностроение, 1980.
3. Материалы, технологии, инструменты. – 2006. – Т. 11, № 1. – С. 101–104.