

УДК 621.822

Зависимость несущей способности металлополимерных подшипников скольжения от их геометрических характеристик

К. Ю. ЗЕРЩИКОВ, канд. техн. наук; Ю. В. СЕМЕНОВ, канд. техн. наук
ООО "Константа-2", г. Волгоград, Россия

Исследована зависимость несущей способности армированных металлофторопластовых подшипников скольжения от их геометрических характеристик и определены направления ее увеличения.

Ключевые слова: металлофторопластовый подшипник скольжения, несущая способность, геометрические характеристики.

Подшипники скольжения имеют известные преимущества по сравнению с подшипниками качения: большие нагрузки и бесшумность в работе, отсутствие смазки, меньшие габариты, что определяет их высокую экономичность [1]. Этим объясняется их широкое применение в узлах вращения в запорной арматуре и насосах. Помимо применявшихся ранее полимерных подшипников на основе фторопласта либо подшипников на основе ленты МФЛ — фторопласта, запрессованного в пористый бронзовый слой, который, в свою очередь, наплавлен на металлическую подложку, появились принципиально новые металлополимерные подшипники импортного производства типа "Fritex" фирмы "Technymon" и отечественные типа МПП фирмы "Константа-2". Эти подшипники представляют трехслойную систему из металлической подложки и адгезионно соединенного с ней фторопластового слоя, усиленного стеклотканью.

Основными эксплуатационными характеристиками подшипников скольжения являются допустимые нагрузки в статическом и динамическом режимах, коэффициент трения [2, 3].

Однако, как отмечается в [1], при одной и той же внешней нагрузке P , действующей на подшипник с определенными размерами, наибольшая величина удельной нагрузки, возникающей на контактирующих поверхностях, может изменяться в широких пределах в зависимости от геометрии узла трения, модуля упругости и твердости материалов и величины зазора между подшипником и валом. Поэтому установление зависимости между несущей способностью подшипника и его параметрами является актуальной задачей для расчета и проектирования узлов вращения.

Цель работы — установление зависимости несущей способности подшипников скольжения МПП от их геометрических характеристик.

В качестве основных геометрических характеристик подшипника МПП приняты внутренний диаметр D , ширина H , толщина полимерного антифрикционного слоя δ_2 , толщина металлической подложки δ_1 . Поскольку диаметр шпинделя задается силовым расчетом крана, то при расчете подшипника его диаметр является исходной величиной и при проектировании подшипникового узла в зависимости от нагрузки на него расчету или подбору подлежат ширина и толщина подшипника.

Исследование проводили на установке, показанной на рис. 1.

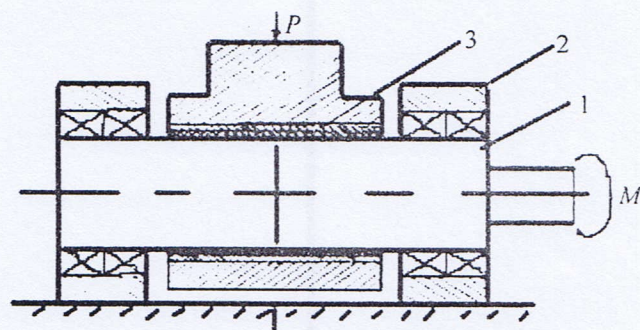


Рис. 1. Схема установки для определения несущей способности металлофторопластовых подшипников скольжения:

- 1 — вал; 2 — основание с подшипниками качения;
- 3 — подшипник скольжения

Несущую способность подшипников оценивали по величине давления, при котором появляется зона пластической деформации полимерного антифрикционного слоя. Давление на подшипник рассчитывали по формуле $p = P / S$, где P — нагрузка на подшипник, $S = DH$ — фактическая площадь подшипника [1]. Наличие пластической деформации возможно не означает наступление предельного состояния для подшипника — это достаточное, но не необходимое условие. Однако

принимая это условие, мы задаемся некоторым коэффициентом запаса, величину которого еще предстоит оценить, что представляется вполне обоснованным. Замечено также, что развитие пластической деформации в полимере при статическом нагружении подшипника сопровождается отслоением полимерного покрытия от подложки. В частности, поэтому наличие пластической деформации полимерного слоя принято для подшипника как наступление предельного состояния.

Воздействие статически прикладываемой нагрузки на пластическую деформацию полимерного слоя оценивали по изменению его толщины, определяемой коэффициентом k , рассчитанным по формуле (1) и длине A или площади $F = A(B + 2\Delta)$ зоны деформации (рис. 2)

$$k = (\delta_{2_0} - \delta_2) / \delta_{2_0}, \quad (1)$$

где δ_{2_0} — толщина полимерного слоя до испытания, мм;
 δ_2 — толщина после испытания, мм.

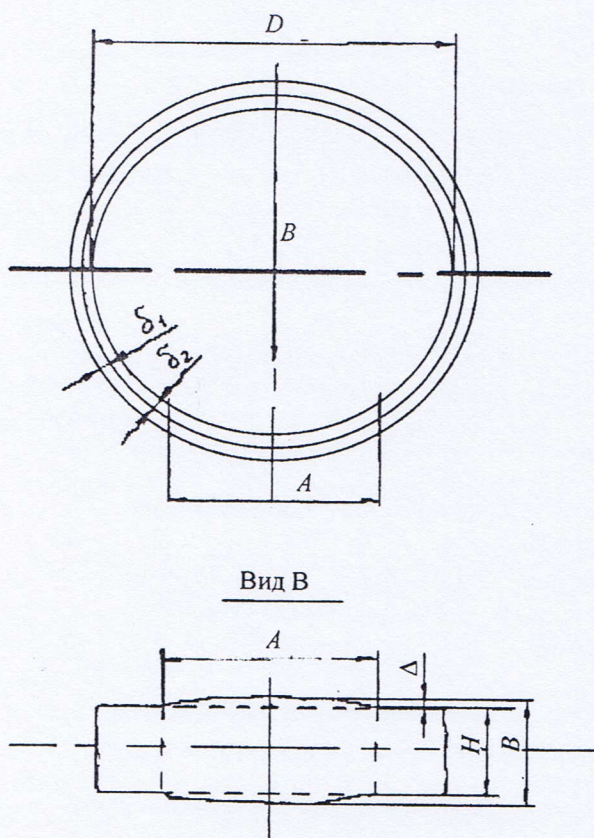


Рис. 2. Схема подшипника

Линейные размеры измерялись инструментом с ценой деления 0,01 мм. Нагрузку на подшипник задавали на прессе ИП1000, момент измеряли динамометром с точностью ± 10 Нм.

Поскольку зазор в подшипнике существенно влияет на его работоспособность, то проводили исследование влияния величины зазора на площадь фактического контакта. Площадь контакта

подшипника с валом для расчета напряжений, действующих на подшипник, согласно рекомендациям [1] составляет $S = HD$. Для определения площади фактического контакта на вал наносили узкую полоску окрашивающего вещества длиной, равной ширине подшипника H , и после нагружения по длине следа L на валу определяли площадь контакта вала с подшипником. Максимальная длина соответствует диаметру, т. е. $L_{max} = D = 60$ мм. Таким способом установлено, что величина площади контакта определяется в основном зазором между валом и подшипником при установке и мало зависит от нагрузки и геометрии подшипника. Величина зазора менее 0,1 мм позволяет достичь контакта по всей расчетной площади HD , т. е. фактическая площадь соответствует расчетной. Ниже приведена длина следа после испытания (площади контакта при нагрузке 250 МПа, ширине подшипника 20 мм, диаметре вала 60 мм) от величины зазора между валом и подшипником.

Зазор между валом и подшипником, мм	Фактическая площадь контакта, см ²
0,1—0,15	12
0,2—0,25	9—10
0,3—0,35	8—9
0,5—0,6	6—7

Площадь зоны пластической деформации полимерного антифрикционного слоя также зависит от зазора в подшипнике, внешней нагрузки, геометрических характеристик подшипника. Так, установлено, что при запрессовке усилием 300 кг в подшипнике возникает дополнительное давление порядка 10 МПа. Видимо, из-за сложения внешней нагрузки и давления от запрессовки зона пластической деформации таких подшипников выше, чем при скользящей посадке вала в подшипнике. Отсюда следует, что вал в подшипнике целесообразно устанавливать по скользящей посадке, для чего максимальный зазор между валом и подшипником не должен превышать 0,1 мм.

Рекомендации по соотношению диаметра к ширине полимерных подшипников при установке в узле вращения шпинделя даны в [4] $H = (1—1,2)D$. Определим применимость данного соотношения для металлополимерных подшипников. Исследования показали, что для металлополимерных подшипников не менее важным является соотношение между шириной подшипника H и толщиной антифрикционного полимерного слоя δ_2 . На рис. 3 приведены зависимости площади зоны пластической деформации от отношения толщины полимерного слоя к ширине подшипника, которое характеризует напряженное состояние в слое полимера.

Как видно, при соотношении $\delta_2 / H < 0,01$ отсутствует пластическая деформация полимера при $H \geq 0,3D$. Наблюдаемые отклонения объясняются влиянием жесткости подложки на общий ход кривой.

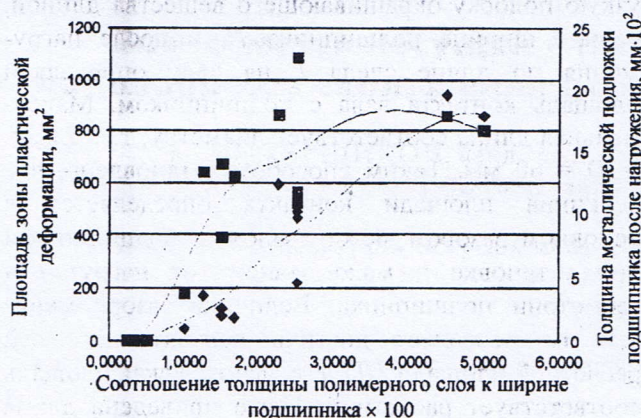


Рис. 3. Зависимость несущей способности подшипника от соотношения толщины полимерного слоя к ширине подшипника:

■ — площадь; ◆ — толщина

Таким образом, находит подтверждение положение, указанное в [1], что снижение толщины полимерного слоя подшипника приводит к росту его несущей способности. Это объясняется возникновением напряжений объемного сжатия при определенном соотношении линейных размеров: для диаметра подшипника 60 мм — при $\delta_2/H < 0,015$. При этом полимер ведет себя как несжимаемая жидкость и способен воспринимать без пластической деформации напряжения, значительно превосходящие его предел текучести.

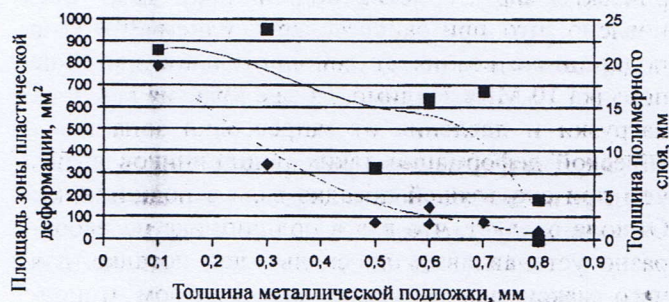


Рис. 4. Зависимость площади зоны пластической деформации от жесткости металлической подложки, в значительной мере определяемой ее толщиной:

■ — площадь; ◆ — толщина

Полученные результаты показали влияние жесткости металлической подложки на несущую способность подшипника. В данной схеме нагружения жесткость задается в основном двумя величинами — толщиной и модулем упругости металла, причем влияние толщины является определяющим. На рис. 4 показана зависимость площади зоны пластической деформации от толщины металлической подложки. Отсюда с очевид-

ностью вытекает, что с увеличением действующего на подшипник напряжения рекомендуется увеличивать толщину металлической подложки. Таким образом, работоспособность подшипника под нагрузкой определяется диаметром, шириной и толщиной подшипника, толщиной полимерного слоя и свойствами материала металлической подложки.

Отношение площади зоны пластической деформации к фактической площади контакта характеризует несущую способность. На рис. 5 показано влияние различных параметров на эту величину. По этим зависимостям можно определить границы применимости подшипников в зависимости от их размеров или решать обратную задачу по расчету подшипников для определенных нагрузок.

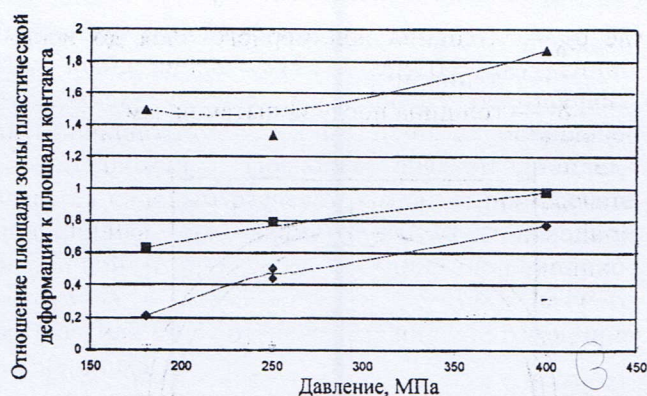


Рис. 5. Зависимость несущей способности подшипников от давления и их геометрических характеристик:

■ — ст. 3—0,5 мм, фторопласт — 0,5 мм;
◆ — 12×18Н10Т — 0,5 мм, фторопласт — 0,5 мм;
▼ — 12×18Н10Т — 0,8 мм, фторопласт — 0,1 мм;
▲ — 12×18Н10Т — 0,6 мм, фторопласт — 0,5 мм

Проведенные статические испытания позволяют прогнозировать работоспособность подшипников при динамическом нагружении. Замечено, если при статическом нагружении отсутствует пластическая деформация полимерного слоя, при вращении подшипник не разрушается, поскольку адгезионная прочность достаточна и не происходит отслоение или расслаивание от металлической подложки из-за сдвиговых усилий, действующих на подшипник.

Выводы

1. Исследовано влияние геометрических параметров на несущую способность металлополимерных подшипников скольжения МПП.
2. Определены некоторые критерии применимости подшипников.

Литература

1. Семенов А. П., Савинский Ю. Э. Металлофторопластовые подшипники. — М.: Машиностроение, 1976.
2. Информация фирмы "Technumon".

3. Быков А. Ф. Подшипники скольжения. Втулки свертные/Арматура с шаровым затвором для гидравлических систем. — М.: Машиностроение, 1971.
4. ГОСТ ИСО 3547-1—2006.

Dependence of carrying ability of metall-fluoroplast slide bearings on their of geometrical properties

K. Yu. ZERSCHIKOV, Yu. V. SEMENOV
"Constanta-2" Ltd., Volgograd, Russia

The dependence of carrying ability of metall-fluoroplast slide bearings on their geometrical properties was investigated. Increase directions of bearings carrying ability were defined.

Keywords: metall-fluoroplast slide bearing, carrying ability, plastic deformation, geometrical properties.

Зершиков Константин Юрьевич, генеральный директор.

E-mail: secret@constanta-2.ru

Семенов Юрий Владимирович, заместитель директора по производству — главный технолог.

Тел. 8 (8442) 94-55-56.