

МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ, АДГЕЗИОННЫХ И ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ С НАНЕСЕННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ БАББИТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Введение. Подшипники скольжения с нанесенными баббитовыми покрытиями используют в механизмах, работающих на высоких оборотах, при ударных и вибрационных нагрузках, а их широкое применение обусловлено дешевизной их производства. Также они имеют довольно низкий уровень шума, высокий КПД работы, могут работать в воде. Однако из-за высокого трения, без должного ухода такие подшипники быстро изнашиваются. В данной статье рассмотрены методики исследования триботехнических, адгезионных и прочностных свойств подшипников скольжения с нанесенными покрытиями из различных баббитовых материалов.

Основная часть. Проверка заливки. Качество заливки проверяют после того, как подшипник достигнет комнатной температуры. Подшипник осматривают и простукивают для выявления полостей. При внешнем осмотре следят за тем, чтобы поверхность была ровной, без трещин, пор, раковин, черновин, желтых пятен и имела серебристый цвет. Наличие желтых пятен или оттенков указывает на перегрев баббита. При простукивании подвешенный подшипник слегка ударяют молотком. Звук должен быть чистым металлическим, что свидетельствует о плотном соединении баббита с подшипником. Дребезжащий или глухой звук указывает на неплотное соединение баббита с подшипником [1].

Для тонкослойных вкладышей баббит должен удовлетворять следующим требованиям: 1) не иметь резко выраженной неоднородной структуры. Для них возможно использование однофазных сплавов при достаточном сопротивлении металла смятию; 2) обладать повышенной сопротивляемостью усталостному разрушению, поскольку работа тонкослойных прецизионных вкладышей должна протекать в основном в условиях жидкостного трения; 3) баббитовый антифрикционный слой желательнее применять с пониженной твердостью — до *HB* 15...20. При этом улучшается прирабатываемость. Это важно в связи с тем, что сопротивляемость смятию в тонком слое повышается за счет влияния подложки; 4) для обеспечения надлежащей долговечности подшипников существенное значение имеет прочность соединения баббита с корпусом, определяемая способностью слоя полуды сопротивляться усталостному разрушению [2].

Анализ прочности сцепления с наружной стороны подшипника. Если имеется доступ к наружной поверхности вкладыша подшипника и она концентрична с внутренним диаметром, самый простой способ — измерение с внешней стороны с помощью небольшого контактного преобразователя, работающего в диапазоне частот от 10 до 2,25 МГц. Чаще всего используются преобразователи *V112-RM* (10 МГц), *V110-RM* (5 МГц) и *V106-RM* (2,25 МГц). Если сцепление хорошее, сначала появляется слабый эхо-сигнал от границы сред «вкладыш/слой баббита», а затем большой эхо-сигнал от ВД вкладыша. При некачественном сцеплении отображается лишь большой эхо-сигнал от внутренней поверхности вкладыша [3]. Экспериментальные исследования триботехнических характеристик моделей подшипников скольжения проводятся на специально сконструированной и изготовленной установке, позволяющей моделировать реальные условия эксплуатации пар трения-скольжения в широком диапазоне вариации нагрузок и скоростей. Величина износа поверхностей измеряется методом естественных баз путем профилографирования и круглограмм-мографирования на специальном комплексе, включающем в себя ПЭВМ [4]. Способ испытания биметаллических подшипников скольжения на адгезию включает в себя разметку и выделение участков адгезионной поверхности и последующее воздействие на них силой в целях повышения точности и достоверности оценки адгезии слоев покрытия и основы, а также снижения трудоемкости испытаний. Выделение участков адгезионной поверхности в подшипнике осуществляют путем нарезания пазов с равномерным шагом по нормали к зоне стыка в наружном слое до выхода в следующий слой, после чего воздействуют центробежными силами на выделенные участки посредством их вращения. По значению частоты вращения, при которой происходит отрыв слоев друг от друга, судят о величине адгезии на участках [5].

Для исследования физико-химического влияния среды смазочного материала на подшипник скольжения, а также ее поверхностно-активных компонентов на механические свойства разнообразных сплошных и пористых твердых тел и материалов используют эффект Ребиндера. Одним из условий экспериментальной проверки являлось использование материалов, из которых обычно изготавливаются подшипники скольжения, и воспроизведение реальной волнистости. В последние годы большое внимание привлек вопрос о влиянии волнистости на смазку поверхностей подшипников. При оценке работоспособности подшипников в процессе проектирования все более широкое распространение получают способы расчета на ЭВМ, основанные на использовании гидродинамической теории смазки [6].

Расчет по критерию прочности. Этот расчет заключается в обеспечении необходимой прочности подшипника, материал которого подвергается объемному сжатию под действием нагрузки. К таким материалам относятся, например, пластмассы. За критерий прочности или несущую способность подшипника принимают среднее давление:

$$p = \frac{N}{S},$$

где S — расчетная площадь контакта, условно принимаемая равной площади проекции подшипника, см²:

$$S = ld.$$

После подстановки имеем

$$p = \frac{N}{ld}.$$

Несущая способность подшипника — величина условная, так как контакт подшипника и вала происходит на дуге менее 180° и фактическая площадь контакта меньше значения, принимаемого в расчете. Точно определить ее расчетным путем сложно из-за ряда факторов, которые трудно учесть в инженерном расчете. Для подшипников сухого трения с твердосмазочными покрытиями Ю. Н. Дроздовым и С. Л. Гафнером получена формула для определения среднего давления с учетом действительной протяженности контактной зоны подшипника и вала:

$$p = \frac{N}{ld} \cdot \frac{1}{\sin \varphi_0},$$

где φ_0 — средний полуугол контакта [7].

Расчет радиальных подшипников скольжения при установившемся режиме работы. Все основные параметры, характеризующие работоспособность опоры скольжения, могут быть найдены лишь в том случае, если известно поле давлений, возникающее в слое смазывающего вещества, разделяющего поверхности взаимосопрягаемых элементов подшипника, находящихся в относительном движении. Если подшипник находится под воздействием постоянной по величине и направлению нагрузки и скорость относительного перемещения поверхностей трения в номинальном режиме неизменна (стационарная задача гидродинамической теории смазки), то основные характеристики подшипника определяют по известным формулам. Несущая способность подшипника:

$$W = \frac{ld\omega\mu}{\psi^2} \cdot \zeta.$$

Потеря мощности на преодоление сил сопротивления вращению в подшипнике:

$$N = \frac{ld^2\omega^2\mu}{2\psi^2} \cdot \zeta.$$

Количество смазывающего вещества, необходимое для обеспечения работоспособности подшипника:

$$Q = 0,5\psi\omega ld^2q.$$

Поскольку распределение гидродинамического давления по опорной поверхности подшипника скольжения, определяющее основные характеристики, в существенной мере зависит от характера изменения толщины смазочной пленки вдоль координатных осей, необходимо найти метод выражения толщины смазочной пленки через эти координаты. Закон изменения толщины смазочного слоя для радиальных подшипников скольжения обычно выводят в виде функции только одной угловой координаты φ . Для повышения виброустойчивости и улучшения центровки цапфы при расточке вкладышам подшипников скольжения этих машин придают такую форму, при которой возникает второй дополнительный гидродинамический клин в ненагруженной зоне [8].

Заключение. В статье рассмотрены методики исследования триботехнических, адгезионных и прочностных свойств подшипников скольжения с баббитовым покрытием. Эта статья может быть полезна инженерам, работающим в производстве подшипников, которым необходимо просчитать эффективность подшипников конкретного типа, так как подшипники скольжения с нанесенными баббитовыми покрытиями имеют довольно низкий уровень шума, высокий КПД работы, могут работать в воде и дешевле в изготовлении.

Список цитируемых источников

1. Контроль качества заливки баббита на подшипник [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://studwood.ru/1588796/tovarovedenie/tehnologiya_izgotovleniya_podshipnikov_skolzheniya. — Дата доступа: 01.10.2018.
2. Требования к баббиту [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://studwood.ru/1588792/tovarovedenie/babbity>. — Дата доступа: 01.10.2018.
3. Ультразвуковой контроль качества соединения баббита с основой [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.olympus-ims.com/ru/ultrasonic-inspection-babbitt-bearing-liners/>. — Дата доступа: 03.10.2018.
4. Методика исследования триботехнических свойств [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/tehnologicheskoe-upravlenie-tribotekhnicheskimi-kharakteristikami-soedinenii-tipa-podshipni>. — Дата доступа: 03.10.2018.
5. Испытание адгезионных свойств подшипников [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/126/1267227.html>. — Дата доступа: 05.10.2018.
6. Исследование прочности подшипников [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.dslib.net/mashynovedenie/uluchshenie-rabochih-kharakteristik-radialnyh-podshipnikov-skolzheniya.html>. — Дата доступа: 01.10.2018.
7. Воронков, Б. Д. Подшипники сухого трения / Б. Д. Воронков. — М. : Машиностроение, 1979. — 223 с.
8. Воскресенский, В. А. Расчет и проектирование опор скольжения / В. А. Воскресенский, В. И. Дьяков. — М. : Машиностроение, 1980. — 219 с.