

## **ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ ПОДШИПНИКОВ ИЗ СПЕЧЕННЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

В последнее время успехи порошковой металлургии позволяют широко использовать спеченные материалы для изготовления различных деталей машин, с целью экономии металла и создания порошковых композиций с заданными свойствами для определенных условий работы. Изготовление деталей из металлических порошков и их композиций повышает коэффициент использования металла до 0,95. К тому же для получения, например, широко применяемых порошков на основе железа (сталей), можно использовать отходы производства.

Однако, существующие спеченные материалы, особенно на основе железа, часто не удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям по твердости, износостойкости, коррозионной стойкости и т.д. Используемые методы химико-термической обработки для упрочнения деталей из порошковых спеченных материалов обладают высокой трудоемкостью и рядом других недостатков, что особенно недопустимо в условиях массового производства деталей типа «Борт направляющий» подшипника 53614К из данных материалов.

В связи с этим предлагается использовать для упрочнения указанных деталей из спеченных материалов на основе железа метод поверхностного пластического деформирования (ППД), который получил в основном распространение пока для упрочнения деталей из компактных материалов.

Это ставит при исследовании предлагаемого метода упрочнения спеченных материалов ряд задач, к которым относятся: определение влияния режимов ППД на качество поверхностного слоя и его эксплуатационные свойства применительно к объекту исследования, выбор оптимальных режимов обработки ППД, разработка технологии и устройств для ППД упрочняемой детали.

Представленная техническая информация отражает первый этап данной работы и посвящена разработке методики исследования процесса упрочнения "ППД детали «Борт направляющий» подшипника 53614К.

По направлению действия воспринимаемой внешней нагрузки сферические двухрядные подшипники относятся к радиальным подшипникам и воспринимают весьма большие радиальные и осевые нагрузки. Осевая нагрузка составляет до 25% от неиспользованной допустимой радиальной нагрузки. Подшипник имеет несимметричные или симметричные бочкообразные ролики. Основным конструктивным признаком является способность подшипников самоустанавливаться, т.е. подшипники допускают перекося внутреннее кольцо относительно его наружного кольца.

Данное обстоятельство позволяет применять подшипники в различных узлах машин, где не выдерживается соосность посадочных мест и где возникает наклон или изгиб оси вала в процессе эксплуатации машин, например, в железнодорожном транспорте.

Рассмотренные подшипники состоят из наружного, внутреннего колец, несимметричных или симметричных бочкообразных роликов, двух сепараторов на каждый ряд роликов. Надо отметить, что в последнее время начали изготавливать внутренние кольца подшипников с плавающим направляющим бортом, который изготавливается из различных материалов (чугуна, порошковых материалов марки ЖГр1ДЗ, марки ЖОО6Д1МФ ТУ 61-13-80, графитизированной стали ЭИ-336).

Внутренняя поверхность наружного кольца представляет собой сферическую поверхность с центром сферы в точке О, которая расположена на оси вращения подшипника. Наличие

сферической поверхности наружного кольца позволяет внутреннему кольцу с роликами поворачиваться на определенный угол вокруг центра  $O$ .

Внутреннее кольцо (рис. 1) имеет две дорожки качения для роликов. Кривизна дорожек качения внутреннего кольца соответствует кривизне поверхности качения роликов, что обеспечивает полный линейный контакт поверхности качения роликов с дорожками качения внутреннего кольца. Центр радиуса кривизны дорожек качения внутреннего кольца с координатами  $X, Y$ , рассчитывается таким образом, чтобы обеспечивался первоначальный контакт роликов со сферой наружного кольца на половине длины. По мнению конструкторов подшипников данный фактор является основным условием правильной работы подшипников. Боковые сферические торцы среднего борта (в настоящее время выпускаются подшипники с жестким бортом и с плавающим бортом) служат для направления роликов и препятствуют перекосу их.

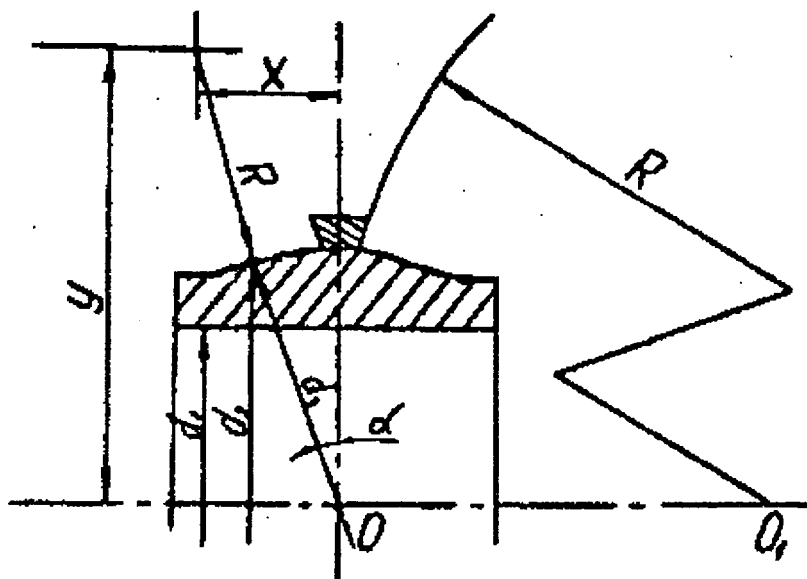


Рис. 1. Конструкция внутреннего кольца подшипника с плавающим бортом

Диагональный размер  $d_3$  внутреннего кольца представляет собой расстояние между двумя точками, соединенными линией обязательно проходящей через центр  $O$ . Данные точки расположены на разных дорожках качения и является наименьшим расстоянием относительно поверхностей качения данных дорожек. Угол наклона диагонали к вертикальной оси симметрии внутреннего кольца определяется из соотношения:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{X}{Y}.$$

Диагональный размер  $d_3$  определяет равномерность работы роликовых дорожек, колебание его задается в пределах 12...20 мкм.

Увеличение разности диагоналей приводит к изменению положения первоначального контакта роликов со сферой наружного кольца, вызывает появление дополнительных сил и пары сил, действующих на ролик. Последнее, в свою очередь, вызывает дополнительные нагрузки на направляющий борт кольца.

Бочкообразные ролики с наибольшим диаметром, смещенным в сторону сферического базового торца под действием радиальной нагрузки на наружное кольцо подшипника, прижимаются к сферическим (в отдельных случаях к коническим) поверхностям направляющего борта. Радиус образующей поверхности качения ролика принимается для лучшей самоустанавливаемости подшипника несколько меньшим радиусом сферы наружного кольца.

Сепаратор в подшипнике распределяет ролики относительно друг друга, предупреждает набегание роликов друг на друга, исключает выпадание роликов из подшипника. Сепараторы центрируются по направляющему борту внутреннего кольца с определенным зазором, а, следовательно, определенным образом влияют на направляющий борт внутреннего кольца.

Многие специалисты подшипниковой промышленности связывают долговечность роликовых сферических подшипников, в основном, с положением точки контакта наружного кольца с поверхностью качения бочкообразного ролика. Существует конструкция прибора для контроля данного параметра. В целом, конструкция сферического роликоподшипника сложна.

Его долговечность определяется рядом технологических факторов. От правильной их реализации зависит правильное распределение кинематических сил, действующих на отдельные детали подшипника, динамика и точность вращения подшипника. В работе приводится схема плоского распределения усилий вдоль дорожки качения и среднего (направляющего) борта внутреннего кольца в зависимости от положения точки контакта ( $l_k$  и  $l'_k$ ). Автор указывает, что величина среднего (упорного) борта влияет на положение точки контакта ролика и наружного кольца, влияет также на положение точки контакта непостоянство, высота кольца и другие факторы.

Результаты стендовых испытаний показывают, что выход подшипников из строя по выкрашиванию дорожек качения у края среднего борта внутренних колец уменьшается при тщательном изготовлении колец и отсутствии скрытых дефектов металла.

Анализ стендовых испытаний двухрядных сферических подшипников с жестким бортом внутреннего кольца показывает, что выход подшипников из строя происходит, в основном, по роликовой дорожке у края галтели среднего борта, встречается также питинги по образующей роликов и на рабочей поверхности рабочего кольца.

Выход подшипников по дефектам у галтели среднего борта внутреннего кольца привел к необходимости создания новой конструкции внутренних колец с плавающим бортом, что позволило удлинить линию контакта ролика с дорожкой качения внутреннего кольца, уменьшить область концентрации напряжений из-за ликвидации галтели у среднего борта кольца.

Обзор реферативного журнала «Подшипниковая промышленность» показал, что совершенно мало материала опубликовано по вопросу силового анализа работы отдельных деталей в подшипнике, распределению нагрузок на кольца подшипника и направляющий борт в зависимости от изменения точки контакта наружного кольца с роликом, от наклона роликовой дорожки. По нашему мнению усилия нагрузки на средний борт, на дорожку качения внутреннего кольца изменяются в процессе работы подшипника, что затрудняет их измерение и учет.

Нами предлагается следующая схема распределения сил при нагружении его радиальной силой  $Q$  (рис. 2).

Радиальная сила  $Q$  (сила нагрузки) раскладывается на две роликовые дорожки, поэтому в точке контакта роликов с наружным кольцом, действует сила  $Q/2$ . В связи с тем, что контакт с внутренним кольцом происходит по линии, условно выберем точку контакта внутреннего кольца с роликом посередине роликовой дорожки в диаметральной плоскости  $dk$ . В данной точке действует суммарная составляющая от элементарных сил, распределенных по линии контакта, суммарная составляющая также будет равна силе  $Q/2$  (реакция от  $Q/2$ ).

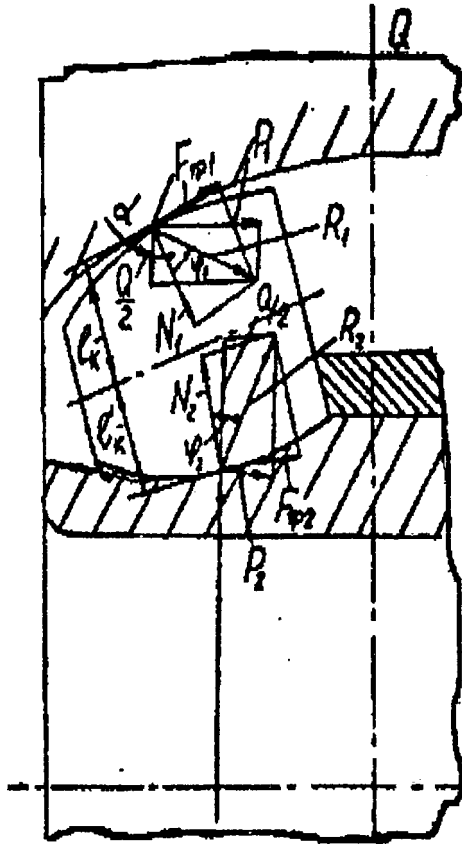


Рис. 2. Распределение сил в точках контакта ролика с наружным и внутренним кольцами подшипника

В точках контакта колец с роликом действуют следующие силы: сила нормального давления  $N_1$  и сила трения  $F_{тр1}$ , соответственно сила нормального давления  $N_2$  и сила трения  $F_{тр2}$ . Вышеуказанные силы имеют равнодействующую  $R_1$  и  $R_2$ . Данные равнодействующие можно представить как суммы сил  $P_1$  и  $Q/2$  и  $P_2$  и  $Q/2$ . Суммарная сила, осуществляющая давление на средний борт будет равна  $P=P_1+P_2$ . Выразим соответственно силы  $P_1$  и  $P_2$  через силу  $Q/2$ . Получим:

$$P_1 = \frac{Q}{2} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1),$$

$$P_2 = \frac{Q}{2} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_2),$$

где,  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  – соответственно углы трения в точке контактов ролика с наружными и внутренними кольцами. Таким образом сила давления на борт  $P$  равна:

$$P = \frac{Q}{2} \cdot [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_2)].$$

Сила давления  $P$  на борт в динамике не постоянна, она зависит от геометрических параметров колец подшипника и условий его эксплуатации. Когда изготавливались борта направляющие, за одно целое с внутренним кольцом, твердость их составляла 60...63HRC, поэтому износ их был незначительный.

На ОАО «МПЗ» была внедрена технология изготовления бортов направляющих подшипника 53614К из подшипниковых материалов ЖГр1ДЗ, но из-за недостаточной пластичности данного материала при прессовании последний был заменен на материал ЖОО, 6Д1МФ по ТУ 61-13-80. Внедрение новой марки порошка улучшило условие его прессования, но вследствие повышенной пластичности материала, ухудшалась его обрабатываемость.

Согласно техническим требованиям твердость рабочей поверхности борта должна была составить НВ 180...220, но после прессования, токарной обработки твердость прессованных направляющих бортов составляет примерно НВ 85. Низкая твердость направляющих бортов приводит к их повышенному износу или деформации поверхностного слоя борта при контакте со сферическим торцом ролика, т.к. твердость последнего составляет HRC60...63. Поэтому до настоящего времени не решен вопрос окончательно по стабильной технологии изготовления бортов направляющих, имеющих необходимую твердость поверхностного слоя и требуемую шероховатость его.

Целью настоящей работы является изыскание такого метода.

Дополнительно известно, что проведенные стендовые испытания подшипников 53614 с различными конструкциями направляющих бортов и изготовленных из различных материалов, а именно:

1. С плавающим чугунным бортом и со сферическими боковыми поверхностями.
2. С жестким средним бортом из стали ШХ15.
3. С плавающим латунным бортом и с коническими боковыми поверхностями.
4. С плавающим бортом из незакаленной стали.
5. С плавающим бортом из графитизированной стали ЭП-336.
6. С плавающим бортом, изготовленным из порошков марки ЖГр1ДЗ, ЖОО, 6Д1МФ.

Они показывают, что почти во всех случаях происходит износ и возникают дефекты поверхности среднего борта.

Данные испытаний подтверждают необходимость в проведении определенных исследований по применению упрочняющих технологий поверхности среднего борта.

## ЛИТЕРАТУРА

Кошель В.М., Лившиц З.Б., Есинович В.Д. Технологические резервы долговечности роликовых подшипников.- «Подшипниковая промышленность», вып.7, 1986 г., с 16-21. 2. Кривко Г.П. Основы совершенствования способов и технологических процессов механической обработки деталей подшипников.- Мн.: УП «Технопринт », 2001г.,202с. 3. Баршай И.Л., Кривко Г.П., Федорцов В.А. Новое в финишной и упрочняющей обработке пластичным деформированием деталей из порошковых материалов.- Мн.:БелНИИТИ, 1987.- 32с.