

ПРОБЛЕМЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

В.Б. Тарельник*, *д-р техн.наук, проф.*; **В.С. Марцинковский****, *академик УТА*

*Сумский национальный аграрный университет

**ООО «ТРИЗ»

ВВЕДЕНИЕ

Дальнейшее развитие и совершенствование различных областей машиностроения ставят новые и все более сложные задачи по повышению долговечности и надежности деталей, работающих при повышенных нагрузках, высоких температурах и больших скоростях трения.

В то же время долговечность значительного числа деталей определяется продолжительностью одного лишь межремонтного пробега. К таким деталям относятся, в частности, коренные и шатунные вкладыши коленчатых валов двигателей тракторов и автомобилей, дизелей тепловозов, валов роторов насосов и компрессоров и др., которые дорого стоят и при ремонте полностью заменяются новыми.

В связи с изложенным разработка технологии изготовления вкладышей подшипников скольжения (ПС) является важной и актуальной.

Учитывая то, что повышение надежности динамического оборудования требует комплексного подхода, а также то, что базовый уровень надежности агрегата заложен в его конструкции и постоянно снижается в процессе эксплуатации, не менее актуальной и не менее сложной задачей является повышение его производительности, снижение эксплуатационных затрат. Оптимальным решением этих проблем при относительно небольших затратах является модернизация оборудования.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

При отработке изделий на технологичность с учетом стадий их жизненного цикла происходит корректировка свойств изделий или подбирается рациональная технология изготовления. В зависимости от технологических особенностей конструкции изделия могут существенно изменяться экономические, энергетические, экологические и др. показатели производства, качественные показатели изделий.

Характеристики изделия, полученные на стадии производства, проявляются в сфере эксплуатации. При этом по мере морального старения изделий к ним предъявляются все более высокие требования. Это влечет за собой необходимость изменения как конструкции, так и технологии его изготовления. Постоянно повышающиеся требования к изделиям требуют новых исследований и дальнейшего продвижения научно-технической подготовки производства.

Эксплуатация оборудования тесно взаимосвязана с ремонтом изделий. От правильности эксплуатации зависит количество и сроки ремонтов. В свою очередь, качество выполненного ремонта определяет длительность эксплуатации изделия до следующего ремонта или утилизации.

Подшипниковые материалы, называемые баббитами, состоят из мягких металлов Sn, Pb, Cd, Sb, Zn и характеризуются наличием твердых структурных составляющих в пластичной матрице. Их заливают на подогретые вкладыши (250°C) при температуре $450 - 480^{\circ}\text{C}$. Чаще применяют центробежную заливку. Заливают в кокиль и под давлением, толщина заливки в подшипниках 1-3 мм [1].

Как правило, перед заливкой баббитов поверхность стального вкладыша подвергается лужению. При этом на площадках фактического контакта поверхностей действуют силы молекулярного притяжения, которые проявляются на расстояниях, в десятки раз превышающих межатомные в кристаллических решетках, и увеличиваются с повышением температуры. Переходной слой, обуславливающий прочную металлическую связь, при этом отсутствует, что отрицательно влияет на качество заливки баббита, теплопроводность и работоспособность подшипника в целом.

Выход из строя ПС при нормальных условиях эксплуатации является следствием физического износа разных видов: усталостных разрушений, ползучести материалов, механического износа, старения материала и др. [2].

Соппротивление усталости антифрикционного слоя зависит от режима работы и конструкции подшипника, физических свойств соединения слоя с основанием, жесткости вала и постели под подшипниками и др.

Существенным недостатком баббитов является то, что с повышением температуры у них снижаются все показатели механической прочности, в особенности сопротивление усталости.

Указанные явления имеют место при нарушении нормальной работы ПС из-за: превышения несущей способности (допустимой нагрузки на подшипник) обедненной смазки; недостаточного охлаждения масла; некачественного масла; попадания в смазку абразивных включений; повышенной механической вибрации вала.

В табл. 1 приведены результаты анализа наиболее характерных причин потери работоспособности ПС и способы их устранения.

Из вышесказанного следует, что причиной снижения долговечности ПС являются факторы, формирующиеся как на стадии изготовления, так и при эксплуатации.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Таким образом, целью работы является повышение работоспособности ПС за счет совершенствования технологии их изготовления и модернизации, проработавших определенное время.

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ

На основании анализа технологии изготовления вкладышей ПС, изучения условий их работы и причин выхода из строя нами предлагается на стальную подложку перед лужением оловом наносить промежуточный слой из меди или оловянной бронзы. Это, по нашему мнению, обеспечит более прочное сцепление стальной подложки с баббитом, а также более интенсивный отвод тепла из зоны трения.

Таблица 1 - Причины выхода из строя подшипников скольжения и способы их устранения

Марка компрессора, завод-изготовитель	Место установки, техническая характеристика, год поставки	Причина замены штатного подшипника	Перечень работ. Результат
11-ТК-1 2BCL - 306/A - КВД, Nuovo Pignone	НАК "Азот", г. Новомосковск, Россия, производство карбамида, 1997	Недостаточная демпфирующая способность, некачественное масло, разрушение баббитового слоя, повышенный уровень вибрации	Установка опорных подшипников Ø 90 с повышенной демпфирующей способностью. Снижение уровня вибрации в 1,5 раза
MTV2-5, Mitsubishi heave industries, LTD	АО "Укртатнафта", г. Кременчуг, установка по производству бензина, рабочая среда: водородосодержащий газ, 1997	Недостаточная несущая способность, повышенный уровень вибрации	Установка опорных подшипников Ø 70 с повышенной демпфирующей способностью. Снижение уровня вибрации в 1,5 раза
К-1290-121-1 Т-КНД-Р-КВД, Невский завод им. В.И. Ленина	ОАО "ДнепрАЗОТ" г. Днепропетровск, производство аммиака, рабочий газ- хлор, 1997	Повышенный износ вкладышей подшипников, недостаточное охлаждение масла, повышенные вибрации	Установка опорных подшипников Ø 100 с повышенной демпфирующей способностью и упорных подшипников с повышенной несущей способностью. Снижение уровня вибрации в 1,5 раза
1АТКП-435- 1600	АО "Укртатнафта", г. Кременчуг, рабочий газ: нефтяной, 1997	Недостаточная несущая способность, повышенный износ вкладышей подшипников, обедненная смазка, повышенный уровень вибрации	Установка опорных подшипников с повышенной демпфирующей способностью и упорных подшипников с повышенной несущей способностью. Снижение вибрации в 2 раза

Сравнение достоинств и недостатков различных технологий нанесения покрытий для изменения качества поверхностных слоев деталей позволяет обоснованно выделить как наиболее перспективный метод электроэрозионного легирования (ЭЭЛ) (см. табл. 2). ЭЭЛ обладает практически всеми достоинствами перечисленных выше методов, а во многих случаях превосходит их.

Таблица 2 - Достоинства и недостатки способов нанесения покрытий на детали машин

Наименование процесса	Толщина слоя, мм	Достоинство	Недостаток
Наплавка	Неограниченно	Возможность в широких пределах изменять химический состав поверхностного слоя	Образование трещин, коробление, пористость, наличие шлаковых включений, снижение усталостной прочности
Гальванопокрытие	до 1,5	Повышение твердости, износостойкости	Плохая прирабатываемость и смачиваемость маслом, снижение усталостной прочности
Металлизация	до 5	Возможность в широких	Пористость до 10%, снижение

напылением		пределах изменять химический состав поверхностного слоя	усталостной прочности, слабое сцепление перенесенного и основного металла и др.
Конденсированная ионная бомбардировка	до 0,05	Нанесение износостойких покрытий; возможность восстановления изношенных поверхностей деталей	Вероятно значительное отличие состава покрытий из многокомпонентных катодов от состава катода (наносимого материала) из-за сильного различия коэффициентов испарения компонентов
Электроэрозионное легирование	0,002-2,0	Повышение жаро-, износо- и коррозионной стойкости изделий; прочное сцепление перенесенного и основного металла; отсутствие поводок; возможность нанесения чистых металлов и их сплавов; проведение процесса в локальных местах	Повышение шероховатости, снижение усталостной прочности, возникновение в поверхностном слое растягивающих остаточных напряжений

Таким образом, новый способ повышения качества изготовления вкладышей ПС заключается в следующем. Перед заливкой антифрикционного на поверхность, подлежащую заливке, методом ЭЭЛ необходимо нанести промежуточный слой из меди или оловянной бронзы. В свою очередь, медь при последующем лужении образует с оловом твердый раствор замещения и тем самым более прочную металлическую связь. Учитывая то, что силы адгезии, как и молекулярные силы притяжения, прямо пропорциональны площади фактического контакта, а также то, что при ЭЭЛ шероховатость обработанной поверхности увеличивается, а следовательно? увеличивается и площадь фактического контакта при лужении, следует ожидать наиболее прочного сцепления олова с нанесенным слоем из меди или оловянной бронзы. Резервом повышения долговечности ПС на стадии эксплуатации может быть модернизация.

Целью модернизации является обеспечение улучшения потребительских свойств агрегата в жестких рамках существующей конструкции. Модернизация опорных подшипников компрессорных агрегатов является важным шагом к достижению этой цели. В данном случае решаются следующие проблемы: низкая несущая и демпфирующая способность штатных подшипников; нестабильность зазоров в подшипниках; износ уплотнений; падение производительности агрегата; повышенные вибрации; неустойчивая работа в пусковых и переходных режимах; скрещивание валов и износ зубчатых пар мультипликаторов и др.

Указанные проблемы тесно взаимосвязаны и вытекают одна из другой. С одной стороны, с увеличением срока службы агрегата растут нагрузки на опоры, связанные с физическим износом всех частей агрегата и внесением ремонтных погрешностей. С другой стороны, штатные подшипники (от цилиндрических до пятисегментных с различными видами демпфирования) обладают требуемой несущей и демпфирующей способностью в узком диапазоне частоты вращения, близком к рабочей. В нагруженных пусковых режимах, особенно для агрегатов с тяжелым регламентом пуска, происходит интенсивный износ опор, изменение зазоров в подшипниках и уплотнениях, скрещивание валов мультипликаторов и износ зубчатых пар, снижение экономичности агрегата, высокая вероятность аварийных ситуаций в виде разрушения опор, лабиринтов и т.д. Низкая демпфирующая способность штатных подшипников не позволяет обеспечить надежную работу роторной системы при динамических нагрузках, а в определенных условиях подшипники могут быть причиной возбуждения ротора, так называемой масляной вибрации. Штатные подшипники имеют целый ряд недостатков по организации системы смазки. Это приводит к снижению вязкости масла в несущем слое, потере части несущей способности и сокращению долговечности подшипника. Следует отметить, что все эти

проблемы реально выявлены при проведении обследований динамического оборудования химических производств.

Наиболее рациональным решением, в данном случае, является замена штатных опорных подшипников на трехсегментные с повышенной демпфирующей способностью [3]. Это в прямом и переносном смысле опора надежности динамически нагруженных агрегатов, работающих непрерывно и не имеющих резерва. При собственной высокой надежности подшипник обеспечивает условия для надежной работы соединительных муфт, мультипликаторов, уплотнений и так далее.

ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Таким образом, в результате анализа проблем изготовления и эксплуатации ПС выявлены резервы к повышению их долговечности. Так, формирование методом ЭЭЛ промежуточного слоя из меди или оловянной бронзы, прочно сцепленного, с одной стороны, со стальной подложкой, а с другой - со слоем олова и баббита, обеспечит более прочное сцепление стальной подложки с баббитом, а также более интенсивный отвод тепла из зоны трения.

Модернизация ПС позволит: в 3-5 раз повысить межремонтный цикл ПС; снизить уровень вибрации во всем спектре частот не менее чем в 1,5 раза; снизить скорость падения производительности и экономичности агрегата к концу межремонтного цикла и др.

ВЫВОДЫ

Изучение условий работы и причин выхода из строя ПС, а также анализ существующих способов нанесения покрытий позволили сделать следующие выводы:

- 1 Качество сцепления баббита со стальной подложкой в ПС можно повысить за счет нанесения на нее промежуточного слоя из меди или оловянной бронзы, что также обеспечит более интенсивный отвод тепла из зоны трения.
- 2 Анализ существующих способов нанесения покрытий на поверхности деталей позволил обоснованно выделить как наиболее перспективный метод ЭЭЛ, обладающий практически всеми достоинствами рассматриваемых методов, а во многих случаях превосходящий их.
- 3 Разработка новой технологии изготовления ПС с промежуточным слоем из меди или оловянной бронзы обуславливает необходимость проведения дальнейших исследований, направленных на изучение закономерностей формирования антифрикционного баббитового слоя в зависимости от качественных параметров промежуточного слоя, сформированного методом ЭЭЛ.
- 4 Проведение модернизации ПС обуславливает необходимость тщательного, индивидуального и своевременного обследования каждого агрегата в условиях эксплуатации.

SUMMARY

The reserves of producing quality and slip bearing exploitation increasing are determined. The methods to gain this increasing are suggested.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. - М.: Машиностроение, 1990. - 527 с.
2. Гаркунов Д. Н. Триботехника. - М.: Машиностроение, 1989. - 327 с.
3. Марцинковский В.С. Модернизация динамического оборудования // Сб. статей по матер. 10-й Межд. научно-метод. конф. «Технологии XXI века». - Алушта, 2003. - Т.2. - С. 109-118.

Поступила в редакцию 3 декабря 2003 г.