

РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

ПОКОТИЛО Николай Иванович
Исполнительный директор,
главный конструктор ООО «НПК «Диад»

+7 (901) 778-06-68
nip59sumi@mail.ru

Нанесение покрытия из полимерного материала ПЗОДД на рабочие поверхности подшипников скольжения по специальной технологии позволяет получать изделия с улучшенными эксплуатационными характеристиками по сравнению с подшипниками с баббитовым покрытием.

Полимерное покрытие дает возможность значительно снизить вибрацию и износ при работе подшипника, повысить допустимые нагрузки на него, увеличить ресурс работы и межремонтный период (МРП), а также обеспечить устойчивость к коррозии. Трибологические свойства полимерного материала ПЗОДД допускают частичное масляное голодание, что позволяет в критические моменты кратковременного прекращения подачи смазки избежать аварийной остановки агрегата в целом и выхода со строя вращающихся роторов.

Стендовые и опытно-промышленные испытания (ОПИ), проведенные в ряде нефте-газовых компаний, подтвердили заявленные характеристики подшипников и показали высокую эффективность их применения.

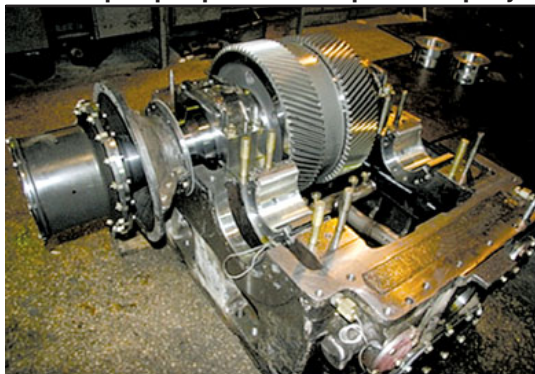
Более 90% применяемых сегодня в России подшипников скольжения выполнены с использованием антифрикционного слоя из баббита. В то же время в ми-

ровой практике производства вращающихся механизмов все большее распространение получают подшипники скольжения с антифрикционным слоем из полимерных материалов.

Разработанная и освоенная ООО «НПК «Диад» технология нанесения полимерного материала на основе полиэфирэфиркетона (РЕЕК) ПЗОДД на рабочие поверхности подшипников скольжения позволяет получать изделия с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Эти подшипники полностью удовлетворяют требованиям стандарта API 617 в части подшипников скольжения.

ООО «НПК «Диад» производит подшипники скольжения, которые могут применяться вместо штатных подшипников на основе баббита в центробежных компрессорах, паровых и газовых турбинах, насосах и другом оборудовании, работающем в нестационарных режимах эксплуатации под действием высоких температур, высокоскоростных и динамически неустойчивых нагрузок (рис. 1). Компанией получены сертификаты соответствия продукции РОСС RU АГ91.Н00480, РОСС RU НА34.Н07712 и сертификат соответствия системы менеджмента качества к производству и изготовлению подшипников.

Рис. 1. Примеры применения опорных и опорно-упорных подшипников скольжения



Таблица

Сравнительная характеристика полимерного материала и баббита							
Материал	Температура плавления, °С	Твердость по Бринеллю, НВ	Твердость по Шарпи, кДж/м ²	Удельное давление, МПа	Кoeffициент трения по стали		
					в состоянии покоя	при слабой смазке ограниченное трение	в условиях достаточной смазки
Б83	343	27-30	-	2,0-2,5	0,6-0,8	0,07-0,12	0,12-0,15
Полимер	370	-	5,0	7,0-8,0	0,09-0,12	0,04-0,05	0,02-0,04

Помимо непосредственно выпуска изделий, ООО «НПК «Диад» проводит проектно-изыскательские работы по проектированию опорных и упорных подшипников скольжения.

ПРЕИМУЩЕСТВА ПОЛИМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ НАД БАББИТОМ

Полимерные покрытия подшипников в отличие от баббитовых характеризуются более высокими показателями механической прочности и температурной стойкости. Термостойкость позволяет сохранять механические трибологические свойства подшипника при температурах до 200°С, тогда как в случае с баббитом этот предел ограничен 100-110°С. Подшипник с полимерным покрытием нагревается на 30% ниже, чем аналогичный с баббитовым покрытием при одинаковых условиях эксплуатации.

Пластическая способность (демпфирование), характерная для полимерного покрытия, позволяет снизить вибрацию при работе подшипника на 25% и увеличить допустимые нагрузки на подшипник до 8 МПа, что в 2 раза выше, чем при использовании баббита.

Применение полимерного покрытия позволяет увеличить ресурс и МРП применяемых подшипников. Благодаря устойчивости полимеров к воздействию большинства химических соединений, включая сероводород и аммиак, достигается устойчивость подшипников к коррозии, а высокое электрическое сопротивление полимера позволяет защитить детали механизмов от электроэрозионного разрушения.

Благодаря возможности замены полимерных покрытий при сохранении корпусных деталей достигается высокая ремонтпригодность подшипников.

Рис. 2. Сравнительная характеристика коэффицента трения полимерного материала и баббита при изменении удельного давления

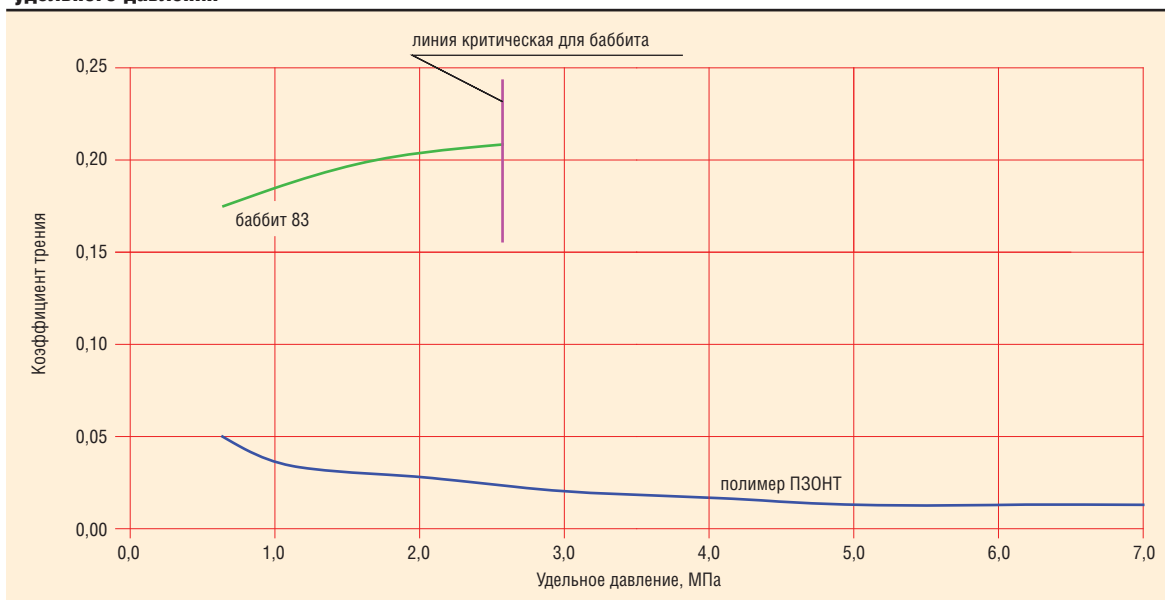
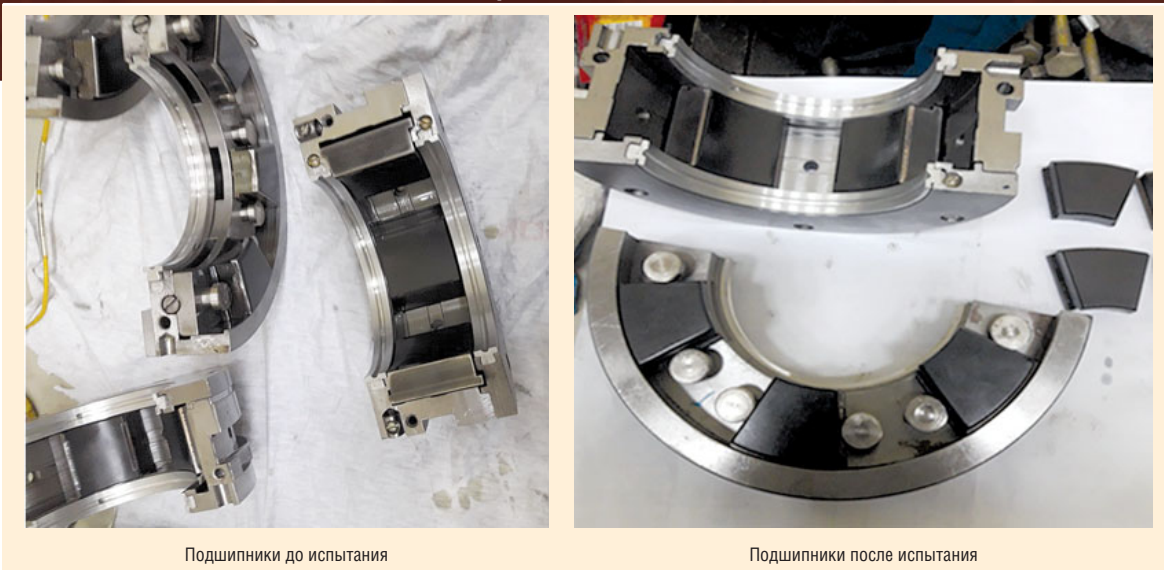


Рис. 3. Внешний вид подшипников до и после проведения стендовых испытаний в ПНИПУ



Наконец, пленочное покрытие шеек ротора модифицированным графитом, выделяемым в процессе работы с полимерным материалом, улучшает трибологические характеристики и исключает износ шеек вала подшипников. Если у баббита при увеличении нагрузки коэффициент трения увеличивается, то у полимера, напротив, снижается до минимальных значений (рис. 2; таблица).

ВИДЫ ПОДШИПНИКОВ И ОБЛАСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

ООО «НПК «Диад» выпускает опорные и упорные подшипники компрессоров (нагнетателей) газоперекачивающих агрегатов (ГПА), генераторов и электродвигателей, подшипники блока масляных насосов компрессора ГПА, подпятники гидрозащиты (ГЗ) УЭЦН габаритов 92, 103, 114 и 130, опорные и упорные подшипники для насосов ЦНС-180, редукторов и мультипликаторов, центрифуг и для других аппаратов с вращающимися частями.

Компания проводит проектирование, изготовление и замену подшипников в штатных центробежных

компрессорах, паровых и газовых турбинах, насосах. Продукция может быть изготовлена как по собственной документации компании, так и по документации заказчика. К основным потребителям продукции относятся компании нефтяной, химической и энергетической промышленности, а также сервисные предприятия, в том числе обслуживающие нефте- и газопроводы.

Применение полимерных материалов в составе подшипников позволяет применять смазывающие жидкости с минимальной вязкостью, работать на перекачиваемой жидкости вплоть до воды. Также подшипники с полимерным слоем хорошо работают в граничных условиях масляного голодания или «всухую», не нанося при этом повреждений на шейках вращающихся роторов в виде задиров, наволакивания и других механических повреждений. Это позволяет уберечь дорогостоящие механизмы от ремонта или замены. Простота конструкции позволяет устанавливать подшипники без доработки в штатные подшипниковые места вращающихся механизмов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Проведенные стендовые, опытно-эксплуатационные и другие испытания подтвердили преимущество полимерного материала ПЗ0ДД над баббитом.

Так, в ноябре 2015 года были проведены испытания по определению нагрузочной способности осевой гидродинамической пары трения «подпятник – пята». Требования по условиям работы в составе ГЗ были выдержаны. Коэффициент трения при осевой нагрузке 30 кН пар трения составил 0,005-0,006, тогда как показатель баббита не превышал 0,05.

В сентябре 2016 года были завершены ОПИ подпятников в скважине одной из нефтедобывающих компаний. В результате эксплуатации подпятников в со-

Рис. 4. Стендовые испытания подшипников для ЦНС-180 в ЗАО «Нижневартовскремсервис»



ставе ГЗ ПБ103 в течение 404 сут было подтверждено, что они обладают высоким качеством и достаточным ресурсом эксплуатации.

Испытания, проведенные на стенде Пермского национального исследовательского политехнического университета (ПНИПУ) в декабре 2016 года, подтвердили, что материал ПЗОДД успешно работает при окружных скоростях 75 м/с (12 000 об./мин) и с выбегом ротора в течение 5-6 мин при скорости от 57 м/с (9000 об./мин) до нуля без подачи масла. После проведения испытаний рабочие поверхности подшипников остались без изменений (рис. 3). По результатам испытаний подшипники были рекомендованы к применению в компрессорах ПАО НПО «Искра».

Испытания моторно-осевых подшипников с полимерным антифрикционным слоем, предназначенных для установки в колесно-моторный блок локомотива, были проведены на стендовом оборудовании АО «ВНИКТИ» в январе 2017 года. Удельное давление составляло 3 МПа, окружная скорость регулировалась от 0 до 10 м/с, вращение производилось на протяжении 26 ч «всухую», без подачи смазки. По результатам испытаний поверхность трущихся слоев не изменилась, подшипники были рекомендованы для проведения ОПИ.

В сентябре 2017 года опорный и опорно-упорный подшипники с качающимися колодками были установлены в нагнетатель ГПА Ц-16-№4 Чайковского линейно-производственного управления магистральных газопроводов (ЛПУМГ) ПАО НПО «Искра» для проведения ОПИ. В ходе испытаний была доказана устойчивость работы подшипников как в стандартных условиях, так и в условиях повышенных нагрузок. По результатам испытаний наработка составила 3500 ч, изменений на поверхностях трения подшипников обнаружено не было. Температура нагрева корпусов подшипников снизилась на 30%, а вибрация роторов – на 15%.

В ноябре 2017 года были проведены стендовые испытания подшипников для ЦНС-180 в ЗАО «Нижневартовскремсервис» (рис. 4). Результаты испытаний полностью подтвердили устойчивость работы подшипников, а также доказали возможность работы без масла в течение 40 мин при вращении вала под нагрузкой со скоростью 1500 об./мин. По результатам испытаний было рекомендовано установить подшипники в штатный насос ЦНС-180 для прохождения ОПИ.

В декабре 2017 года были проведены ОПИ подшипников редукторной части блока маслонасосов нагнетателя НЦ-16/76-1,35 ГПА №61 Ивдельского ЛПУМГ. Комплект из шести подшипников успешно прошел испытания и был принят в подконтрольную эксплуатацию. ◆

ВЫДЕРЖКИ ИЗ ОБСУЖДЕНИЯ

Вопрос: Николай Иванович, уточните, пожалуйста, при работе подшипников скольжения с полимерным покрытием ПЗОДД требуется смазка, или они могут работать совсем без смазки?

Николай Покотило: Совсем без смазки подшипники с полимерным покрытием могут работать при очень низких скоростях – до 5 м/с, а при высоких скоростях работы смазка все-таки требуется. Однако в граничных условиях, например, если смазка по каким-то причинам прекратилась, эти подшипники смогут исправно проработать без смазки определенное время.

Вопрос: Какую именно смазку вы рекомендуете использовать?

Н.П.: Можно использовать масло ТП-22 или промышленное масло, или даже воду.

Вопрос: Как соотносится стоимость подшипников с полимерным покрытием со стоимостью подшипников с баббитовым покрытием?

Н.П.: Мы стараемся, чтобы стоимость подшипников с полимерным покрытием не превышала стоимость баббитовых более чем на 5-10%.

Вопрос: Возможно ли увеличение КПД насоса ЦНС-180 при использовании подшипников с полимерным покрытием по сравнению с применением баббитовых подшипников?

Н.П.: Да, рост КПД достигается за счет снижения коэффициента трения и может достигать 2-4%.

Вопрос: Каким образом проводился контроль температуры подшипника скольжения при проведении испытаний?

С.П.: Для этого был установлен датчик непосредственно на полимерное покрытие.

Вопрос: Вы отметили, что у полимера в отличие от баббита при увеличении нагрузки коэффициент трения снижается. Поясните, пожалуйста, почему так происходит?

С.П.: Это связано с тем, что в составе полимера находится графит, который при работе подшипника обволакивает вал тонкой пленкой. Чем выше давление, тем больше эта пленка. В результате скольжения графита по графиту и достигается снижение коэффициента трения. Кроме того, вал с помощью этой пленки предохраняется от разрушения.

Вопрос: Опасно ли для работы подшипника с полимерным покрытием попадание абразивных частиц в смазку?

С.П.: Нет, не опасно. Благодаря тому, что высота нанесения полимера достигает 1-1,5 см, попавшая в смазку песчинка просто «закатывается» внутрь покрытия, не выходит наружу и, следовательно, не наносит повреждений подшипнику.

Вопрос: Подтверждено ли это на практике?

С.П.: Да, мы проводили эксперимент, в ходе которого добавляли абразивные частицы в смазку, и на работе подшипников это никак не отразилось.

Вопрос: Микрочастицы какого размера использовались в ходе этого эксперимента?

С.П.: Мы применяли микрочастицы размером до 20 микрон.