



EVERY BEARING YOU NEED

ЛЮБОЙ ПОДШИПНИК, КОТОРЫЙ ВАМ НУЖЕН



ТЕХНИЧЕСКОЕ
РУКОВОДСТВО ПО
ПОДШИПНИКАМ





[i] ВВЕДЕНИЕ	4
> КАЧЕСТВО КОМПЛЕКТУЮЩИХ ДЛЯ АВТОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ. ПОЛНАЯ УВЕРЕННОСТЬ	
> ИСТОРИЯ GLYCO	
> ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КОРПОРАЦИИ Federal-Mogul В ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК	
> КОРПОРАЦИЯ Federal-Mogul И АВТОСПОРТ	
> ВСЕГДА В КУРСЕ САМЫХ ПОСЛЕДНИХ РАЗРАБОТОК	
[1] ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ	8
> УСТАНОВКА ПОДШИПНИКОВ	
> ТИПЫ ПОДШИПНИКОВ	
> СИЛЬНЫЕ И СЛАБЫЕ СТОРОНЫ ПОДШИПНИКОВ ДВИГАТЕЛЯ	
[2] ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ВКЛАДЫША ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ	10
> ОСНОВНЫЕ РАЗМЕРЫ И ТЕРМИНОЛОГИЯ	
> УСТАНОВОЧНАЯ ВТУЛКА	
> ПРИПУСК НА ДЛИНУ ВКЛАДЫША ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ	
> ДИАМЕТР РАСПРЯМЛЕНИЯ ВКЛАДЫША	
> ПРИПУСК НА ТОЛЩИНУ ВКЛАДЫША ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ	
> ТОЛЩИНА СТЕНКИ	
> ВКЛАДЫШИ РЕМОНТНОГО РАЗМЕРА	
[3] ВТУЛКИ И УПОРНЫЕ ШАЙБЫ	14
> ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ	
> КОНСТРУКЦИЯ	
> НАПРЯЖЕНИЯ	
[4] ШАТУННЫЕ ШЕЙКИ	16
> ОСЕВАЯ ПОГРЕШНОСТЬ ПРОФИЛЯ	
> РАДИАЛЬНАЯ ПОГРЕШНОСТЬ ПРОФИЛЯ	
> ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ	
> КОЛЕНЧАТЫЕ ВАЛЫ ИЗ ЧШГ	
[5] ЗАЗОР ПОДШИПНИКА	18
> ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЗАЗОР ПОДШИПНИКА	
> РАЗМЕР И ДОПУСКИ ЗАЗОРА ПОДШИПНИКА	
> ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАЗОРА ПОДШИПНИКА ДЛЯ ДВИГАТЕЛЯ	
> ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ МАСЛА НА ЗАЗОР ПОДШИПНИКА	
[6] МАСЛЯНАЯ ПЛЕНКА	20
> ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ МАСЛЯНОЙ ПЛЕНКИ	
> СМАЗЫВАНИЕ ПОДШИПНИКОВ ДВИГАТЕЛЯ	
> ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СМАЗКИ	
> ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ СМАЗКА	
> ГИДРОСТАТИЧЕСКОЕ СМАЧИВАНИЕ	
> ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ	
[7] МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ	24
> ТРЕБОВАНИЯ К ПОДШИПНИКОВЫМ МАТЕРИАЛАМ	
> СТРУКТУРА ПОДШИПНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ	
> ТИПЫ ПОДШИПНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ	
[8] ТЕХНОЛОГИИ Federal-Mogul, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕСЯ В МАТЕРИАЛАХ ДЛЯ ПОДШИПНИКОВ	26
> ТЕХНОЛОГИЯ GLYCO-199: ПОДШИПНИКИ GLYCO SPATTER BEARINGS®	
> БЕССВИНЦОВЫЕ ВТУЛКИ И ПОДШИПНИКИ	
> БЕССВИНЦОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ GLYCO: A370® И CS-4	
> ТЕХНОЛОГИИ GLYCO-188	
[!] ЗАКЛЮЧЕНИЕ	31

ВВЕДЕНИЕ



КАЧЕСТВО КОМПЛЕКТУЮЩИХ ДЛЯ АВТОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ. ПОЛНАЯ УВЕРЕННОСТЬ.

Для капитального ремонта двигателя необходимы высочайший уровень мастерства и напряженная работа. Для защиты своих инвестиций профессиональные компании, специализирующиеся на проведении капитальных ремонтов, полагаются на «профессиональные» марки. Самый обширный в отрасли ассортимент запасных частей для поставок на конвейер, не уступающих по качеству оригинальным деталям, корпорации Federal-Mogul включает в себя не только подшипники и втулки Glyco®, но и комплектующие признанных во всем мире и проверенных на практике марок: клапанные и кулачковые механизмы, ремни и сопутствующие компоненты AE®; поршневые кольца и гильзы цилиндров Goetze®; комплекты поршней и блоков цилиндров Nüral®; прокладки, сальники и болты ГБЦ Rayen®. Такой эксклюзивный портфель «профессиональных марок» обеспечивает качество уровня оригинальных деталей и полную уверенность, востребованные в наши дни компаниями по проведению капитальных ремонтов двигателей.

ШИРОЧАЙШИЙ АССОРТИМЕНТ

Glyco — крупнейший в мире производитель подшипников, выпускающий более 2450 наименований деталей для более чем 5000 марок двигателей. Благодаря сочетанию передовых технологий и надежности выпускаемых ей изделий компания Glyco, основанная в Германии в 1897 году, стала лидером отрасли по производству подшипников. Выпускаемые нами запасные части для послепродажного обслуживания производятся в соответствии с теми же самыми техническими условиями на качество продукции, что и детали для заводов-изготовителей. Корпорация Federal-Mogul известна как первооткрыватель в области разработки передовых материалов и конструктивных особенностей, помогающих обеспечить превосходные характеристики и надежность двигателей.



ЛИДЕР РЫНКА В ОБЛАСТИ ТЕХНОЛОГИЙ

Наши подшипники соответствуют самым жестким требованиям с точки зрения способности выдерживать нагрузки и срока эксплуатации. Высокая износостойкость подшипников Glyco Sputter Bearings® (Glyco-199) означает продление срока эксплуатации вдвое по сравнению с обычными подшипниками. Glyco G-188 — это первый «интеллектуальный» подшипниковый материал, т.к. во время приработки он мягкий, но твердый на протяжении всего остального срока эксплуатации. Glyco также первой создала материалы, которые абсолютно не содержат свинца, такие как Glyco A370®, и на 100% соответствуют требованиям Директивы 2000/53/ЕС «По транспортным средствам с выработанным ресурсом» Европейского союза, причем задолго до срока ее введения в действие в 2011 году.

ПОСТАВЩИК КОМПЛЕКТУЮЩИХ НА КОНВЕЕР БОЛЕЕ ЧЕМ ДЛЯ 70 ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И ДВИГАТЕЛЕЙ

Подшипники и втулки Glyco производят в Германии и каждый год их устанавливают в качестве оригинальных деталей на более чем 10 миллионов новых автомобильных, морских и стационарных двигателей, а также на сельскохозяйственную и строительную технику.

КАЧЕСТВО УРОВНЯ ОРИГИНАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ И ПОЛНАЯ УВЕРЕННОСТЬ. ВМЕСТЕ ЭТИ ДВА ФАКТОРА ПРЕДСТАВЛЯЮТ СОБОЙ ВЫСОЧАЙШЕЕ КОНКУРЕНТНОЕ ПРЕИМУЩЕСТВО, ХАРАКТЕРНОЕ ДЛЯ КАЖДОЙ МАРКИ ДВИГАТЕЛЯ И ТОВАРНОЙ СЕРИИ Federal-Mogul.



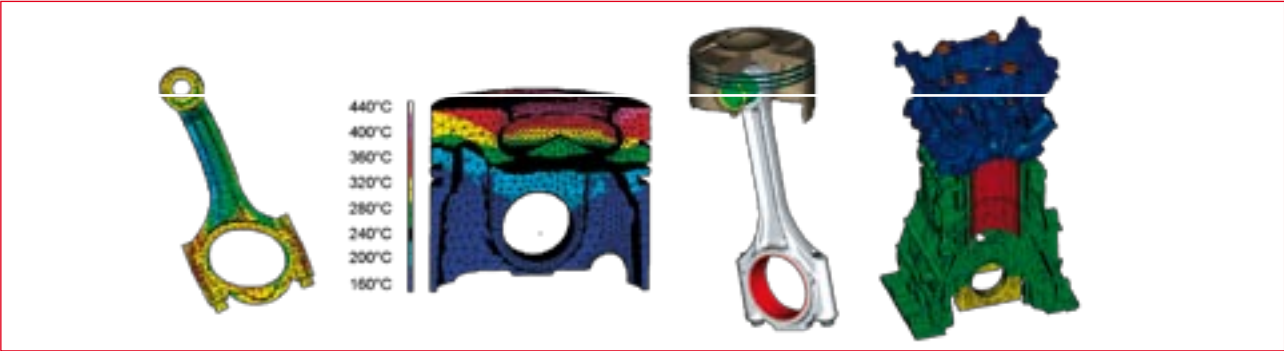
ИСТОРИЯ GLYCO

- 2009** После того, как Federal-Mogul объединяет номенклатуру подшипников AE® с номенклатурой Glyco®, Glyco® становится единственной в своем роде маркой подшипников, представленных широчайшим ассортиментом. Новое визуальное оформление и упаковка с постулатом лидера рынка: **ЛЮБЫЕ ПОДШИПНИКИ НА ВАШ ВЫБОР.**
- 2008** Glyco® внедряет в производство процесс RVD® — Rapid Vapor Deposition (быстрое вакуумное напыление) — и бессвинцовую технологию напыления Sputter. Glyco® обеспечивает 100% готовность на соответствие требованиям Директивы 2000/53/ЕС «По транспортным средствам с выработанным ресурсом» Европейского союза, причем задолго до ее планируемого срока введения в действие в 2011 году.
- 2005** Glyco® внедряет технологию по производству подшипников без использования свинца.
- 2003** Внедрение «интеллектуального» материала G-188, мягкого во время приработки и твердого во время всего остального срока эксплуатации.
- 2000** Кроме QS 9000 и ISO 9001 Federal-Mogul Wiesbaden сертифицируется и по VDA 6.1.
- 1990** Корпорация Federal-Mogul приобретает Glyco® и становится крупнейшим в мире производителем подшипников для двигателей.
- 1984** Строительство первого завода по производству подшипников марки Glyco Sputter; успешное завершение испытаний на двигателях MAN и Mercedes-Benz.
- 1981**
- 1978** Выдача патента на процесс PVD (Physical Vapor Deposition = нанесение покрытия осаждением из паров) для производства Glyco Sputterlager®.
- 1974** Glyco® становится крупнейшим поставщиком вкладышей подшипников в Европе.
- 1970** Glyco® начинает исследования в области покрытий Sputter.
- 1968** Внедрение подшипников скольжения GLYCODUR®.
- 1966** Начало сотрудничества между Federal-Mogul в Саутфилде (США) и Glyco®.
- 1937** Glyco® становится крупнейшим поставщиком вкладышей подшипников в Германии.
- 1936** Разработка заменяемых подшипников двигателей, что явилось значительным вкладом в серийное производство двигателей.
- 1915** Феликс Дейлен (Felix Daelen) и Вильгельм Лус (Wilhelm Loos) приобретают Glyco-Metallgesellschaft за 100000 золотых марок и становятся во главе компании.
- 1901** Выдача патента «Имперским патентным бюро» на «вкладыши подшипников, изготовленных путем комбинирования прочного и мягкого металла».
- 1897** Др. Джон Эдвард Сид (John Edward Stead) (Англия) придумывает торговое название Glyco® для подшипникового металла, содержащего свинец. Макс Вагнер (Max Wagner) 24 октября учреждает Glyco Metallgesellschaft GmbH, Wiesbaden-Schierstein.

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КОРПОРАЦИИ Federal-Mogul В ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК

Количество испытательных стендов: 19	Полностью автоматические испытания двигателей с использованием различных процедур испытаний во время полного испытательного пробега, включая регистрацию данных и регулирование в предельных значениях. Эксплуатация: 24 часа в день, 7 дней в неделю и порядка 50 недель в год.
Максимальная мощность торможения: 700 кВт – Максимальный крутящий момент: 4000 Нм	Диапазон: 10000 об/мин / 230 кВт – 7500 об/мин / 400 кВт – 4000 об/мин / 700 кВт
Моделирование нагрузок при движении по дороге	Диапазон: 8000 об/мин / 335 кВт
Измерения расхода масла, расхода топлива, пропуска газа	Постоянное измерение расхода масла, автоматический слив и взвешивание Высочайшее качество измерения расхода топлива с точность 0,1% Различные способы измерения пропуска газа
Измерение выбросов	Фурье-ИК-спектроскопия и пламенно-ионизационный детектор газов Твердые частицы в отработавших газах (растворимые/нерастворимые) в газовой хроматографии
Испытания на износ при особых условиях	Измерение температуры, качество топлива и смазки, поверхности гильзы
Испытание прокладки головки блока цилиндров	Специальные процедуры испытаний, связанный с полевыми испытания и испытаниями материалов.

Инженеры Federal-Mogul детально моделируют весь двигатель. Подшипники и втулки моделируют вместе с шатуном и поршнями, кольцами, гильзами и прокладками Federal-Mogul в блоке цилиндров двигателя и головке блока цилиндров.



Проверяются деформации и напряжения в шатуне



Испытание подшипника в реальных условиях в самом двигателе заняло бы годы



Корпорация Federal-Mogul и автоспорт. Автоспорт — конечный испытательный полигон для инноваций. Разве существует лучший способ проверить изделия Federal-Mogul, чем сделать это в экстремальных условиях на треке? Использование автоспорта в качестве испытательного полигона является еще одним доказательством приверженности корпорации Federal-Mogul в разработке изделий для автотранспорта завтрашнего дня. Не только ведущие мировые производители, но и чемпионы по автоспорту настаивают на использовании продукции Federal-Mogul.

Присутствие Federal-Mogul на мировом рынке. Корпорация Federal-Mogul — это самый настоящий производитель мирового класса. В отличие от многих поставщиков запасных частей для послепродажного обслуживания, большую часть поставляемой продукции Federal-Mogul производит на собственных мощностях. Federal-Mogul гордится качеством своей продукции, выпускаемой под такими дополнительными марками, как Champion®, Ferodo®, Moog®, которые пользуются большим спросом у дистрибьюторов и торговых посредников, занятых в сфере поставки запасных частей постоянному контингенту заказчиков из числа компаний-установщиков оборудования. Для разработки новых изделий и инженерных решений, соответствующих требованиям клиентов, корпорация Federal-Mogul работает в тесном сотрудничестве с автомобилестроительными компаниями. Многие инновации и технологии были разработаны в связи с конкретными потребностями производителей комплектного оборудования, а еще большее их количество — в связи с потребностями рынка послепродажного обслуживания. Доказательством этому служит большое количество патентов на регистрацию новых технологий, подаваемых Federal-Mogul каждый год. Глобальная сеть научно-исследовательских подразделений Federal-Mogul является свидетельством ее приверженности инновациям и новым технологиям и обеспечивает удержание корпорацией передовых технологических позиций на тех секторах рынка, которые она обслуживает.



Всегда в курсе самых последних разработок. Расположенный в городе Буршайд (Германия) Институт технической подготовки (ИТП) был создан для того, чтобы обеспечить соответствие навыков практической работы и знаний персонала уровню разработки продукции, стоящему за ней производственному процессу, технической поддержке, необходимой для обслуживания такой продукции, и растущим потребностям клиентов. Для достижения этой цели мы предоставляем обучение всему персоналу Federal-Mogul, а также и нашим клиентам, либо в самом Институте, либо во вспомогательных учебных подразделениях, расположенных по всей Европе. Независимо от вашего уровня профессиональных знаний мы всегда подберем для вас курс обучения, который будет способствовать развитию ваших трудовых навыков. Каждый пройденный курс обучения подтверждается соответствующим сертификатом корпорации Federal-Mogul.



ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

УСТАНОВКА ПОДШИПНИКОВ

В двигателе внутреннего сгорания существует ряд зон, в которых части перемещаются друг по другу. Возникающее в таких зонах трение может привести к износу и повреждению частей. Чтобы не допустить этого, применяются подшипники.

Предназначение подшипника заключается в передаче мощности, снижении трения и предотвращении износа дорогостоящих частей двигателя. Кроме того, подшипники должны быть недорогими и обеспечивать быструю и простую замену в случае повреждения.

ТИПЫ ПОДШИПНИКОВ

Наиболее важные зоны двигателя, в которых применяются подшипники — это коленчатый вал и распределительный вал. Коленчатый вал удерживается в блоке двигателя при помощи коренных подшипников (Рисунок 1). С одной стороны шатуны связаны подшипниками с коленчатым валом. С другой стороны шатуны связаны втулкой головки шатуна с поршневыми пальцами (Рисунок 2). Распределительный вал удерживается либо в блоке двигателя, либо в головке блока цилиндров при помощи полувкладышей или втулок распределительного вала. Инженеры выделяют различные виды подшипников. С одной стороны, подшипники можно подразделить на основе характера передаваемой ими мощности. В этом случае различают радиальные и осевые подшипники. С другой стороны, различие между подшипниками можно проводить, исходя из их конструкции. В этом случае говорят о подшипниках качения (например, шариковые или роликовые подшипники) и подшипниках скольжения. В четырехтактных двигателях в качестве радиальных в основном применяются подшипники скольжения. Радиальные подшипники

выпускаются либо в виде разъемных полувкладышей, либо в виде втулок. Осевая опорная подушка коленчатого и распределительного валов выполняется из упорных шайб или фланцевых подшипников.

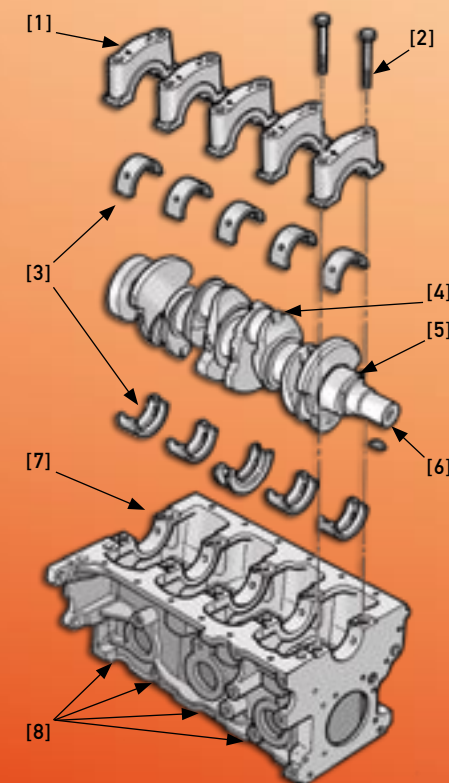
СИЛЬНЫЕ И СЛАБЫЕ СТОРОНЫ ПОДШИПНИКОВ ДВИГАТЕЛЯ

Для двигателей внутреннего сгорания использование подшипников скольжения предлагает ряд преимуществ по сравнению с подшипниками качения. Одно из основных преимуществ подшипников скольжения заключается в том, что их можно разделить на полувкладыши. Именно поэтому подшипник скольжения, в отличие от роликового подшипника, можно установить на коленчатый вал. Обладая теми же самыми размерами, подшипники скольжения способны выдерживать большие нагрузки, чем подшипники качения. Кроме того, они менее чувствительны к ударным нагрузкам. Вследствие этого подшипники скольжения обладают большим сроком эксплуатации и менее шумные.

По сравнению с роликовыми подшипниками подшипники скольжения имеют меньший размер и меньший вес, поэтому их производство является более экономичным. Слабой стороной подшипников скольжения является то, что при низких оборотах они создают большее трение, чем подшипники качения. Этот недостаток наиболее ярко проявляется при запуске двигателя, когда подшипники скольжения двигателя создают как граничное, так и смешанное трение, вызывающее больший износ частей в сравнении с тем, когда двигатель уже работает.

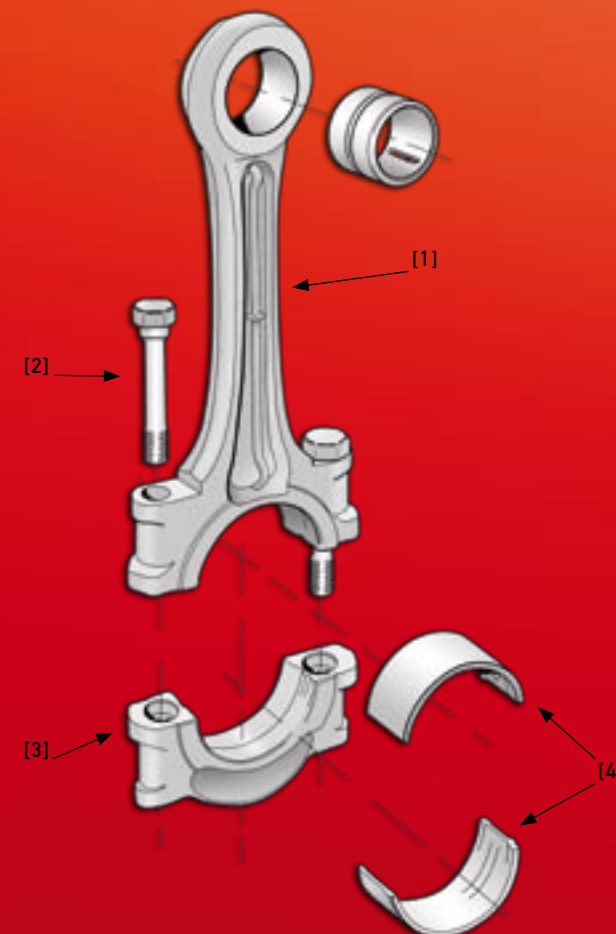
[РИС.1] ЭЛЕМЕНТЫ ДВИГАТЕЛЯ, СОЕДИНЕННЫЕ С ПОДШИПНИКАМИ

- [1] КРЫШКА КОРЕННОГО ПОДШИПНИКА
- [2] БОЛТЫ КРЫШКИ КОРЕННОГО ПОДШИПНИКА
- [3] КОРЕННЫЕ ПОДШИПНИКИ
- [4] ШАТУННАЯ ШЕЙКА ШАТУННОГО ПОДШИПНИКА
- [5] ШАТУННАЯ ШЕЙКА КОРЕННОГО ПОДШИПНИКА
- [6] КОЛЕНЧАТЫЙ ВАЛ
- [7] БЛОК ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЯ
- [8] ОТВЕРСТИЯ В БЛОКЕ ЦИЛИНДРОВ



[РИС.2] ЭЛЕМЕНТЫ ШАТУНА

- [1] ШАТУН
- [2] БОЛТ ШАТУНА
- [3] КРЫШКА ШАТУНА
- [4] ШАТУННЫЕ ПОДШИПНИКИ



[1]



ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ВКЛАДЫША ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ

ДЛЯ УДЕРЖАНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА И ШАТУНОВ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ПОДШИПНИКИ СКОЛЬЖЕНИЯ, СОСТОЯЩИЕ ИЗ ДВУХ ПОЛУВКЛАДЫШЕЙ. В ОСЕВОМ НАПРАВЛЕНИИ КОЛЕНЧАТЫЙ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ ВАЛЫ УДЕРЖИВАЮТСЯ НА МЕСТЕ ПРИ ПОМОЩИ ФЛАНЦЕВЫХ ПОДШИПНИКОВ ИЛИ УПОРНЫХ ШАЙБ. ШАТУННЫЕ ПОДШИПНИКИ НАПРАВЛЯЮТСЯ ЩЕКАМИ КРИВОШИПА.

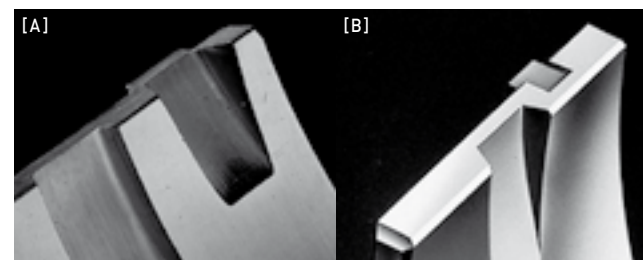
ОСНОВНЫЕ РАЗМЕРЫ И ТЕРМИНОЛОГИЯ

Основные внешние габариты вкладышей гладких и фланцевых подшипников приведены на Рисунках 3—5, на которых также показаны высверленные масляные и смазочные канавки. Более подробно особенности конструкции описаны в разделе, посвященном смазке. Кроме габаритов существуют и другие основные характеристики полувкладышей подшипников.

УСТАНОВОЧНАЯ ВТУЛКА

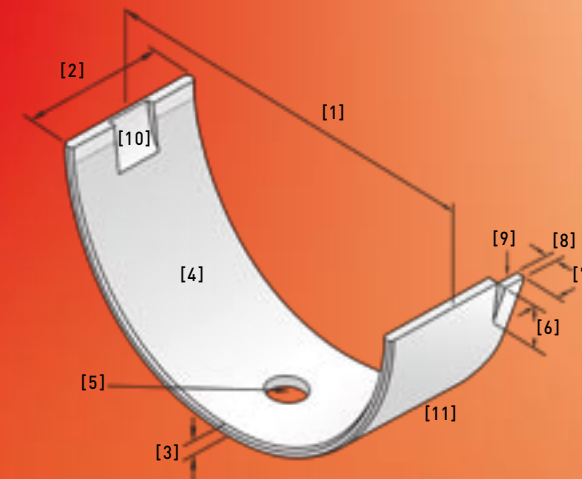
Наиболее очевидной из таких особенностей является установочная втулка, обеспечивающая правильность расположения вкладыша подшипника в корпусе (Рисунок 6). Правильное расположение подшипника в корпусе — это единственное назначение установочной втулки. Однако она не защищает вкладыш подшипника от скручивания или перекашивания внутри корпуса. Защита от такого воздействия обеспечивается за счет припуска на длину вкладыша подшипника скольжения (см. ниже). Установочная втулка может быть выполнена либо в виде стандартной втулки, либо в виде вытисненной втулки

(Рисунок 7). В настоящее время признанными производителями при массовом производстве используются оба варианта установочных втулок. В отличие от стандартных вытисненных втулок не изменяют поверхность скольжения, что при использовании вместе с диагонально расположенными шатунными подшипниками предоставляет пусть и небольшое, но все же преимущество, т.к. вытисненные втулки не нарушают течение смазки. Подшипники, использующиеся в более современных двигателях, часто не имеют установочной втулки. Поэтому при установке подшипника внутри корпуса требуется особое внимание. Установочные втулки не применяются по причине их высокой стоимости. Для того чтобы вставить установочную втулку, в корпусе должно быть углубление. Но наиболее рентабельным является производство корпуса без углубления. Кроме своих размеров и наличия установочной втулки вкладыш подшипника также характеризуется тремя дополнительными конструктивными особенностями, которые нельзя увидеть невооруженным глазом, а именно: припуском на длину вкладыша, диаметром направления вкладыша и припуском на толщину вкладыша подшипника скольжения.



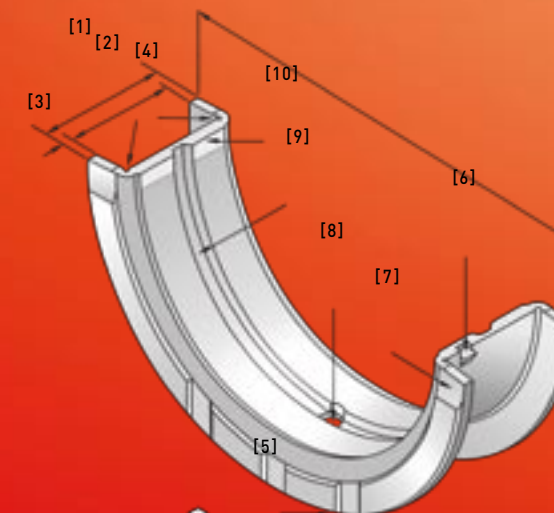
[РИС. 7]

[А] СТАНДАРТНЫЕ УСТАНОВОЧНЫЕ ВТУЛКИ ПРОИЗВОДЯТ ПУТЕМ ШТАМПОВКИ И, В НЕКОТОРЫХ СЛУЧАЯХ, ФРЕЗЕРОВКИ ЕЕ ВНУТРЕННЕГО ПРОФИЛЯ.
[В] ВЫТИСНЕННЫЕ УСТАНОВОЧНЫЕ ВТУЛКИ ПРОИЗВОДЯТ ПУТЕМ ОСАДКИ ДАВЛЕНИЕМ ЗА ОДИН ПРОХОД. В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ ТАКОГО ТИПА УСТАНОВОЧНЫХ ВТУЛОК ИСПОЛЬЗУЕТ БОЛЬШИНСТВО ВЕДУЩИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ.



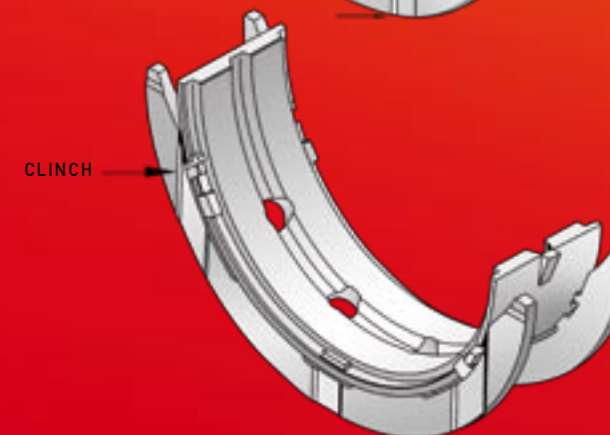
[РИС. 3] РАЗМЕРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДШИПНИКА ДВИГАТЕЛЯ

[1] НАРУЖНЫЙ ДИАМЕТР
[2] ДЛИНА ПОДШИПНИКА
[3] ТОЛЩИНА СТЕНКИ
[4] ПОВЕРХНОСТЬ СКОЛЬЖЕНИЯ
[5] СМАЗОЧНОЕ ОТВЕРСТИЕ
[6] ДЛИНА УСТАНОВОЧНОЙ ВТУЛКИ
[7] ШИРИНА УСТАНОВОЧНОЙ ВТУЛКИ
[8] ГЛУБИНА УСТАНОВОЧНОЙ ВТУЛКИ
[9] ВЫСТУП ВТУЛКИ
[10] ЧАСТИЧНАЯ СМАЗОЧНАЯ КАНАВКА
[11] ПОСАДОЧНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ ПОДШИПНИКА



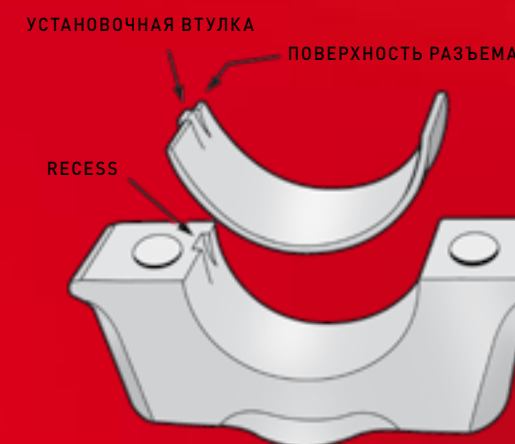
[РИС. 4] ХАРАКТЕРИСТИКИ СОБРАННОГО ФЛАНЦЕВОГО ПОДШИПНИКА

[1] ДЛИНА
[2] ДЛИНА ФЛАНЦА
[3] ТОЛЩИНА СТЕНКИ ФЛАНЦА
[4] ВЫСТУПЫ СНИЖЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ
[5] СОЧЛЕНЕННЫЙ ВЫСТУП УПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ
[6] УСТАНОВОЧНАЯ ВТУЛКА
[7] СОЧЛЕНЕННЫЙ ВЫСТУП УПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ
[8] СМАЗОЧНОЕ ОТВЕРСТИЕ
[9] СМАЗОЧНАЯ КАНАВКА
[10] СОЧЛЕНЕННЫЙ ВЫСТУП ПОВЕРХНОСТИ СКОЛЬЖЕНИЯ



[РИС. 5]

ХАРАКТЕРИСТИКИ СОБРАННОГО ФЛАНЦЕВОГО ПОДШИПНИКА. РАЗМЕРЫ СМ. НА РИС. 4.



[РИС. 6]

ЕДИНСТВЕННОЕ НАЗНАЧЕНИЕ УСТАНОВОЧНОЙ ВТУЛКИ ПОДШИПНИКА — ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ НЕПРАВИЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОДШИПНИКА В КОРПУСЕ. ПОСАДОЧНОЕ ГНЕЗДО СНАБЖЕНО УГЛУБЛЕНИЕМ, В КОТОРОЕ ВХОДИТ УСТАНОВОЧНАЯ ВТУЛКА. УСТАНОВОЧНАЯ ВТУЛКА НЕ ПРЕДОТВРАЩАЕТ ПРОВОРАЧИВАНИЯ ПОДШИПНИКА ВНУТРИ КОРПУСА.

ПРИПУСК НА ДЛИНУ ВКЛАДЫША ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ

Внешняя окружность полувкладыша длиннее внутренней окружности замкнутого посадочного гнезда. Эту разницу называют «припуском на длину вкладыша подшипника скольжения» (Рисунок 8). При затяжке болтов крышки шатуна или коренного подшипника подшипники эластично сжимаются, что позволяет подогнать подшипники под внутренний диаметр менее эластичного посадочного гнезда. Эластичное сжатие создает тугую посадку между подшипником и посадочным гнездом, удерживающую подшипник на месте во время работы двигателя.

ДИАМЕТР РАСПРЯМЛЕНИЯ ВКЛАДЫША

Диаметр распрямления вкладыша (Рисунок 9) представляет собой разность между наружным расстоянием между двумя торцами вкладыша подшипника (т.е. поверхностями разъема) и внутренним диаметром посадочного гнезда. Диаметр распрямления вкладыша составляет от 0,5 до 1,5 мм для подшипников легковых и грузовых автомобилей. Диаметр распрямления заставляет вкладыш подшипника сохранять соприкосновение со стенкой корпуса по всей окружности. Такое соприкосновение необходимо для того, чтобы шатунные шейки и вкладыш подшипника не могли соприкаться в зоне поверхностей разъема, т.к. такой контакт мог бы снять масляную пленку и вызвать износ и повреждение подшипника. Соприкосновение между подшипником и корпусом необходимо и еще по одной причине. Когда масло перетекает по смазочному зазору трение между молекулами масла вызывает его нагрев. Тепло частично передается через вкладыш подшипника в корпус. Хорошее соприкосновение между вкладышем подшипника и корпусом необходимо для надлежащего переноса тепла. Положительный момент диаметра распрямления вкладыша заключается в том, что он обеспечивает удержание вкладыша подшипника в корпусе во время сборки.

ПРИПУСК НА ТОЛЩИНУ ВКЛАДЫША ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ

Во время сборки подшипника может возникнуть смещение между крышкой и корпусом подшипника, и в ряде случаев такое смещение может вызвать соприкосновение вкладыша подшипника с шатунными шейками, что приведет к износу и повреждению подшипника (Рисунок 10, также см. «Припуск на длину вкладыша подшипника скольжения»). Чтобы избежать такого вредного воздействия, стенка вкладыша подшипника под областью поверхностей разъема имеет меньшую толщину (Рисунок 11). Такая область с меньшей толщиной стенки носит название «припуск на толщину вкладыша подшипника скольжения».

ТОЛЩИНА СТЕНКИ

Толщину стенки измеряют в венце подшипника. У цилиндрических подшипников она постоянная, за исключением припуска по толщине вкладыша подшипника скольжения. Допуск по отклонению толщины стенки очень незначительный и составляет порядка 3 мкм в осевом направлении и порядка 6 мкм по окружности. Что же касается эксцентриковых подшипников, то и у них толщина стенки также измеряется в венце. Обычно толщина стенки уменьшается на 20 мкм от венца к поверхностям разъема до начала области припуска по толщине вкладыша подшипника. Размер такой конусности зависит от конструкции посадочного гнезда.

ВКЛАДЫШИ РЕМОНТНОГО РАЗМЕРА

Для капитального ремонта двигателей используют ряд вкладышей ремонтного размера с увеличенной толщиной стенки, подходящих под уменьшенный диаметр шейки коленчатого вала. Наружный диаметр вкладыша ремонтного размера тот же самый, что и у вкладыша со стандартными размерами. Чем меньше диаметр коленчатого вала, тем больше должна быть толщина стенки. Габариты вкладышей ремонтного размера зависят от того, насколько уменьшился диаметр коленчатого вала. Например, ремонтный размер 0,50 мм означает, что толщина стенки вкладышей подшипника на 0,25 мм больше, чем у стандартного подшипника.



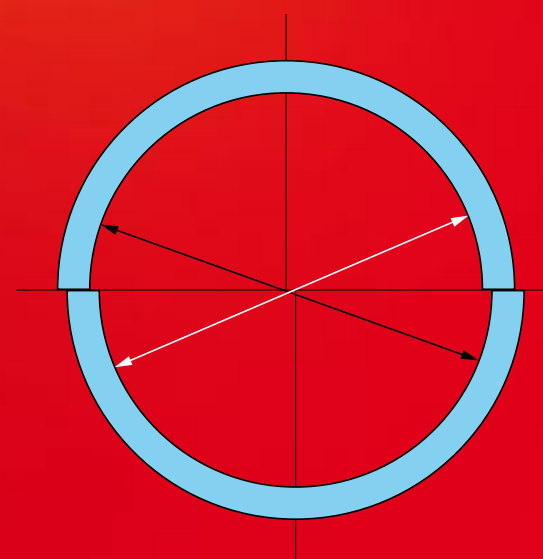
[РИС. 8]

ПРИПУСК НА ДЛИНУ ВКЛАДЫША ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ УВЕЛИЧИВАЕТ НАРУЖНЫЙ ДИАМЕТР ПАРЫ ВКЛАДЫШЕЙ ТАКИМ ОБРАЗОМ, ЧТО ОН СТАНОВИТСЯ БОЛЬШЕ ВНУТРЕННЕГО ДИАМЕТРА ПОСАДОЧНОГО ГНЕЗДА. ПРИПУСК НА ДЛИНУ СЖИМАЕТСЯ БОЛТАМИ ШАТУНА ИЛИ БОЛТОМ КРЫШКИ КОРЕННОГО ПОДШИПНИКА. ТАКОЕ СЖАТИЕ ПОДШИПНИКА СОЗДАЕТ ТУГУЮ ПОСАДКУ, ПРЕДОТВРАЩАЮЩУЮ ПРОВОРОТ И ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ПАРЫ ВКЛАДЫШЕЙ ВНУТРИ ПОСАДОЧНОГО ГНЕЗДА.



[РИС. 9]

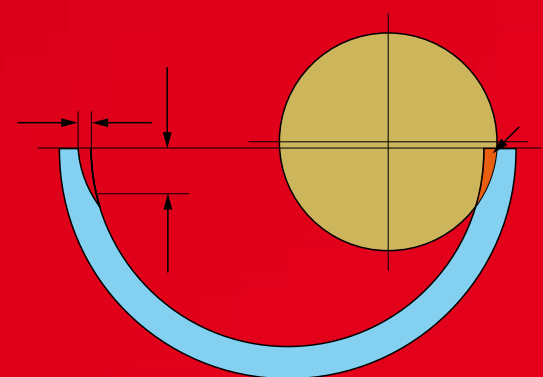
НЕОБХОДИМО ОБЕСПЕЧИТЬ СОПРИКОСНОВЕНИЕ БОЛЬШИХ ПЛОЩАДЕЙ ПОСАДОЧНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОДШИПНИКА И ПОВЕРХНОСТИ ПОСАДОЧНОГО ГНЕЗДА ПО ДВУМ ПРИЧИНАМ. С ОДНОЙ СТОРОНЫ, ХОРОШЕЕ СОПРИКОСНОВЕНИЕ ГАРАНТИРУЕТ ХОРОШУЮ ПЕРЕДАЧУ ТЕПЛА, СОЗДАВАЕМОГО ТРЕНИЕМ ВНУТРИ ПОДШИПНИКА. С ДРУГОЙ СТОРОНЫ, ХОРОШЕЕ СОПРИКОСНОВЕНИЕ МИНИМИЗИРУЕТ РИСК ПРЯМОГО КОНТАКТА МЕЖДУ ПОВЕРХНОСТЯМИ ПОДШИПНИКА И ШЕЙКОЙ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА. РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ДВУМЯ ЛИНИЯМИ РАЗЪЕМА БОЛЬШЕ ВНУТРЕННЕГО ДИАМЕТРА ПОСАДОЧНОГО ГНЕЗДА. СЛЕДСТВИЕМ ТАКОЙ РАЗНИЦЫ РАЗМЕРОВ ЯВЛЯЕТСЯ ХОРОШЕЕ СОПРИКОСНОВЕНИЕ МЕЖДУ ПОСАДОЧНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ПОДШИПНИКА И ПОВЕРХНОСТЬЮ ПОСАДОЧНОГО ГНЕЗДА.



[РИС. 10]

ПРИ СМЕЩЕНИИ ВЕРХНИХ И НИЖНИХ ВКЛАДЫШЕЙ ПАРЫ ВНУТРЕННИЙ ДИАМЕТР ПОДШИПНИКА ЧАСТИЧНО УМЕНЬШАЕТСЯ, Т.Е. ЧАСТИЧНО УМЕНЬШАЕТСЯ И ЗАЗОР ПОДШИПНИКА. В КРАЙНИХ СЛУЧАЯХ ПОВЕРХНОСТИ ПОДШИПНИКА И ШЕЙКИ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА НАЧИНАЮТ СОПРИКАСАТЬСЯ, ЧТО ЧЕРЕЗ КОРОТКОЕ ВРЕМЯ РАБОТЫ ПРИВОДИТ К ПОВРЕЖДЕНИЮ ПОДШИПНИКА.

СМЕЩЕНИЕ ВКЛАДЫШЕЙ ПОДШИПНИКА
— СЛИШКОМ МАЛЕНЬКИЙ ДИАМЕТР
— СЛИШКОМ БОЛЬШОЙ ДИАМЕТР



[РИС. 11]

СГОРАНИЕ В ЦИЛИНДРЕ И ИНЕРЦИОННЫЕ СИЛЫ ВЫЗЫВАЮТ ЦИКЛИЧЕСКУЮ ДЕФОРМАЦИЮ БОЛЬШИХ ГОЛОВЕК ШАТУНА И ИЗМЕНЕНИЕ ИХ ФОРМЫ НА ОВАЛЬНУЮ. ОВАЛЬНАЯ ФОРМА УМЕНЬШАЕТ ЗАЗОР МЕЖДУ ПОДШИПНИКОМ И ШЕЙКОЙ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА В ОБЛАСТИ ЛИНИЙ РАЗЪЕМА. УМЕНЬШЕНИЕ ДИАМЕТРА ПОВЫШАЕТ РИСК СОПРИКОСНОВЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЭТИХ ДВУХ ЧАСТЕЙ. ЧТОБЫ НЕ ДОПУСТИТЬ ПРЯМОГО КОНТАКТА, РЯД ПОДШИПНИКОВ СНАБЖЕН ТОНКОЙ СТЕНКОЙ В ОБЛАСТИ ЛИНИЙ РАЗЪЕМА (ПРИПУСК НА ТОЛЩИНУ ВКЛАДЫША ПОДШИПНИКА).

ВТУЛКИ И УПОРНЫЕ ШАЙБЫ

КРОМЕ (ПОЛУ) ВКЛАДЫШЕЙ В ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ
ПРИМЕНЯЮТСЯ И ЕЩЕ ДВА ТИПА ВКЛАДЫШЕЙ – ВТУЛКИ И УПОРНЫЕ ШАЙБЫ.

ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ

Втулки используются в малых головках шатуна, с распределительными валами и иногда их устанавливают на торцы коленчатого вала. Упорные шайбы используют для контроля колебаний коленчатого вала в блоке двигателя в осевом направлении.

КОНСТРУКЦИЯ

На фланцевых подшипниках вместо упорных шайб также применяются зажимы Solid & Clip, которые в своей основе представляют собой комбинацию ровного вкладыша с прикрепленной к нему упорной шайбой либо цельный корпус, у которого ровный вкладыш и фланец выполнены из одного куска материала.

Наружный диаметр втулки больше внутреннего диаметра посадочного гнезда. Аналогично припуску на длину вкладыша подшипника, эта разница размеров создает тугую посадку, удерживающую втулку в гнезде.

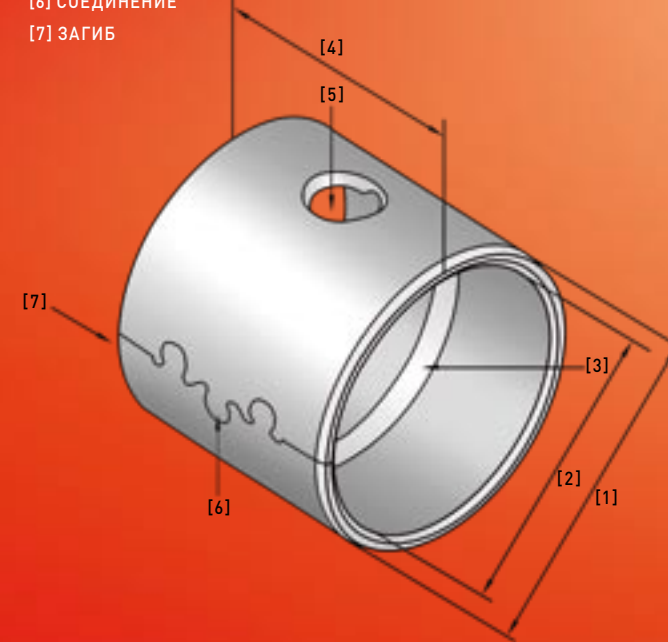
НАПРЯЖЕНИЯ

Раньше втулки малой головки шатуна имели цилиндрическую форму. Однако при передаче мощности между поршнем и поршневыми пальцами такая конструкция приводит к созданию высокого давления в области бобышки днища поршня. Напряжение, возникающее вследствие этих давлений, может вызвать образование трещин. Чтобы снизить подобные напряжения, поверхность контакта между поршнем и поршневым пальцем была увеличена, и поэтому в наше время головки шатуна и втулки малой головки шатуна очень часто делают конической формы (Рисунок 14).

Удельные напряжения во втулке малой головки шатуна значительно больше, чем в шатунном подшипнике. Для противодействия таким большим напряжениям люфт втулки малой головки шатуна и поршневых пальцев должен быть меньше люфта шатунного подшипника, поэтому внутренний диаметр втулок малой головки шатуна высверливают в соответствии с необходимыми размерами только после запрессовки в головку шатуна.

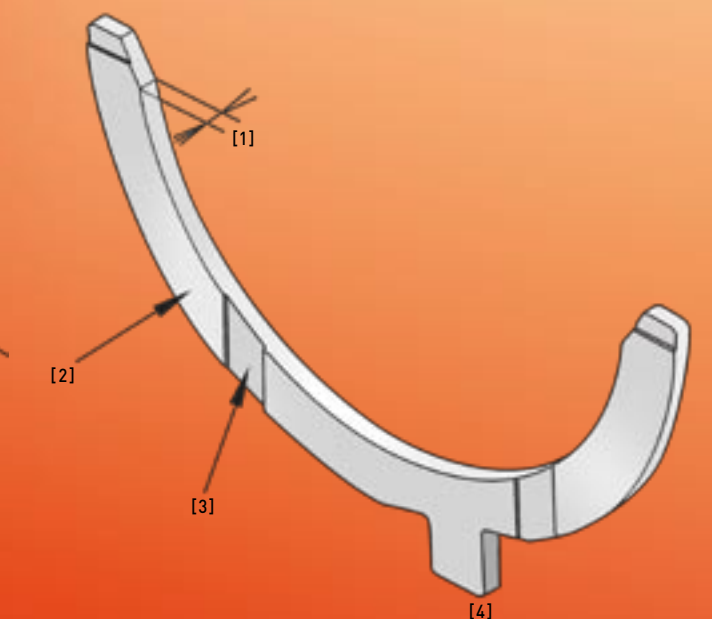
[РИС. 12] РАЗМЕРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ
МАЛОЙ ГОЛОВКИ ШАТУНА

- [1] НАРУЖНЫЙ ДИАМЕТР
- [2] ВНУТРЕННИЙ ДИАМЕТР
- [3] СМАЗОЧНАЯ КАНАВКА
- [4] ДЛИНА
- [5] СМАЗОЧНОЕ ОТВЕРСТИЕ
- [6] СОЕДИНЕНИЕ
- [7] ЗАГИБ



[РИС. 13] РАЗМЕРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ
УПОРНОЙ ШАЙБЫ

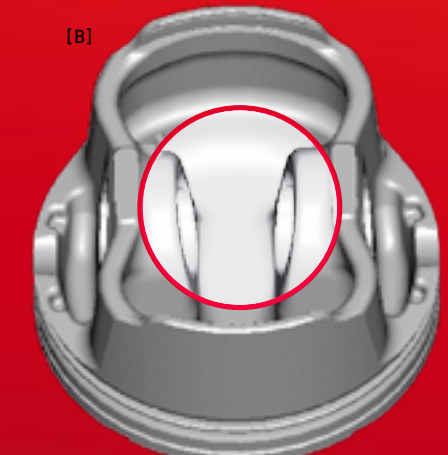
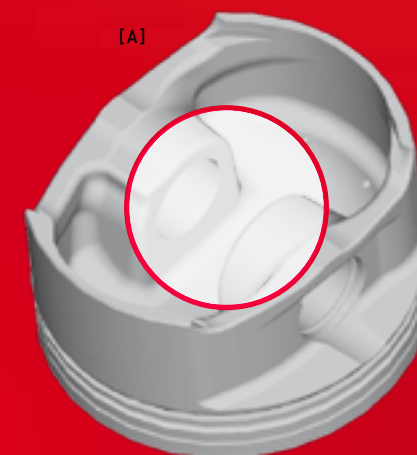
- [1] ТОЛЩИНА СТЕНКИ
- [2] ПОВЕРХНОСТЬ СКОЛЬЖЕНИЯ
- [3] СМАЗОЧНАЯ КАНАВКА
- [4] УСТАНОВОЧНАЯ ВТУЛКА



[РИС. 14]

[А] МАЛАЯ ГОЛОВКА ШАТУНА ЭТОГО ПОРШНЯ ИМЕЕТ ЦИЛИНДРИЧЕСКУЮ ФОРМУ, ТРАДИЦИОННУЮ ДЛЯ ПОРШНЕЙ И ШАТУНОВ.

[Б] МАЛАЯ ГОЛОВКА ШАТУНА ЭТОГО ПОРШНЯ ИМЕЕТ КОНИЧЕСКУЮ ФОРМУ. КОНИЧЕСКАЯ ФОРМА ПОВЫШАЕТ НЕСУЩУЮ ПОВЕРХНОСТЬ ВТУЛКИ МАЛОЙ ГОЛОВКИ ШАТУНА И ПОРШНЕВОГО ПАЛЬЦА, ВМЕСТЕ С ЭТИМ ПОВЫШАЯ ЖЕСТКОСТЬ ПОРШНЯ. БЛАГОДАРЯ БОЛЬШЕЙ НЕСУЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ДАВЛЕНИЕ НА ВТУЛКУ МАЛОЙ ГОЛОВКИ ШАТУНА И ПОРШНЕВОЙ ПАЛЕЦ СТАНОВИТСЯ МЕНЬШЕ.



[3]



ШАТУННЫЕ ШЕЙКИ

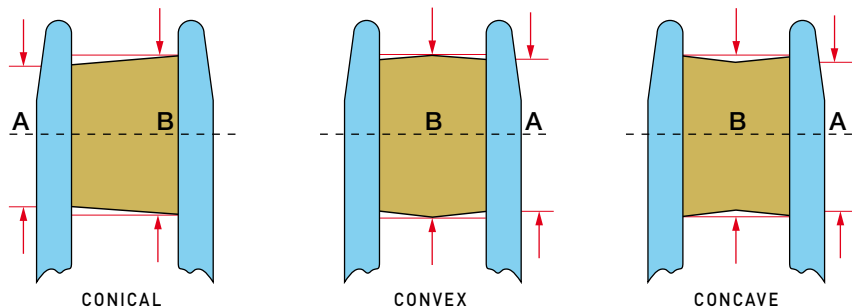
СОЗДАНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО И ПРОЧНОГО ПОДШИПНИКА — ЭТО НЕ ТОЛЬКО ВОПРОС ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ВКЛАДЫШЕЙ ПОДШИПНИКА. ШАТУННЫЕ ШЕЙКИ ТАКЖЕ ИГРАЮТ ЗНАЧИТЕЛЬНУЮ РОЛЬ, Т.К. ЛЮБОЕ ОТКЛОНЕНИЕ ОТ ДОПУСТИМОЙ ГЕОМЕТРИИ МОЖЕТ ВЫЗВАТЬ ПОВРЕЖДЕНИЕ ПОДШИПНИКА.

ОСЕВАЯ ПОГРЕШНОСТЬ ПРОФИЛЯ

Осевая погрешность профиля шатунных шеек может представлять собой коническое, выпуклое или вогнутое отклонение (Рисунок 15). Степени допустимого отклонения формы определяются заданными предельными значениями и зависят от диаметра и толщины шатунной шейки. В Таблице 1 приведен пример с шейкой диаметром 50 мм.

[ТАБЛИЦА 1]

КЛАСС ДОПУСКА ПО ДИАМЕТРУ: H6	ПРИМЕР ДЛЯ D=50 MM DМИН. = 49,984 DМАКС. = 50,000	
КОНУСНОСТЬ: (КОНУСООБРАЗНАЯ ФОРМА)	ДЛИНА ШАТУННОЙ ШЕЙКИ	МАКС. КОНУСНОСТЬ В-А (СМ. РИС. 15) В МИКРОНАХ
	< 25 MM	3 микрона
	ОТ 25 ДО 50 MM	5 микрона
	> 50 MM	5 микрона
ДОПУСК ВЫПУКЛОГО/ВОГНУТОГО ОТКЛОНЕНИЯ:	МАКС. 50% ОТ ДОПУСТИМОЙ КОНУСНОСТИ	
ПОГРЕШНОСТЬ КРУГЛОЙ ФОРМЫ:	МАКС. 25% ОТ ДОПУСТИМОЙ КОНУСНОСТИ (ПОГРЕШНОСТЬ КРУГЛОЙ ФОРМЫ ТОЛЬКО 1ГО ПОРЯДКА)	



[РИС. 15]

СОЗДАЮТ ТАКИЕ ПОГРЕШНОСТИ ФОРМЫ ШЕЙКИ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА В ОСЕВОМ НАПРАВЛЕНИИ, КАК КОНИЧЕСКОЕ, ВЫПУКЛОЕ ИЛИ ВОГНУТОЕ ОТКЛОНЕНИЕ ОТ ИДЕАЛЬНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ. ПРАКТИЧЕСКИ ВСЕ ШЕЙКИ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ИМЕЮТ ОТКЛОНЕНИЯ ОТ ИДЕАЛЬНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ. РЕШАЮЩЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ИМЕЕТ РАЗНИЦА МЕЖДУ САМЫМ БОЛЬШИМ (А) И САМЫМ МАЛЕНЬКИМ (В) ДИАМЕТРАМИ. ПРИМЕРЫ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ФОРМЫ ПРИВЕДЕНЫ В ТАБЛИЦЕ 1.

РАДИАЛЬНАЯ ПОГРЕШНОСТЬ ПРОФИЛЯ

Радиальная погрешность профиля возникает в тех местах, где во время изготовления есть вибрации между инструментом и шатунной шейкой. На Рисунке 16 приведены примеры возможных радиальных погрешностей профиля. Степени допустимого отклонения формы зависят от типа отклонения, а также минимальной толщины масляной пленки. Минимальная толщина пленки масла зависит от нагрузки на подшипник.



ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ

Вместе с осевыми и радиальными погрешностями формы еще одним важным свойством шатунной шейки является качество обработанной поверхности. Высокое качество обработанной поверхности минимизирует износ шейки и вкладыша. В Таблице 2 приведен ряд рекомендаций в отношении параметров Ra и Rz шероховатости поверхности.

[ТАБЛИЦА 2]

А) ПОДШИПНИКИ, РАБОТАЮЩИЕ ПОД БОЛЬШОЙ НАГРУЗКОЙ (ОСОБЕННО ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ) (> 45 $\frac{N}{MM^2}$)	
RA	МАКС. 0,2 МИКРОН
RZ	МАКС. 0,8 МИКРОН
Б) ПОДШИПНИКИ, РАБОТАЮЩИЕ ПОД СТАНДАРТНОЙ НАГРУЗКОЙ (< 45 $\frac{N}{MM^2}$)	
RA	МАХ. 0,4 μM
RZ	МАХ. 1,5 μM

КОЛЕНЧАТЫЕ ВАЛЫ ИЗ ЧШГ

В настоящее время коленчатые валы изготавливают либо из стали, либо из чугуна с шаровидным графитом (ЧШГ). ЧШГ содержит включения графита (так называемые «вкрапления» графита), повышающие эластичность материала. При производстве шеек из ЧШГ необходимо учитывать одну специфическую характеристику. При перешлифовке шейки из чугуна с шаровидным графитом происходит разрезание «вкраплений» графита, а «размазывание» материала во время процесса резки вызывает формирование «крышек», закрывающих «вкрапления» графита. Поэтому даже если поверхность внешне выглядит гладкой, во время работы двигателя напряжения на «крышках» могут вызвать их разрушение, что приведет к повреждению подшипника (см. Рисунки 17 и 18). Формирования «крышек» следует избегать во что бы то ни стало. Для этого существуют два способа. Первый способ заключается в минимизации формирования «крышек» за счет использования полос из кубического нитрида бора (КНБ). Второй способ — это газовое азотирование и полировка после шлифовки вала. «Крышки», подвергшиеся газовому азотированию, более хрупкие и во время полировки легче отламываются. Необходимо отметить, что шлифовка и полировка должны выполняться в противоположных направлениях, при этом полировка должна осуществляться в направлении вращения двигателя.

[РИС. 16]

ТИПИЧНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ФОРМЫ ШЕЕК КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ОТ ИДЕАЛЬНОЙ КРУГЛОЙ ФОРМЫ В РАДИАЛЬНОМ НАПРАВЛЕНИИ. НА ИЛЛЮСТРАЦИИ ПОКАЗАНЫ ОТКЛОНЕНИЯ ОТ 1-ГО ПО 6-ОЙ ПОРЯДОК. ТАКИЕ ПОГРЕШНОСТИ ФОРМЫ ВОЗНИКАЮТ В ТОМ СЛУЧАЕ, ЕСЛИ МЕЖДУ ШЛИФОВАЛЬНЫМ КРУГОМ И ПРОВОРАЧИВАЮЩИМСЯ КОЛЕНЧАТЫМ ВАЛОМ СОЗДАЮТСЯ ГАРМОНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ.



[РИС. 17] ПОВЕРХНОСТЬ «КРЫШЕК» ВКРАПЛЕНИЙ ГРАФИТА НА КОЛЕНЧАТОМ ВАЛЕ

СХЕМАТИЧЕСКОЕ УВЕЛИЧЕННОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ШЕЙКИ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА, ВЫПОЛНЕННОГО ИЗ ЧУГУНА С ШАРОВИДНЫМ ГРАФИТОМ, В ПОПЕРЕЧНОМ РАЗРЕЗЕ. ЗАШТРИХОВАННЫЕ ОБЛАСТИ ПРЕДСТАВЛЯЮТ СОБОЙ ВКЛЮЧЕНИЯ ГРАФИТА В МАТРИЦУ ЧУГУНА. ПРИ ПЕРЕШЛИФОВКЕ ШЕЙКИ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ВКЛЮЧЕНИЯ ГРАФИТА РАЗРЕЗАЮТСЯ. РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ «РАЗМАЗЫВАЕТ» СТАЛЬ ПО ВКЛЮЧЕНИЯМ ТАКИМ ОБРАЗОМ, ЧТО ОНИ ЧАСТИЧНО ИЛИ ПОЛНОСТЬЮ ЗАКРЫВАЮТСЯ «КРЫШКОЙ». ТАКИЕ «КРЫШКИ» МОГУТ БЫТЬ ОПАСНЫ ДЛЯ ДВИГАТЕЛЯ. ЦИКЛИЧЕСКАЯ НАГРУЗКА НА ПОДШИПНИК МОЖЕТ ВЫЗВАТЬ ВИБРАЦИЮ ИЛИ ПОВРЕЖДЕНИЕ «КРЫШЕК». РАЗРУШЕНИЕ «КРЫШЕК» МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К ПОВРЕЖДЕНИЮ ПОДШИПНИКА ЧАСТИЦАМИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ.

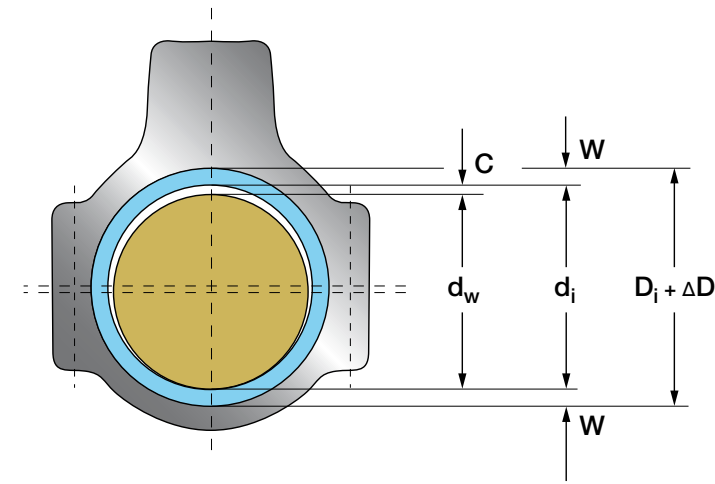


[РИС. 18]

УВЕЛИЧЕННОЕ В 300 РАЗ ИЗОБРАЖЕНИЕ ШЕЙКИ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА, ВЫПОЛНЕННОГО ИЗ ЧУГУНА С ШАРОВИДНЫМ ГРАФИТОМ, В ПОПЕРЕЧНОМ РАЗРЕЗЕ. НА НЕМ ХОРОШО ВИДНЫ «КРЫШКИ», ПОКАЗАННЫЕ НА РИСУНКЕ 17.

ЗАЗОР ПОДШИПНИКА

ЗАЗОР ПОДШИПНИКА ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ КАК РАЗНОСТЬ МЕЖДУ НАРУЖНЫМ ДИАМЕТРОМ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА И ВНУТРЕННИМ ДИАМЕТРОМ УСТАНОВЛЕННОГО ПОДШИПНИКА (РИСУНОК 19).



[РИС. 19]

ЗАЗОР ПОДШИПНИКА ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ РАЗНОСТЬ МЕЖДУ ВНУТРЕННИМ ДИАМЕТРОМ ПОДШИПНИКА, СОБРАННОГО В КАРТЕРЕ, И НАРУЖНЫМ ДИАМЕТРОМ ШЕЙКИ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА. ДИАМЕТРЫ ПОСАДОЧНОГО ГНЕЗДА И ШЕЙКИ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА, А ТАКЖЕ И ТОЛЩИНА СТЕНКИ ПОДШИПНИКА, ДОЛЖНЫ БЫТЬ ПРЕДЕЛАХ ОПРЕДЕЛЕННЫХ ДОПУСКОВ. ЭТИ ДОПУСКИ УКАЗЫВАЮТ НА ЧЕРТЕЖАХ КОМПОНЕНТОВ. ОБЩАЯ СУММА МАКСИМАЛЬНЫХ ДОПУСКОВ СОСТАВЛЯЕТ МАКСИМАЛЬНЫЙ ЗАЗОР ПОДШИПНИКА. НАПРИМЕР, СУММА МИНИМАЛЬНОЙ ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ С МАКСИМАЛЬНЫМ ДИАМЕТРОМ ПОСАДОЧНОГО ГНЕЗДА И МИНИМАЛЬНЫМ ДИАМЕТРОМ ШЕЙКИ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА СОСТАВЛЯЕТ МАКСИМАЛЬНЫЙ ЗАЗОР ПОДШИПНИКА. СУММА МАКСИМАЛЬНОЙ ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ С МИНИМАЛЬНЫМ ДИАМЕТРОМ ПОСАДОЧНОГО ГНЕЗДА И МАКСИМАЛЬНЫМ ДИАМЕТРОМ ШЕЙКИ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА СОСТАВЛЯЕТ МИНИМАЛЬНЫЙ ЗАЗОР ПОДШИПНИКА. НОРМАЛЬНЫЙ МИНИМАЛЬНЫЙ ЗАЗОР РАВЕН 20 МИКРОН ДЛЯ ШАТУННЫХ ПОДШИПНИКОВ И 25 МИКРОН ДЛЯ КОРЕННЫХ ПОДШИПНИКОВ.

$$\text{ЗАЗОР: } C = D_i + \Delta D - 2W - DW$$

$$\text{ДОПУСК: } \text{доп. } C = \text{доп. } D_i + 2 \times \text{доп. } W + \text{доп. } DW$$

[5]

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЗАЗОР ПОДШИПНИКА

Зазор подшипника зависит от трех факторов: размерного допуска компонента, износа подшипника за время эксплуатации и свойств материалов, из которых изготовлен компонент.

Материалы, из которых изготавливают коленчатый вал, подшипники и картер имеют разные коэффициенты теплового расширения, что может значительно сказаться на зазоре подшипника при высоких и низких температурах. Обычно тугая посадка подшипника приводит к незначительному расширению посадочного гнезда.

РАЗМЕР И ДОПУСКИ ЗАЗОРА ПОДШИПНИКА

Допуск зазора подшипника определяется суммой допусков отдельных частей. Типичные значения допусков в случае с двигателем легкового автомобиля составляют 19 микрон для посадочного гнезда, 19 микрон для диаметра коленчатого вала и 10 микрон для толщины стенки подшипника. На легковых автомобилях также допускается минимальный зазор в 20 микрон для шатунного подшипника и в 25 микрон для коренного подшипника.

Таким образом, получаем зазор от 20 до 78 микрон для шатунного подшипника и от 25 до 83 микрон для коренного подшипника. На Рисунке 20 приведено сравнение минимального зазора шатунного подшипника легкового автомобиля с человеческим волосом. Это подтверждает тот факт, что даже мельчайшие частицы грязи, попавшие в подшипник двигателя, могут вызвать его повреждение.

ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАЗОРА ПОДШИПНИКА ДЛЯ ДВИГАТЕЛЯ

Величина зазора подшипника имеет последствия для работы двигателя. Минимальный зазор обеспечивает хорошую прилегаемость между подшипником и шейкой коленчатого вала. Такая прилегаемость является результатом износа материала в некоторых частях подшипника порядка нескольких микрон. Этот процесс приводит к снижению локального напряжения на слое скольжения, лучшей амортизации ударных нагрузок и снижению износа. Меньший зазор также снижает шумы двигателя.

Недостаток маленького зазора заключается в том, что через меньший смазочный зазор проходит меньшее количество масла, т.е. подшипник охлаждается хуже, чем при большем зазоре.

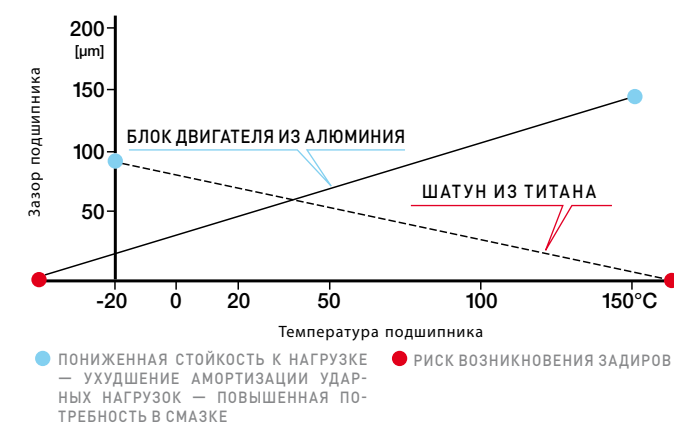
Для улучшения охлаждения подшипников применяется больший зазор. В качестве примера можно привести двигатели спортивных автомобилей, использование большего зазора на которых значительно сокращает срок их эксплуатации. Не стоит и говорить о том, что после каждой гонки двигатели спортивных автомобилей перебирают полностью.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ МАСЛА НА ЗАЗОР ПОДШИПНИКА

Если картер и вал изготовлены из одного и того же материала, то по мере роста температуры масла компоненты расширяются равномерно. В этом случае при повышении температуры масла зазор подшипника остается неизменным.

Однако в том случае, если картер изготовлен из алюминия, а вал из стали, ситуация меняется (Рисунок 21). При повышении температуры алюминий расширяется больше стали, поэтому в данном случае с ростом температуры зазор увеличивается. Более того, снижается и тугая посадка. Такое явление можно компенсировать за счет увеличения припуска на длину вкладыша, который необходимо учитывать еще на этапе разработки двигателя.

При крайне низких температурах зазор может уменьшиться даже до нуля, что сделает невозможным запуск двигателя.



[РИС. 20]

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ВОЛОС В СРАВНЕНИИ С МИНИМАЛЬНЫМ ДОПУСТИМЫМ ЗАЗОРОМ В 20 МИКРОН ШАТУННОГО ПОДШИПНИКА.

[РИС. 21]

ЕСЛИ КАРТЕР И КОЛЕНЧАТЫЙ ВАЛ ИЗГОТОВЛЕННЫ ИЗ ОДНОГО И ТОГО ЖЕ МАТЕРИАЛА, ТО ПРИ ПОВЫШЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ МАСЛА ЗАЗОР ПОДШИПНИКА ОСТАЕТСЯ ПОСТОЯННЫМ. СИТУАЦИЯ ИЗМЕНЯЕТСЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ТАК КАК РАЗЛИЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИМЕЮТ РАЗНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ТЕПЛОвого РАСШИРЕНИЯ. НА ДИАГРАММЕ ПРИВЕДЕНЫ ДВА ПРИМЕРА ДЛЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА, ВЫПОЛНЕННОГО ИЗ СТАЛИ. ЕСЛИ БЛОК ДВИГАТЕЛЯ ИЗГОТОВЛЕН ИЗ АЛЮМИНИЯ, ТО ПРИ ПОВЫШЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ МАСЛА ЗАЗОР УВЕЛИЧИВАЕТСЯ (НЕПРЕРЫВНАЯ ЛИНИЯ). ЕСЛИ ШАТУН ИЗГОТОВЛЕН ИЗ ТИТАНА (НАПРИМЕР, В ДВИГАТЕЛЕ ГОНОЧНОГО АВТОМОБИЛЯ), ТО ПРИ ПОВЫШЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ МАСЛА ЗАЗОР УМЕНЬШАЕТСЯ (ПРЕРЫВИСТАЯ ЛИНИЯ).

МАСЛЯНАЯ ПЛЕНКА

ФУНКЦИЯ МАСЛЯНОЙ ПЛЕНКИ

При работающем двигателе между подшипниками и шатунными шейками образуется и сохраняется масляная пленка.

Масляная пленка выполняет две функции.

Основное предназначение масляной пленки - отделить подшипник от шатунной шейки, что снижает трение и предотвращает износ дорогостоящих частей. Толщина смазочной пленки определяется четырьмя факторами: нагрузкой на подшипник, скоростью скольжения, вязкостью смазочного масла и люфтом подшипника.

Вторая функция масляной пленки — охлаждение подшипника и шатунных шеек. По той причине, что молекулы масла перетекают по узкому смазочному зазору, они «трются» друг о друга, а такое трение вызывает нагрев масла, подшипников и шатунных шеек. Большая часть генерируемой теплоты должна отводиться за счет самой масляной пленки. Оставшаяся часть теплоты передается через коленчатый вал и вкладыш подшипника на картер двигателя или шатун. Затем генерируемую теплоту необходимо отвести опять же за счет самой масляной пленки. В современных двигателях основная часть потока масла используется для охлаждения подшипников, а его совсем незначительная часть необходима собственно для самой смазки.

СМАЗЫВАНИЕ ПОДШИПНИКОВ ДВИГАТЕЛЯ

Для того чтобы обеспечить подачу масла к различным подшипникам, двигатель снабжен широкоразветвленной системой маслопроводов. Сначала масло всасывается из поддона картера и насосом подается через масляный фильтр. Затем оно проходит через отверстия в блоке двигателя, отверстия и пазы верхнего вкладыша коренного подшипника на шейку коренного подшипника коленчатого вала.

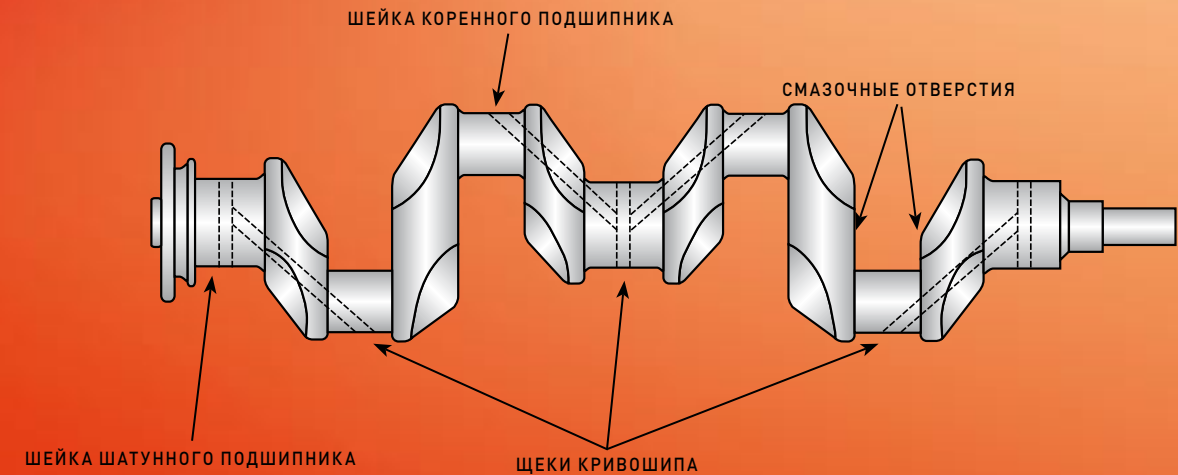
Давление масла в коренном подшипнике обеспечивает обильную подачу масла через отверстия в коленчатом вале далее на шатунный подшипник (Рисунок 22). В двигателях, работающих при больших нагрузках, давление масла в шатунном подшипнике «перекачивает» часть масла через отверстие в шатуне на малую головку шатуна (Рисунок 23), которая также может смазываться каплями масла, стекающего с поршней. В этом случае масло проходит через отверстие в верхней части головки шатуна на втулку малой головки шатуна/подшипник поршневого пальца.

Кроме смазочных отверстий вкладыши подшипников и втулки часто имеют и смазочные канавки, предназначенные для равномерного распределения масла по подшипнику. Смазочные канавки также помогают передавать масло через отверстия в шейке коленчатого вала далее к точкам смазки.

Втулки малой головки шатуна и поршневые пальцы совершают маятниковое движение относительно друг друга, а такое движение не обеспечивает столь же хорошее распределение масла, как вращательное движение коренного и шатунного подшипников. Поэтому, для улучшения распределения смазочного масла, втулки малой головки шатуна могут быть снабжены широкими смазочными канавками.

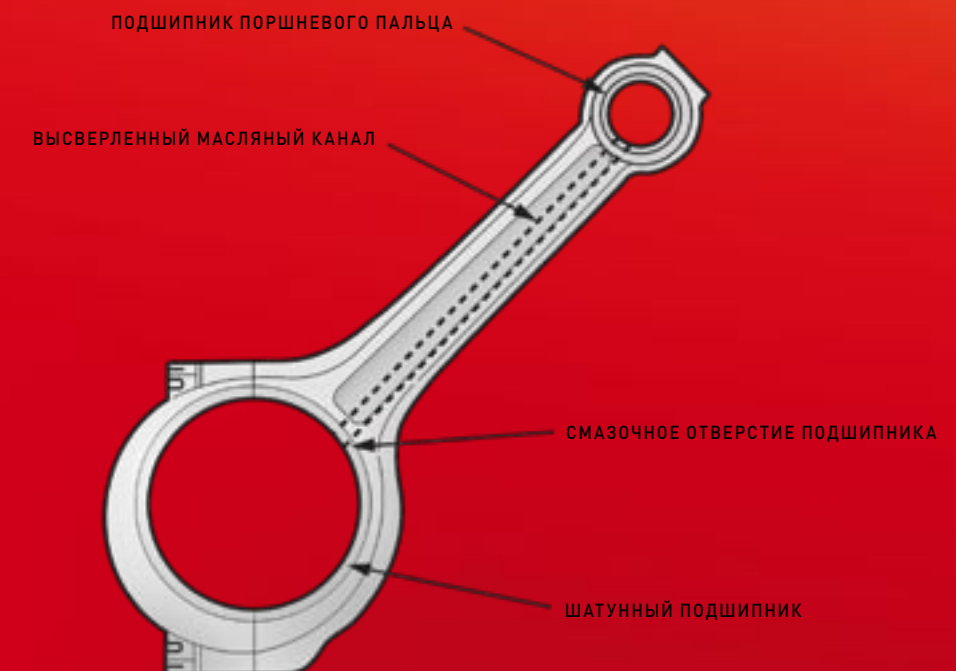
[РИС. 22]

ШЕЙКИ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА С МАСЛОПРОВОДАМИ, ПОКАЗАННЫМИ ПРЕРЫВИСТЫМИ ЛИНИЯМИ. ДАВЛЕНИЕ МАСЛА В КОРЕННЫХ ПОДШИПНИКАХ «ПЕРЕКАЧИВАЕТ» МАСЛО ПО ЭТИМ МАСЛОПРОВОДАМ К ШАТУННЫМ ПОДШИПНИКАМ.



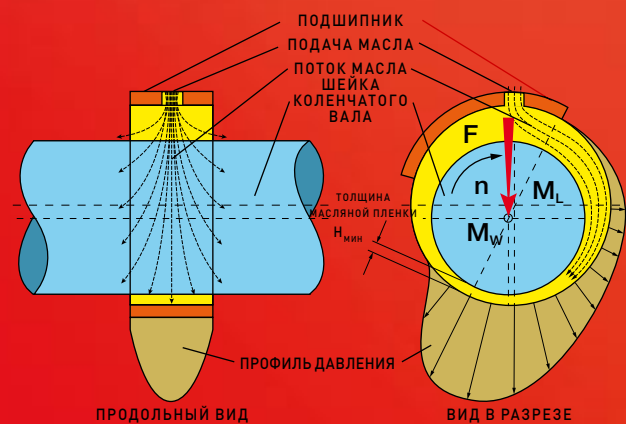
[РИС. 23]

НА РИСУНКЕ МАСЛОПРОВОД ШАТУНА ПОКАЗАН ПРЕРЫВИСТОЙ ЛИНИЕЙ. ДАВЛЕНИЕ МАСЛА В ШАТУННЫХ ПОДШИПНИКАХ «ПЕРЕКАЧИВАЕТ» МАСЛО ПО ЭТОМУ МАСЛОПРОВОДУ К ВТУЛКЕ ПОРШНЕВОГО ПАЛЬЦА В МАЛОЙ ГОЛОВКЕ ШАТУНА.



[6]

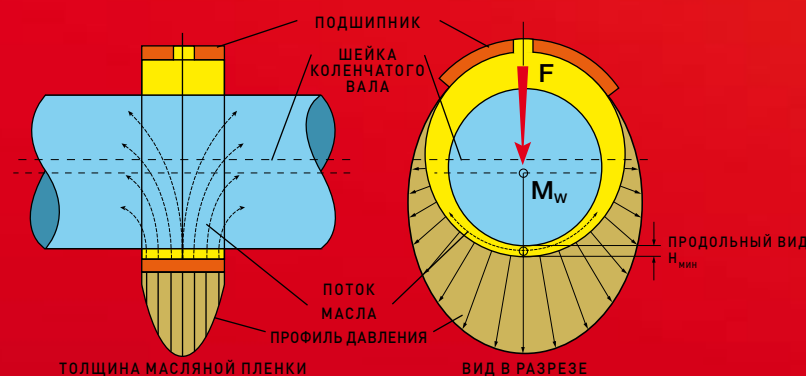




[РИС. 24] ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ СМАЗКА

ПРИНЦИП ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ СМАЗКИ: ШЕЙКА КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ПОКАЗАНА СИНИМ ЦВЕТОМ, ПОДШИПНИК — КРАСНЫМ, А ЗАЗОР ПОДШИПНИКА — ЖЕЛТЫМ ЦВЕТОМ. ПРЕДПОЛОЖИМ, ЧТО НА ШЕЙКУ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ДЕЙСТВУЕТ ПОСТОЯННАЯ СИЛА F . МЕЖДУ ПОВЕРХНОСТЬЮ И МАСЛОМ, А ТАКЖЕ ВНУТРИ САМОГО МАСЛА СУЩЕСТВУЕТ ТРЕНИЕ, ИЗ-ЗА КОТОРОГО ПРОВОРАЧИВАЮЩИЙСЯ КОЛЕНЧАТЫЙ ВАЛ РАЗРЫВАЕТ МАСЛО МЕЖДУ ПОВЕРХНОСТЯМИ ПОДШИПНИКА И КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА.

БЛАГОДАРЯ ТАКОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ СОЗДАЕТСЯ МАСЛЯНАЯ ПЛЕНКА, РАЗДЕЛЯЮЩАЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОДШИПНИКА И ШЕЙКИ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА. МАСЛЯНАЯ ПЛЕНКА СТАНОВИТСЯ ТОЛЩЕ, ЕСЛИ: А) КОЛЕНЧАТЫЙ ВАЛ ВРАЩАЕТСЯ БЫСТРЕЙ; Б) ЗАЗОР УМЕНЬШАЕТСЯ; В) ИСПОЛЬЗУЕТСЯ МАСЛО БОЛЬШЕЙ ВЯЗКОСТИ; И Г) НАГРУЗКА НА ПОДШИПНИК УМЕНЬШАЕТСЯ.



[РИС. 25] ГИДРОСТАТИЧЕСКОЕ СМАЧИВАНИЕ

ПРИНЦИП ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО СМАЧИВАНИЯ: ПРЕДПОЛОЖИМ, ЧТО КОЛЕНЧАТЫЙ ВАЛ НЕПОДВИЖЕН, А МЕЖДУ ШЕЙКОЙ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА И ПОДШИПНИКОМ ЕСТЬ МАСЛЯНАЯ ПЛЕНКА. КРОМЕ ТОГО, ШЕЙКА КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА КРАТКОВРЕМЕННО НАГРУЖАЕТСЯ СИЛОЙ F , КОТОРАЯ ПЕРЕМЕЩАЕТ ШЕЙКУ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА К ПОДШИПНИКУ. ВЯЗКОСТЬ МАСЛА СОЗДАЕТ СОПРОТИВЛЕНИЕ ТАКОМУ ПЕРЕМЕЩЕНИЮ. МАСЛО МЕЖДУ ШЕЙКОЙ И ПОДШИПНИКОМ ВЫТЕСНЯЕТСЯ. СОПРОТИВЛЕНИЕ ВОЗРАСТАЕТ, КОГДА МАСЛЯНАЯ ПЛЕНКА СТАНОВИТСЯ ТОНЬШЕ. НАПРИМЕР, ПРИ УМЕНЬШЕНИИ ПЕРВОНАЧАЛЬНО ТОЛЩИНЫ ПЛЕНКИ ВДВОЕ, СОПРОТИВЛЕНИЕ ВОЗРАСТАЕТ В 8 РАЗ, Т.Е. ДАЖЕ ОЧЕНЬ ТОНКАЯ МАСЛЯНАЯ ПЛЕНКА СОЗДАЕТ СОПРОТИВЛЕНИЕ, ДОСТАТОЧНОЕ ДЛЯ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ УДАРНЫМ НАГРУЗКАМ. ТАКИЕ УДАРНЫЕ НАГРУЗКИ ВОЗНИКАЮТ ПРИ ВОСПЛАМЕНЕНИИ ТОПЛИВА В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СМАЗКИ

Одной из функций масляной пленки является отделение подшипников от шатунных шеек. Говоря о смазке, мы выделили два физических явления: гидродинамическую смазку, вызываемую вращением, и гидростатическое смачивание, амортизирующее ударные нагрузки. В двигателях внутреннего сгорания эти два явления накладываются друг на друга.

ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ СМАЗКА

Принцип гидродинамической смазки разъяснен на Рисунке 24. Вал, на который воздействует сила, вращается в своем подшипнике. Масло подается на подшипник сверху через смазочные отверстия. Благодаря трению вал забирает масло через смазочный зазор и создает масляную пленку, которая равномерно распределяет давление, что ведет к отделению вала от подшипника. Однако масло не только втягивается через смазочный зазор, но и поперечным вытекает из подшипника.

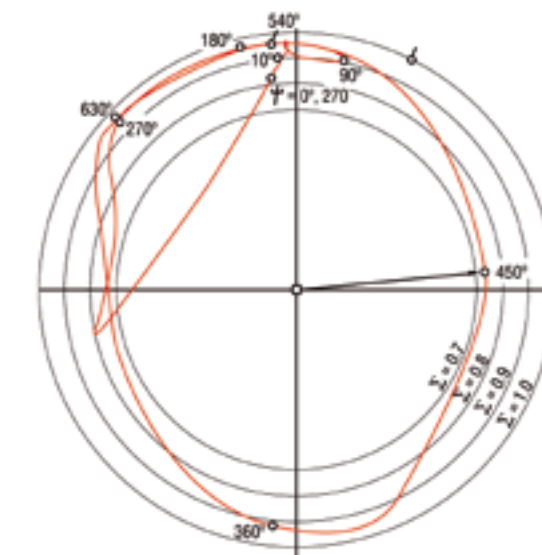
ГИДРОСТАТИЧЕСКОЕ СМАЧИВАНИЕ

Принцип гидростатического смачивания проиллюстрирован на Рисунке 25. В приведенном примере вал и шейки отделены друг от друга масляной пленкой. Периодически возникающая нагрузка внезапно подается сверху, например при воспламенении топливовоздушной смеси в камере сгорания. Такая периодически возникающая сила вытесняет масло, подавая его во всех направлениях из смазочного зазора между валом и подшипником. Чем больше вязкость масла, тем больше сопротивление такому вытеснению, и такое сопротивление значительно возрастает по мере уменьшения толщины масляной пленки. Таким образом, сопротивление масла вытеснению предотвращает соприкосновение вала с подшипником во время воздействия кратковременной периодической нагрузки.

На вал воздействуют как силы сгорания, так и инерционные силы, создающие сложную траекторию перемещения шатунных шеек внутри подшипника (Рисунок 26). Минимальная толщина масляной пленки, т.е. самый маленький зазор между шатунными шейками и подшипниками, создается во время процесса сгорания. Как показали расчеты, этот зазор может составлять менее одного микрометра.

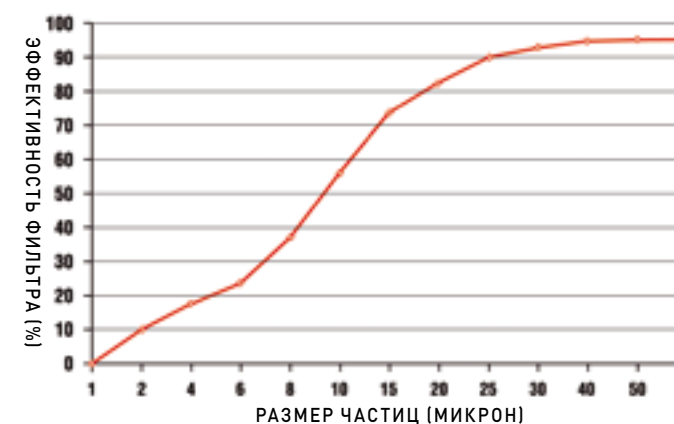
[РИС. 26]

ГОРЕНИЕ И ИНЕРЦИОННЫЕ СИЛЫ ПЕРЕМЕЩАЮТ ШЕЙКУ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ВНУТРИ ПОДШИПНИКА. НА РИСУНКЕ ПРИВЕДЕНА ТИПИЧНАЯ ТРАЕКТОРИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ШЕЙКИ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА В ШАТУННОМ ПОДШИПНИКЕ (ВИД СО СТОРОНЫ ПОДШИПНИКА). РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ПОВЕРХНОСТЯМИ ПОДШИПНИКА И ШЕЙКИ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА УКАЗАНЫ КАК Σ ПРИ $\Sigma = 0$, ШЕЙКА КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА РАСПОЛАГАЕТСЯ ПОСЕРЕДИНЕ ПОДШИПНИКА ПРИ $\Sigma = 1$, ШЕЙКА КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА И ПОДШИПНИК СОПРИКАСАЮТСЯ. КАК ВИДНО ИЗ РИСУНКА, НАИМЕНЬШЕЕ РАССТОЯНИЕ ВОЗНИКАЕТ В ВЕРХНЕМ ВКЛАДЫШЕ ПОДШИПНИКА ПРИ ОТНОСИТЕЛЬНО ДЛИННОЙ ТРАЕКТОРИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ШЕЙКИ, ЧТО ОБЪЯСНЯЕТ ПРИЧИНУ БОЛЬШЕГО ИЗНОСА ВЕРХНЕГО ВКЛАДЫША ШАТУННОГО ПОДШИПНИКА ПО СРАВНЕНИЮ С НИЖНИМ ВКЛАДЫШЕМ.



ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Частицы загрязнения с диаметром больше 25 микрон с большой вероятностью отфильтровываются из масла за один проход через фильтр. Однако, чем меньше размер частиц загрязнения, тем меньше вероятность того, что они будут уловлены масляным фильтром. В нашем примере частицы с диаметром 5 микрон будут уловлены в относительно небольшом количестве всех случаев. Следовательно, мельчайшие частицы загрязнения не будут задержаны масляным фильтром. Тем не менее, даже такие частицы способны повредить подшипники и шатунные шейки. Данное соображение явным образом свидетельствует о важности поддержания абсолютной чистоты при капитальном ремонте двигателя.



[РИС. 27]

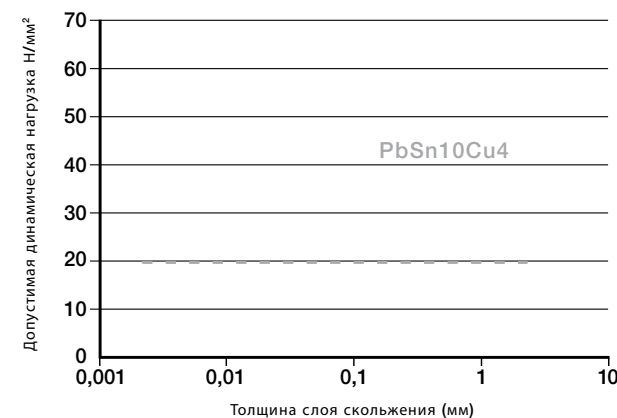
ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТАНДАРТНОГО БУМАЖНОГО МАСЛЯНОГО ФИЛЬТРА ЗАВИСИТ ОТ РАЗМЕРА ЧАСТИЦ ЗАГРЯЗНЕНИЯ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В МАСЛЕ, ПРИ ОДНОКРАТНОМ ПРОХОЖДЕНИИ МАСЛА ЧЕРЕЗ ФИЛЬТР.

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

ТРЕБОВАНИЯ К ПОДШИПНИКОВЫМ МАТЕРИАЛАМ

К подшипникам двигателя предъявляется целый ряд требований, а материалы, из которых они изготавливаются, должны сочетать в себе свойства твердых и мягких материалов. Износ, вызываемый трением металла о металл, может происходить при запуске двигателя, во время движения накатом и при высоких рабочих нагрузках. Во время приработки подшипник должен выдерживать циклические нагрузки, создаваемые сгоранием и инерционными силами. Постоянное приложение и снятие нагрузки может вызвать усталость подшипниковых материалов. Следовательно, материалы, применяемые в производстве под-

шипников двигателя, должны обладать высокой устойчивостью к износу и усталости, т.е. свойствами, лучше всего обеспечиваемыми твердыми материалами. Однако после установки подшипник также должен приработаться к неровностям поверхности шатунной шейки, т.е. материал должен обладать способностью притереться к частицам загрязнения, пропущенным масляным фильтром. Более того, материал не должен быть коррозионным и обладать хорошими характеристиками по экстренной приработке, а всеми этими качествами в большей степени обладают мягкие материалы. Кроме этих особенностей подшипниковый материал должен обладать высокой устойчивостью к коррозионным компонентам, содержащимся в масле, а также обеспечивать экономичность производства.



[РИС. 28]

PbSn10Cu4 представляет собой типичный материал, использующийся для изготовления слоя скольжения медно-свинцовых подшипников. На диаграмме видно, что допустимая динамическая нагрузка этого материала зависит от толщины слоя скольжения. Допустимая динамическая нагрузка возрастает, когда масляная пленка становится тоньше. Допустимая динамическая нагрузка представляет собой уровень сопротивляемости усталости. Горение и инерционные силы периодически прижимают шейку коленчатого вала к подшипнику. Нагрузка на подшипник возрастает и понижается циклически. При слишком высокой циклической нагрузке материал «устает» и через некоторое время разрушается. Допустимая динамическая нагрузка — это максимальная циклическая нагрузка, которую материал может выдерживать постоянно.

СТРУКТУРА ПОДШИПНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Наибольшим шансом обеспечить сочетание таких столь противоположных свойств обладают композитные материалы.

Как правило, в современных композитных материалах в качестве основы используется сталь. Основа придает вкладышу и втулке подшипника необходимую прочность. Во время производства такой полосы стальную основу покрывают слоем относительно тонкого и мягкого подшипникового материала.

Этот слой придает подшипнику необходимую способность выдерживать высокие нагрузки, улучшает характеристики по экстренной приработке и обеспечивает притирку к частицам загрязнения.

Дополнительный слой может повысить адаптационные и приработочные свойства, улучшить характеристики по экстренной приработке. Этот слой наносят после выштамповывания вкладыша подшипника из полосы путем гальванического покрытия или с использованием другого процесса (например, ПВХ-напыления).

На Рисунке 28 показана зависимость усталостной прочности слоя подшипника от толщины слоя — чем тоньше слой, тем выше усталостная прочность. За счет нанесения тонких слоев можно повысить усталостную прочность мягких материалов.

ТИПЫ ПОДШИПНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

В самом начале для производства подшипников скольжения применялись белые сплавы, содержавшие свинец и олово в качестве базовых металлов, а также кадмий или сурьму в качестве наплавочных материалов.

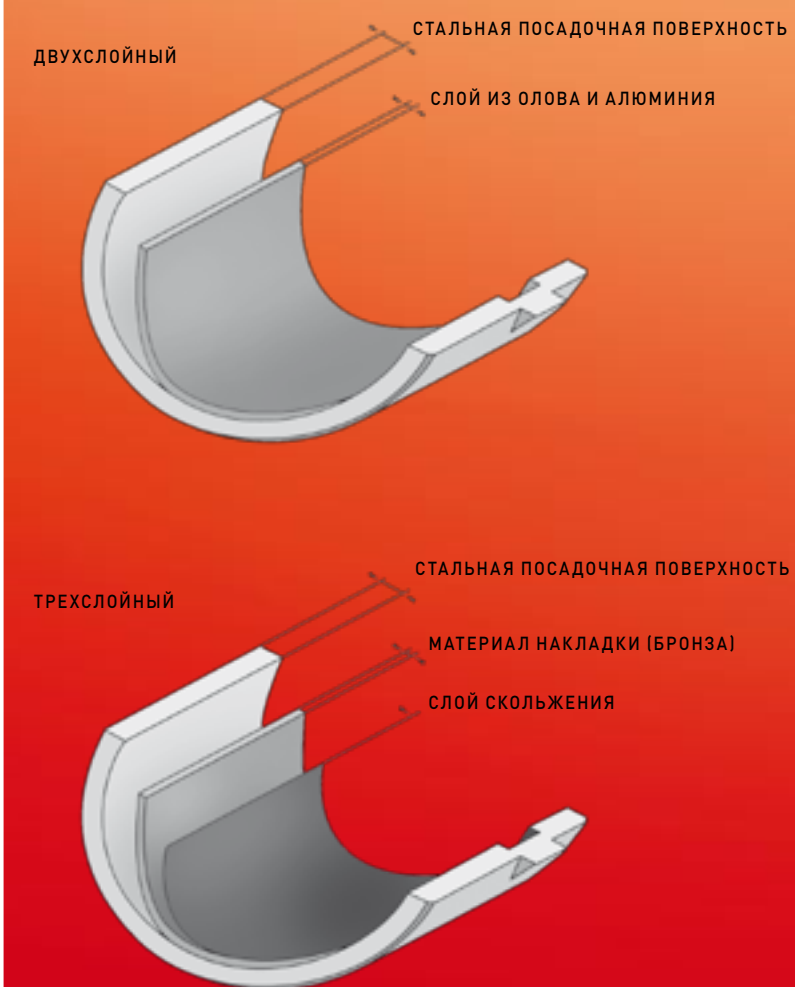
В настоящее время чаще всего используют два различных типа материалов. Исходя из практического опыта, были выбраны композитные материалы, состоящие из двух и трех слоев (Рисунок 29).

Двухслойный (биметаллический) подшипник состоит из стальной посадочной поверхности и слоя подшипникового металла. В современных подшипниках этот слой подшипникового металла представляет собой соединение алюминия, олова и ряда таких наплавочных материалов, как медь, сурьма или никель. На рынке также существуют соединения, содержащие алюминий со свинцом и оловом. Чтобы получить необходимые свойства материала, различные материалы соединяют и обрабатывают химически или термически.

Трехслойный (триметаллический) подшипник также включает в себя опорную стальную посадочную поверхность и слой подшипникового металла, который в основном изготавливают из свинцовой бронзы. Аналогично слою из олова и алюминия, его толщина составляет от 0,2 до 0,3 мм. Подшипники с более высокими рабочими характеристиками изготавливают либо из литой, либо из спеченной медно-свинцовой/свинцовой бронзы. Высокие и ультравысокие рабочие характеристики обеспечиваются за счет изменения состава соединения элементов, входящих в материалы, и нанесения различных наружных слоев (см. ниже).

Затем такой слой из свинцовой бронзы покрывают дополнительным слоем скольжения, изготовленным из материала, который еще мягче, чем свинцовистая бронза, и имеет толщину от 10 до 30 микрон.

В некоторых случаях слой скольжения и подшипниковый материал отделены друг от друга промежуточным слоем, чье предназначение заключается в предотвращении диффузии атомов из подшипникового металла в слой скольжения, т.к. процесс диффузии может ухудшить свойства слоя скольжения.



[РИС. 29]

Обычные подшипники состоят из двух или трех слоев. В качестве основы всегда используется посадочная поверхность из стали, в которую вставляют слой из сплава олова с алюминием или слой из свинцовой бронзы. Слой из свинцовой бронзы покрывают еще одним слоем. В обычных подшипниках верхний слой в основном состоит из свинца и олова.

ТЕХНОЛОГИИ Federal-Mogul, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕСЯ В ПОДШИПНИКОВЫХ МАТЕРИАЛАХ

[8]

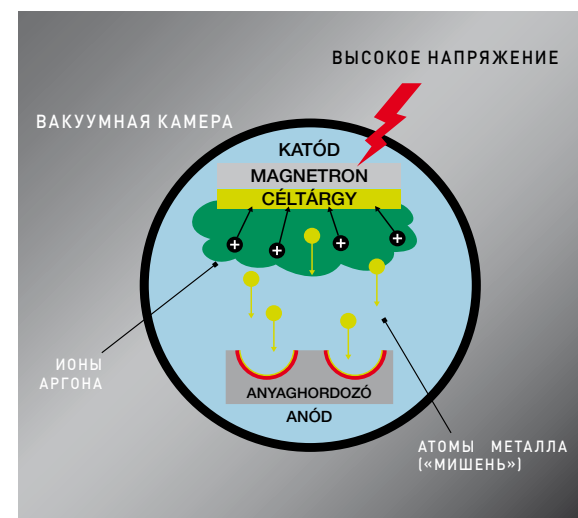


ТЕХНОЛОГИЯ GLYCO-199: ПОДШИПНИКИ GLYCO SPUTTER BEARINGS®

В последние годы технологии позволили значительно повысить рабочие характеристики двигателей, что очевидно на примере развития дизельных двигателей для легковых и грузовых автомобилей, чей КПД на литр рабочего объема повысился за последние десять лет с 34 кВт/л до 63 кВт/л, увеличив тем самым нагрузки на подшипники двигателя. Одним из основных требований, предъявляемых к подшипникам скольжения двигателя, является достаточная допустимая нагрузка, которая рассчитывается на основе среднего давления при сгорании, площади поперечного сечения поршня и площади поперечного сечения вкладыша подшипника. С 1965 по 2000 год удельные нагрузки на коренные и шатунные подшипники двигателей легковых и грузовых автомобилей повысились. В некоторых случаях за этот период удельная допустимая нагрузка более чем удвоилась. Только подшипники Glyco Sputter Bearings® Glyco-199 способны обеспечить соответствие самым жестким требованиям, предъявляемым к двигателям, с точки зрения способности выдерживать нагрузки и срока эксплуатации. Загрязнение и геометрические погрешности коленчатого вала создают граничное трение, которое в свою очередь приводит к локальному нагреву и повреждению подшипника. Таким образом, с повышением скорости скольжения (т.е. с увеличением оборотов двигателя) удельная допустимая нагрузка подшипника понижается. И наоборот, с понижением скорости скольжения толщина масляной пленки (вместе с ней и допустимая нагрузка подшипника) уменьшается. Если толщина масляной пленки примерно равна максимальной высоте неровностей, то это вызывает смешанное трение, создающее теплоту трения, которая также снижает допустимую нагрузку подшипника и сокращает срок его эксплуатации.

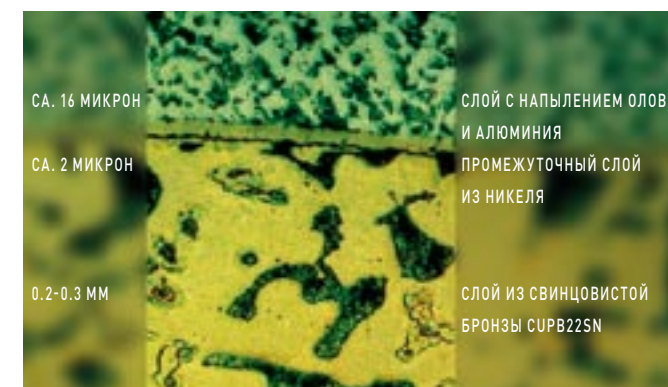
ПРОЦЕСС

В ответ на все возрастающие требования к технологиям, применяемым в подшипниках двигателя, заводы Glyco приступили к новым разработкам еще в 1970 году. Годы исследовательской работы оформились в новый производственный процесс, который позволил соединить алюминиево-оловянный слой скольжения, обладающий высокой износостойкостью, со слоем литого подшипникового материала из меди и свинца, характеризующимся высокой допустимой нагрузкой. Glyco создала самый прочный из известных на сегодняшний день материал для подшипников двигателя! Измененный процесс катодного распыления, примененный для нанесения покрытия осаждением из паров (PVD), обеспечил технологию, которая требовалась для производства необходимых соединений слоев (Рисунок 30).



[РИС. 30] ФИЗИЧЕСКИЙ ПРИНЦИП ПРОЦЕССА РАСПЫЛЕНИЯ GLYCO-199

При распылении диспенсерный катод из сплава алюминия с оловом бомбардируют плазмой аргона, что приводит к отложению атомов алюминия и олова как накладки на специально подготовленные подшипники двигателя. Процесс нанесения покрытия осаждением из паров (PVD) создает исключительно ровную легированную матрицу, обладающую великолепной износостойкостью и устойчивостью к очень высоким нагрузкам. Структура подшипников Glyco Sputter Bearings® объясняет, почему они обладают такими высокими рабочими характеристиками. Связь между литым под давлением слоем подшипникового металла из свинцовой бронзы и поверхностью скольжения укрепляется за счет промежуточного слоя из чистого никеля, толщина которого составляет примерно 2 микрона (Рисунок 31).



[РИС. 31]

НИКЕЛЬ ПРЕДОТВРАЩАЕТ ДИФУЗИЮ АТОМОВ МЕЖДУ СВИНЦОВОЙ БРОНЗОЙ И НАПЫЛЕНИЕМ

Срок эксплуатации двигателей грузовых автомобилей, снабженных подшипниками Glyco Sputter Bearings®, достигает одного миллиона километров, и в настоящее время производители двигателей работают над тем, чтобы увеличить его до 1,6 миллиона километров. Компьютеризированный процесс, обеспечивающий высочайшую степень высоты и соблюдение эталонов точности, делает возможным поддержание однородного высокого качества в массовом производстве. При критических нагрузках даже минимальные расхождения могут пагубно сказаться на надежности работы подшипника, поэтому очень важно обеспечить совершенно бездефектное производство.

СОВЕТЫ ПО РЕМОНТУ И ПРИРАБОТКЕ ПОДШИПНИКОВ GLYCO SPUTTER BEARINGS®

Прочность напыленного слоя придает подшипнику высочайшие износостойкость и усталостную прочность. Напыленный слой AlSn20 чувствителен к частицам загрязнения, воде или щелочи, содержа-

щимся в смазочном масле. Последние могут попасть в моторное масло из охлаждающей жидкости.

Для правильного ремонта двигателя необходимо учитывать характеристики подшипников Glyco Sputter Bearings®. При высоких нагрузках толщина масляной пленки уменьшается настолько, что даже мельчайшие частицы загрязнения могут нарушить ее. С другой стороны, высокая износостойкость твердого напыленного слоя означает, что к неровностям поверхности коленчатого вала он прирабатывается медленнее.

Поэтому шатунные шейки и посадочные гнезда должны быть в оптимальном состоянии с точки зрения геометрии и шероховатости поверхности. Во время приработки нагрузки могут вызвать деформацию посадочного гнезда. Оригинальный подшипник может приработаться к такой деформации во время обкатки, но при установке новых подшипников уменьшенный люфт в зонах деформации способен вызвать разрушения масляной пленки. По этим причинам также необходимо тщательно обработать посадочные гнезда.

В сравнении с обычными поверхностями слой с поверхностью повышенной прочности подшипников Glyco Sputter Bearings® снижает способность приработки к частицам загрязнения. По этой причине подшипники Glyco Sputter Bearings®, как правило, состоят из вкладыша с напыленным слоем и вкладыша с более мягкой поверхностью качения.

Вкладыш с напылением устанавливают в зонах, подверженных высоким нагрузкам, в то время как более мягкий вкладыш применяют рядом с тем подшипником двигателя, на который действуют меньшие нагрузки. Более мягкий полувкладыш обладает большей способностью поглощать содержащиеся в масле частицы загрязнения, чем напыленный слой.

Такое технологическое решение доказало свое превосходство на практике. Тем не менее, тщательная очистка всех частей двигателя и системы смазки, а также полная чистота при ремонте и сборке двигателя — важнейшие обязательные условия успешного проведения технического обслуживания. Перед первым запуском необходимо удалить все оставшееся загрязнение, промыв неработающий двигатель.started for the first time.

Если максимальные допустимые обороты двигателя составляют $n_{\text{макс.}}$, необходимо следовать следующей процедуре приработки:

ЭТАП 1	1 МИН.	$1/3$	$n_{\text{макс.}}$
ЭТАП 2	1 МИН.	$1/4$	$n_{\text{макс.}}$
ЭТАП 3	1 МИН.	$1/2$	$n_{\text{макс.}}$
ЭТАП 4	1 МИН.	$1/3$	$n_{\text{макс.}}$

Во время обкатки нагрузка на двигатель не должна превышать 15-20% от максимальной.

БЕССВИНЦОВЫЕ ВТУЛКИ И ПОДШИПНИКИ НОВЫЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Каждый год в Европейском союзе создается от 8 до 9 миллионов тонн отходов в связи с окончанием срока эксплуатации автомобилей. В 1997 году Европейская комиссия приняла предложение по Директиве, задача которой заключается в повышении экологической чистоты процесса демонтажа и переработки автомобилей, постановке четких, поддающихся количественному определению целей в отношении повторного использования, переработки и восстановления автомобилей и их компонентов, стимулировании производителей к выпуску новых автомобилей с учетом требований их пригодности к переработке для вторичного использования.

Законодательный акт, регулирующий использование свинца, был официально принят в сентябре 2000 года и оказал влияние на тысячи занятых в автомобильной промышленности предприятий, начиная от производителей автомобилей и заканчивая компаниями, специализирующимися на проведении капитальных ремонтов двигателей, т.к. Директива 2000/53/ЕС «По транспортным средствам с выработанным ресурсом» Европейского союза запретила использование свинца. Данный законодательный акт, вступивший в силу 1 июля 2003 года, первоначально предоставлял исключение для всех подшипников, использующихся в системах двигателей, коробок передач и трансмиссий. Но позднее это исключение было добавлено и теперь должно прекратить свое действие в 2011 году.

ПРИВЕРЖЕННОСТЬ Federal-Mogul ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Благодаря специализированным разработкам своих научно-исследовательских подразделений корпорация Federal-Mogul уже в

2008 году стала лидером в области бессвинцового производства и в настоящее время готова поставлять надежные бессвинцовые материалы, обладающие великолепными характеристиками, способные обеспечить соответствие требованиям Директивы ЕС и те характеристики двигателей, которые необходимы для современной автомобильной промышленности. Это явным образом свидетельствует о нашей приверженности инновациям и защите окружающей среды, а также еще раз подтвердило лидирующие позиции Federal-Mogul в данных областях, которая продолжает оставаться компанией №1 на рынке, предлагающей лучшие из существующих подшипниковых материалов. И хотя поставку подшипников, в которых свинец заменен другими материалами, для старых автомобилей (но не новых) можно начать осуществлять только после второго законодательно установленного предельного срока, корпорация Federal-Mogul самостоятельно взяла на себя обязательства по экологически чистому производству. Где это только технически возможно, мы идем дальше требований законодательства, ставя перед собой цель отказаться от использования свинца в производстве подшипников и втулок.

БЕССВИНЦОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Благодаря своему опыту мирового класса в областях технологических разработок, металлургии и производства корпорация Federal-Mogul совместно с производителями комплектного оборудования разрабатывает материалы, соответствующие новым законодательным требованиям, обеспечивая при этом максимальные рабочие характеристики двигателей, снижение загрязнения окружающей среды и применяя менее опасные материалы.

Научно-исследовательский отдел корпорации Federal-Mogul уже создал втулки и подшипники, не содержащие свинца. Рядом но-

вых запатентованных технологий уже пользуются многие производители комплектного оборудования, и такие технологии станут той основой, которая позволит обеспечить соответствие новым директивам ЕС и достичь необходимой эффективной мощности как тех двигателей, которые выпускаются сегодня, так и тех, что будут выпускаться в будущем. Примеры некоторых из новых запатентованных технологий приведены ниже:

- материалы для бронзовых втулок LF-4, LF-5, LF-8 и RC-9;
- бессвинцовые наружные слои G-444 и G-488 (уникальная технология обработки в ванне MSA корпорации Federal-Mogul);
- новые G-499 Sputter и RVD G-469 (быстрое вакуумное напыление);
- инновационные технологии по использованию алюминия в производстве подшипников: подшипниковые материалы A-273, A-370®, A-480 и A-590;
- передовые концепции производства;
- новая технология сверления;
- лазерная сварка.

Более 100 лет компания Glyco являлась ведущим поставщиком подшипников для двигателей. Благодаря передовым разработкам в области материалов и совершенству производственного процесса мы продолжаем занимать лидирующие позиции и в этой новой «бессвинцовой эре». Glyco выработала новые стандарты и стала эталоном в области новых подшипниковых материалов. Именно поэтому она является предпочтительным поставщиком для многих производителей комплектного оборудования.

БЕССВИНЦОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ GLYCO: A-370® И CS-4

Новый запатентованный материал Glyco A-370®, не содержащий свинца, позволил корпорации Federal-Mogul занять лидирующие позиции, т.к. этот материал обеспечивает высочайшие эксплуатационные качества при высокой усталостной прочности и хорошей адаптивности. Кроме того, нами был разработан бессвинцовый бронзовый сплав CS-4, не содержащий никаких примесей. CS-4 применяется в качестве подложки для производства новых наружных слоев G-444 и G-488 с использованием новой уникальной технологии обработки в ванне корпорации Federal-Mogul. CS-4 также применяется в производстве подшипников Glyco Sputter Bearings® самого последнего поколения, выпускаемых теперь без свинца с использованием инновационных наружных слоев G-469 и G-499.

Обычно медные сплавы содержат свинец. Во время исследований и разработки решений по организации бессвинцового производства корпорация Federal-Mogul упорно трудилась над созданием бронзовых сплавов, не содержащих свинца. И было это сделано по той причине, что без свинца медные сплавы имеют тенденцию к затвердеванию. При добавлении таких примесей, как металлическая пудра, подшипники, изготовленные из такого сплава, не изменяют свою форму, а посторонние вещества могут попасть в подшипник. За счет усовершенствования материалов и способов производства прочность бронзового сплава CS-4 удалось повысить практически до прочности свинцово-медного сплава.



[РИС. 32]
ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРЕЗ ВКЛАДЫША ПОДШИПНИКА ИЗ A370®.
ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ СЛОЙ ИЗ ЧИСТОГО АЛЮМИНИЯ СВЯЗЫВАЕТ СЛОЙ ИЗ ОЛОВА И АЛЮМИНИЯ СО СТАЛЬНОЙ ПОСАДОЧНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ.

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ НОВЫХ ПОЛУОБРАБОТАННЫХ ВТУЛОК FEDERAL-MOGUL ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Обработка сплавов AlSn20

Рекомендации по параметрам механической обработки
Скорость резания: $v_c = 500$ м/мин.
Скорость подачи: $\approx 0,1$ мм/оборот
Ожидаемая шероховатость: $\approx Rz\ 4 - 5\ \mu m$

Рекомендации по резанию с использованием ПКА*

- Базовая форма: 55°
Задний угол: 7°
Радиус закругления вершины: 0,4 мм
Макс. температура режущей кромки: $600^\circ C$
- Используйте режущую вставку из ПКА схожей геометрии.
 - Геометрия может различаться в зависимости от конкретного станочного оборудования.
 - Механическую обработку можно улучшить, добавив 1-2 капли масла низкой вязкости.
 - Перегрев режущей кромки немедленно приведет к разрушению структуры ПКА.

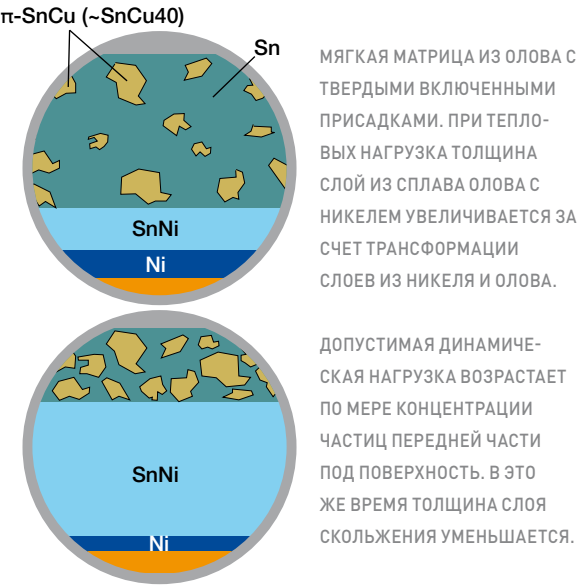
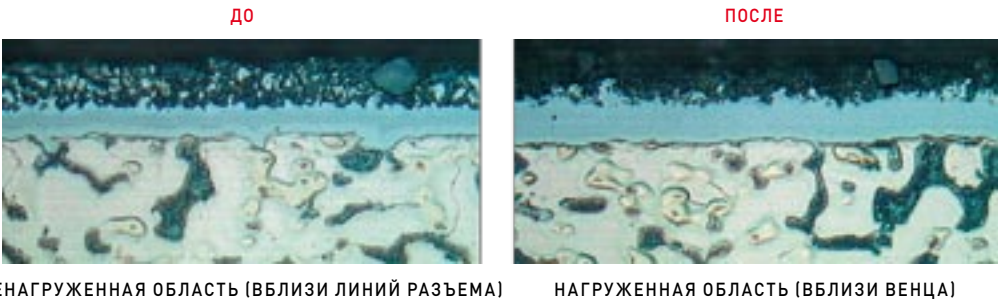
* ПКА - поликристаллический алмаз



ТЕХНОЛОГИЯ GLYCO -188
ПРИНЦИП И ПРЕИМУЩЕСТВА

За последние годы требования, предъявляемые к материалам подшипников двигателя, повышаются в двух направлениях. Во-первых, требование отказаться от применения свинца (в добавление к другим белым сплавам) все больше и больше приобретает законодательный характер. Во-вторых, эксплуатационные нормативы современных легковых автомобилей продолжают повышаться. Развитие двигателей с первоначальным сгоранием топлива в предкамере привело к повышению рабочих характеристик. В то же время габариты и вес частей двигателя и его частей уменьшились. Уменьшение габаритов подшипников скольжения двигателя вызвало повышения нагрузки на них. Результатом уменьшения веса частей двигателя явилось увеличение деформации шатунов и блока двигателя, что, в свою очередь, вызвало еще большее повышение нагрузки на подшипники. Следствием этого стало то, что очень часто развитие производства подшипников из сплава олова с алюминием и свинцовистой бронзы прекращалось. Разработанные корпорацией Federal-Mogul подшипники Glyco SputterBearings® приобрели широкую известность. Эти подшипники способны выдерживать даже более высокие нагрузки, но их недостаток заключается в высоких издержках производства с использованием существующей технологии. **Срок эксплуатации подшипников Glyco Sputter Bearings® (технический термин — Glyco-199) в два раза превышает срок эксплуатации обычных подшипников.** Центр разработок корпорации Federal-Mogul, расположенный в г. Висбаден, постоянно работал над решением этой проблемы, и результатом этой работы стал новый подшипниковый материал Glyco-188. Структура слоев этого материала (Рисунок 34): слои из бронзы и из сплава олова с никелем наносят на стальную основу. Промежуточный слой из никеля, расположенный между двумя другими слоями, предотвращает диффузию атомов олова в слой из бронзы. В результате внедрения новых способов производства теперь можно отказаться от добавления дополнительного слоя в материал, состоящий из олова и меди. Если бы не медь, то относительно мягкая матрица из олова затвердела бы. На этапе первоначальной обкатки двигателя слой из сплава олова с медью остается относительно мягким и хорошо прирабатывается к структуре поверхности коленчатого вала. Процесс диффузии усиливается под воздействием температур, создающихся при работе двигателя. Со временем диффузия атомов никеля из промежуточного слоя и атомов олова из слоя из сплава олова с никелем приводит к увеличению слоя из сплава олова с никелем (Рисунок 33). В результате отложения меди из слоя из сплава олова с медью, который становится тоньше, этот слой становится прочным и устойчивым к усталости.

[РИС. 33] ИЗМЕНЕНИЕ СЛОЕВ GLYCO-188: ДИФфузия атомов увеличивает толщину слоя из сплава олова с АЛЮМИНИЕМ.



[РИС. 34] ПРОЦЕСС ИЗМЕНЕНИЙ GLYCO-188

GLYCO-188 — ЭТО ПЕРВЫЙ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ» ПОДШИПНИКОВЫЙ МАТЕРИАЛ МЯГКИЙ ВО ВРЕМЯ ПРИРАБОТКИ ТВЕРДЫЙ НА ПРОТЯЖЕНИИ ВСЕГО ОСТАЛЬНОГО СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ

РЕЗУЛЬТАТЫ

Разработанный корпорацией Federal-Mogul подшипниковый материал Glyco-188 способен выдерживать очень высокие нагрузки. Этот новый материал характеризуется хорошими адаптивностью и качествами по приработке, соответствуя при этом требованию по отказу от использования свинца. Контроль высоких нагрузок, вызывающих большие деформации, оптимально и надежно осуществляется за счет процесса затвердевания, который происходит естественным образом во время обкатки двигателя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ПОДШИПНИКИ ДВИГАТЕЛЯ РАБОТАЮТ В ОЧЕНЬ ЖЕСТКОЙ СРЕДЕ. УЧИТЫВАЯ ШИРОКИЙ ДИАПАЗОН РАБОЧИХ ОБОРОТОВ ДВИГАТЕЛЯ, ТЕМПЕРАТУРЫ И ДРУГИЕ ПАРАМЕТРЫ, ЭТИ СТОЛЬ ВАЖНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ПРИЗВАНЫ ОБЕСПЕЧИТЬ ЗАЩИТУ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА И БЛОКА ДВИГАТЕЛЯ ОТ ПРЕЖДЕВРЕМЕННОГО ИЗНОСА И РАЗРУШЕНИЯ.

СОБСТВЕННО, ИЗНОС — ЭТО ОЖИДАЕМОЕ ОТ ПОДШИПНИКОВ ЯВЛЕНИЕ, НО ПРОИСХОДИТЬ ОН ДОЛЖЕН ПОСТЕПЕННО, ЗА МИЛЛИОНЫ И МИЛЛИОНЫ ОБОРОТОВ ДВИГАТЕЛЯ И ТЫСЯЧИ КИЛОМЕТРОВ ПРОБЕГА. ОДНАКО ЗАЩИТА САМИХ ПОДШИПНИКОВ ОТ УСКОРЕННОГО ИЗНОСА — ЭТО ЗАДАЧА, КОТОРУЮ ДОЛЖНЫ РЕШАТЬ КОМПАНИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ КАПИТАЛЬНЫХ РЕМОНТОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ЗА СЧЕТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛНОГО ОТСУТСТВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В ДВИГАТЕЛЕ, А ТАКЖЕ ПОДДЕРЖАНИЯ НАДЛЕЖАЩИХ ВНУТРЕННИХ ДОПУСКОВ.

ГРЯЗЬ — НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫЙ «ВРАГ» ПОДШИПНИКОВ. НА САМОМ ДЕЛЕ, ПРЕЖДЕВРЕМЕННЫЙ ИЗНОС ПОДШИПНИКОВ МОЖНО ПРОСЛЕДИТЬ ПО НАЛИЧИЮ ЧАСТИЦ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В СМАЗОЧНОМ МАСЛЕ. ИМЕННО ПОЭТОМУ ОЧЕНЬ ВАЖНО ПОЛНОСТЬЮ ОЧИСТИТЬ ДВИГАТЕЛЬ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВО ВРЕМЯ РЕМОНТА.

ДЛЯ КАЧЕСТВЕННОЙ ПЕРЕБОРКИ ДВИГАТЕЛЯ ТАКЖЕ НЕОБХОДИМО УДЕЛЯТЬ ПРИСТАЛЬНОЕ ВНИМАНИЕ ВНУТРЕННИМ РАБОЧИМ ДОПУСКАМ. РАСХОЖДЕНИЯ В РАЗМЕРАХ И ФОРМЕ ШЕЕК КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА, СОПРИКАСАЮЩИХСЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ И ПОСАДОЧНЫХ ГНЕЗД МОГУТ ПРИВЕСТИ К НЕМЕДЛЕННОМУ И СЕРЬЕЗНОМУ ПОВРЕЖДЕНИЮ ОТРЕМОНТИРОВАННОГО ДВИГАТЕЛЯ.

ЧТОБЫ ОБЕСПЕЧИТЬ КАЧЕСТВО ЛЮБОГО КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА, ТЕХНИЧЕСКИЙ ПЕРСОНАЛ ТАКЖЕ ДОЛЖЕН ПОДРОБНО ДОКУМЕНТИРОВАТЬ В ПИСЬМЕННОЙ ФОРМЕ КАЖДЫЙ ЭТАП ПРОВОДИМОГО РЕМОНТА. ЕСЛИ В ПОСЛЕДУЮЩЕМ ВОЗНИКНУТ ВОПРОСЫ ИЛИ ПРОБЛЕМЫ В ОТНОШЕНИИ НАДЕЖНОСТИ, ТО ТАКИЕ ЗАПИСИ МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ КАК ВЕСЬМА ЦЕННОЕ РУКОВОДСТВО ПО ПОИСКУ И УСТРАНЕНИЮ НЕИСПРАВНОСТЕЙ.

Важное замечание: любые требования о возмещении ущерба в какой бы то ни было форме в связи с приведенными в данной брошюре сведениями или в связи с нарушениями правил эксплуатации, применения, хранения или обработки исключаются явным образом. Данная брошюра не является руководством по эксплуатации или установке подшипников и не содержит какие-либо советы в юридическом смысле. Брошюра не подменяет собой ни постоянно действующие технические условия, особенно в части допусков, ни технические условия отдельных производителей двигателей по установке и техническому обслуживанию. Кроме того, не представляется возможным предсказать квалификацию персонала, выполняющего установку или осуществляющего эксплуатацию. Отдельные инструкции, приведенные в настоящей брошюре в отношении установки и эксплуатации подшипников, представляют собой лишь рекомендации для квалифицированного технического персонала и подлежат проверке на их пригодность для каждого конкретного случая. Корпорация Federal-Mogul/GLYCO не берет на себя никакой ответственности в связи с решениями, принятыми в отношении использования.

Воспроизведение настоящей брошюры или каких-либо ее частей допустимо только после получения нашего явного на то согласия в письменной форме. Графические представления и чертежи защищены авторскими правами. Мы оставляем за собой право исправлять ошибки и вносить изменения.

ОЗНАКОМЬТЕСЬ С НАШЕЙ НОВОЙ ПРОГРАММОЙ ПО БОРЬБЕ С КОНТРАФАКТНЫМИ ТОВАРАМИ

5 особенностей упаковки деталей моторной группы Federal-Mogul позволят вам удостовериться, что внутри продукция оригинального качества.

ПРОВЕРЬТЕ УНИКАЛЬНЫЙ КОД НА САЙТЕ WWW.FMECAT.EU

Каждая деталь Federal-Mogul имеет Уникальный Код, который указан на ярлыке в буквенно-цифровом и матричном форматах. Матричный код представляет собой двухмерный (2D) матричный штрих-код. Уникальный Код можно проверить 3 разными способами:

- Напечатать Уникальный Код
- Считать двухмерный код при помощи специального сканера
- Воспользоваться мобильным телефоном (Nokia Nseries, Eseries)

Подробнее см. на сайте www.fmecat.eu



ИЩИТЕ ГОЛОГРАФИЧЕСКИЙ ЗНАК HOLOSPOT®

Наклейка Holospot® содержит 4-значный буквенно-цифровой код. Пожалуйста, убедитесь в том, что:

- 4-значный код изображен в радужных цветах, используя лупу, а также в том, что коды на разных упаковках отличаются
- На наклейке Holospot® также изображен логотип Federal-Mogul. Последние 4 знака буквенно-цифрового кода должны совпадать с указанными на наклейке Holospot®



Проверьте Уникальный Код на сайте www.fmecat.eu



ЗАЩИТА

Особый дизайн этикетки гарантирует, что любые попытки удалить или заменить этикетку приведут к ее повреждению



УСТОЙЧИВАЯ САМОКЛЕЯЩАЯСЯ ЭТИКЕТКА

Коробка запечатана этикеткой с информацией на лицевой стороне



УПАКОВКА СО СКЛАДНЫМ ДНОМ ЗАМКОВОГО ТИПА

Предотвращает любые попытки вынуть или заменить содержимое, так как ее невозможно повторно закрыть после первого открытия