



ГЛАВА 35 КОЛЕНЧАТЫЕ ВАЛЫ, БАЛАНСИРОВОЧНЫЕ ВАЛЫ И ПОДШИПНИКИ

Изучение материалов главы 35 позволяет подготовиться к Студенческим сертификационным испытаниям в Технической области «ER = Engine Repair = Ремонт двигателя», в предметных областях (Профессиональной компетенции) «С» (Выполнение диагностики неисправностей и ремонт блока цилиндров двигателя); в частности: решать следующие профессиональные задачи:



ER-C-6. Осматривает коленчатый вал на отсутствие изгиба и погнутости, повреждения опорных поверхностей, повреждения шпоночного паза, упорного фланца и состояние уплотнительных поверхностей; проводит визуальную проверку на наличие поверхностных трещин; проверяет состояние каналов для подачи масла; измеряет осевой люфт и износ коренных/шатунных шеек; проверяет состояние импульсного диска (задающего кольца) и датчика положения коленчатого вала; определяет перечень необходимых действий, и выполняет необходимые корректирующие действия.



ER-C-7. Осматривает коренные и шатунные подшипники на наличие повреждений и износа; определяет перечень необходимых действий, и выполняет необходимые корректирующие действия.



ER-C-13. Осматривает вспомогательный вал/валы (балансировочный, промежуточный, направляющий, уравнивающий или демпфирующий колебания); осматривает вал/валы и опорные подшипники на наличие повреждений и износа; снимает и устанавливает вал/валы, соблюдая предписанное взаимное положение.



ER-C-14. Снимает, осматривает или заменяет гаситель колебаний коленчатого вала (демпфер гармонических колебаний).



По завершении изучения и повторения материала Главы 35 читатель должны быть готовы:

- Описать назначение и функции коленчатого вала.
- Объяснить и продемонстрировать основные спо-

собы измерений коленчатого вала.

- Описать процедуру изготовления коленчатого вала, шлифования и полирования рабочих поверхностей.
- Обсудить назначение и принцип действия балансировочных валов.
- Обсудить конструкцию подшипников и процедуры установки подшипников и коленчатого вала.
- Обсудить конструкцию подшипников распределительного вала и процедуру их установки.

КОЛЕНЧАТЫЙ ВАЛ

НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

В процессе горения топливовоздушной смеси в камере сгорания формируется сила от давления расширяющихся газов, которая действует на поршень, поршневой палец, и через шатун передается на коленчатый вал двигателя. Шатун посредством подшипника скольжения крепится к шейке кривошипа коленчатого вала. Шейка кривошипа, чаще именуемая шатунной шейкой коленчатого вала, смещена относительно осевой линии вращения коленчатого вала. Расстояние между осевой линией шатунной шейки и осевой линией вращения коленчатого вала называется радиусом кривошипа, который определяет ход поршня в цилиндре двигателя. Ход поршня в цилиндре двигателя вычисляется умножением радиуса кривошипа на 2. Усилие от сгорания топливовоздушной смеси прилагается к кривошипу после преодоления кривошипом верхней точки на траектории вращения кривошипа. Это позволяет получить вращающую силу, или крутящий момент, который заставляет вращаться коленчатый вал двигателя. Коленчатый вал вращается в коренных подшипниках.

Эти подшипники состоят из двух половинок, чтобы их можно было собрать вокруг шейки коленчатого вала. В технической терминологии прижилось название «вкладыши коренных подшипников».

Коленчатый вал состоит из следующих частей.

- Коренные шейки = *Main bearing journals*
- Шатунные шейки = *Rod bearing journals*
- Щеки коленчатого вала = *Crankshaft throws*
- Противовесы = *Counterweights*
- Передний хвостовик = *Front snout*
- Фланец маховика = *Flywheel flange*
- Шпоночной канавки = *Keyways*
- Масляных проходов = *Oil passages*

Смотри рисунок 35-1.

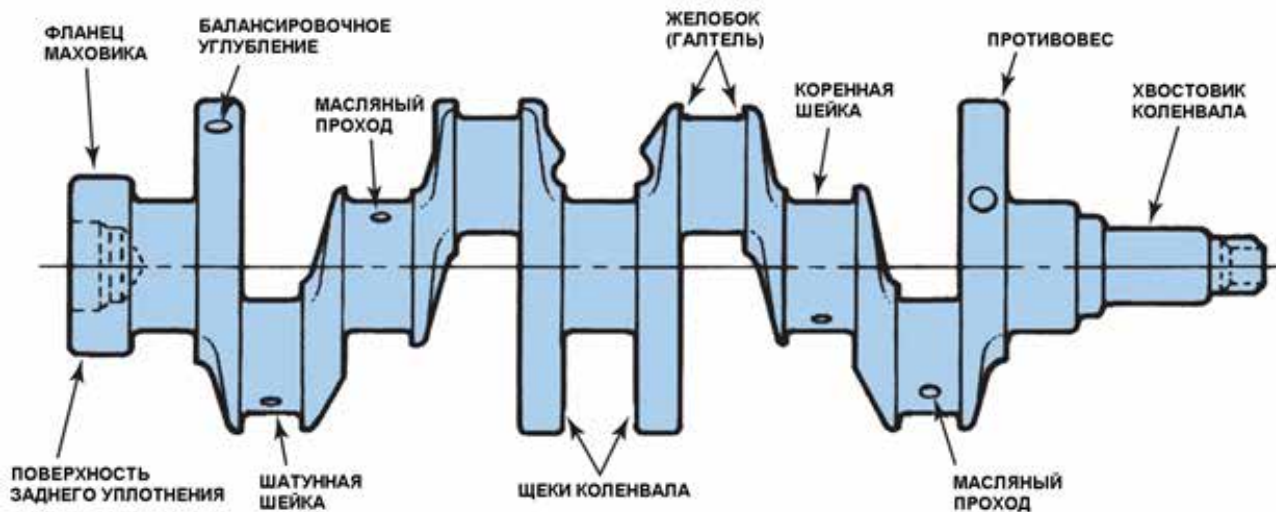


Рисунок 35-1: Типичный коленчатый вал с коренными шейками, опирающимися на вкладыши коленных подшипников, уложенных в постели блока цилиндров. Шатунные шейки смещены относительно оси вращения коленчатого вала, образуя так называемый радиус кривошипа; источник: *Pearson Education, Inc.*

КОРЕННЫЕ ШЕЙКИ, КОРЕННЫЕ И УПОРНЫЕ ПОДШИПНИКИ

Коленчатый вал вращается в блоке цилиндров, опираясь на коренные подшипники. Смотрите рисунок 35-2.

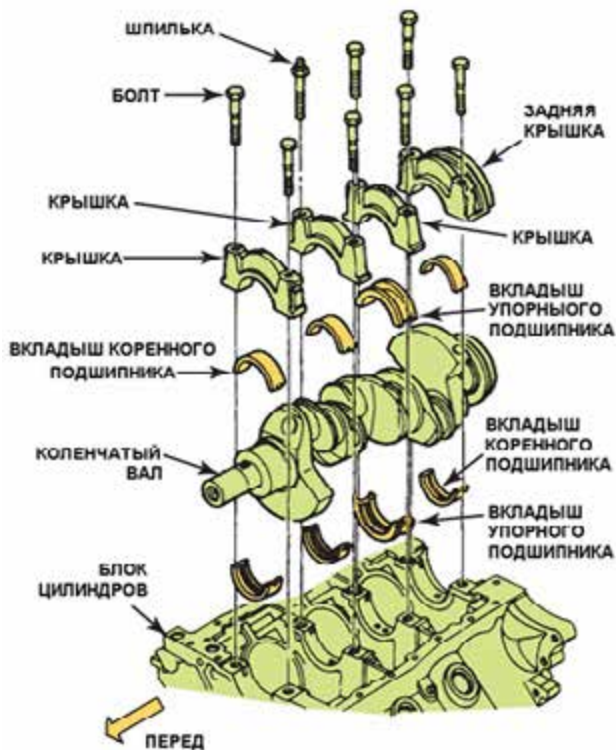


Рисунок 35-2: Коленчатый вал вращается в коренных подшипниках. Продольное перемещение коленчатого вала ограничивается упорным подшипником; источник: *Pearson Education, Inc.*

Коренные подшипники позволяют вращаться коленчатому валу легко, без чрезмерного износа. Количество коренных подшипников, как правило, определяется количеством цилиндров в двигателе.

- Четырехцилиндровый и двигатель V-8 обычно имеют пять коренных подшипников.
- Рядный 6-цилиндровый двигатель, как правило, имеет семь коренных подшипников.
- В то же время V-6 двигатель обычно имеет всего четыре коренных подшипника.

Конструкция опор коленчатого вала должна поглощать нагрузки, приложенные в продольном направлении, так называемые осевые нагрузки, формируемые механизмом сцепления на транспортном средстве с механической коробкой передач, или гидротрансформатором на транспортном средстве, оснащенном автоматической коробкой передач. Осевые нагрузки – это те силы, которые толкают коленчатый вал вперед, или тянут назад по отношению к блоку цилиндров. Упорный подшипник удерживает коленчатый вал от его осевого перемещения, воспринимая осевые нагрузки, и перераспределяя их в силовую структуру конструкции блока цилиндров.

Смотрите рисунок 35-3.

Упорные поверхности большинства блоков цилиндров двигателей, как правило, находится на средней постели или концевой постели коренного подшипника. У некоторых двигателей на торцевой поверхности постели и крышке подшипника выполнена проточка, в которую устанавливается, и в которой удерживается от выпадения полу-кольцевой упорный подшипник.

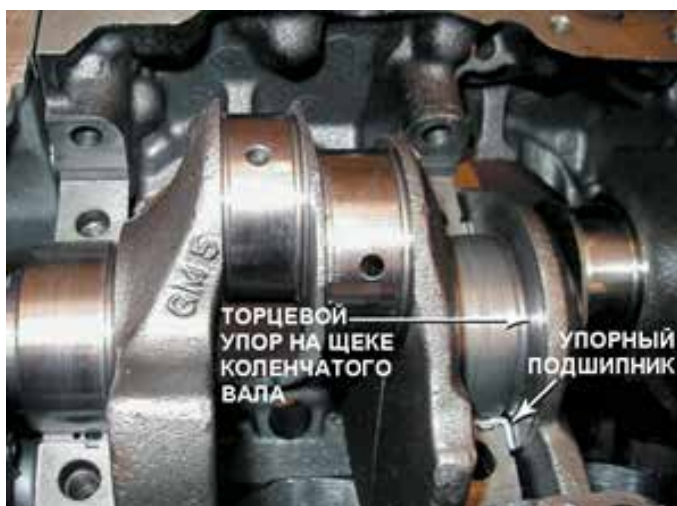


Рисунок 35-3: Отшлифованная боковая поверхность на одной из щек коленчатого вала передает осевые усилия на упорный подшипник; источник: *Pearson Education, Inc.*

ШАТУННЫЕ ШЕЙКИ И ШАТУННЫЕ ПОДШИПНИКИ

Шатунные подшипники, называемые вкладышами шатунных подшипников, обеспечивают вращение шатуна на шатунной шейке, смещенной относительно оси вращения коленчатого вала. Вкладыш устанавливается между большим отверстием шатуна и соответствующей шейкой коленчатого вала.

Радиус кривошипа коленчатого вала составляет половину хода поршня в цилиндре двигателя, имеет прямое отношение к рабочему объему и степени сжатия двигателя. Иными словами, ход поршня равен удвоенной величине радиуса кривошипа коленчатого вала. Смотрите рисунок 35-4.

ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ПОВЕРХНОСТЕЙ ШЕЕК

Все шейки коленчатого вала шлифуются и полируются, для получения абсолютно гладкой поверхности. Качество отделки поверхности измеряется в микронах (микродюймах), и чем меньше оценочное число качества поверхности, тем ровнее поверхность. Типичная спецификация для поверхности коренных и шатунных подшипников составляет от 10 до 20 среднего арифметического значения шероховатости (R_a). Эта очень гладкая поверхность получается полированием поверхности после шлифования шеек коленчатого вала в предписанный размер.

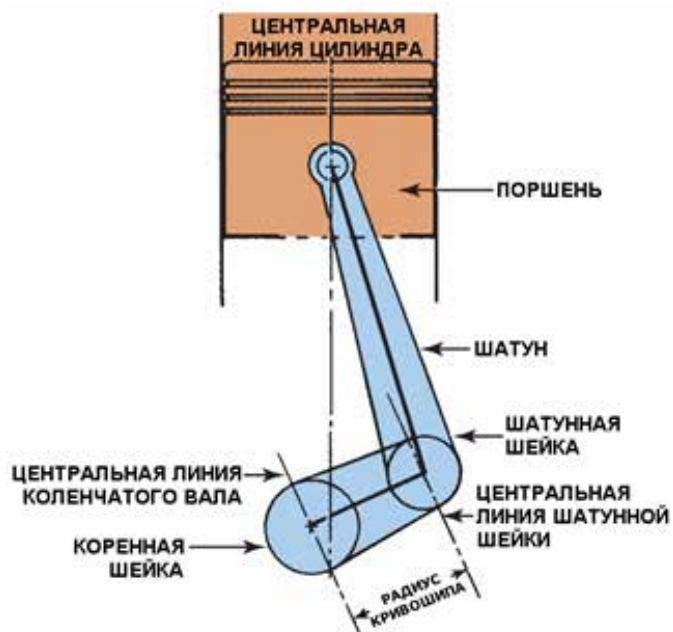


Рисунок 35-4: Расстояние от оси шатунной шейки до оси коленчатого вала определяет плечо, которое является рычагом, необходимым для поворота коленчатого вала; источник: *Pearson Education, Inc.*

ТВЕРДОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ШЕЕК КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

Чтобы повысить износостойкость, некоторые производители производят упрочнение поверхности шеек коленчатого вала.

Для упрочнения поверхности шеек коленчатого вала производители используют следующие методы:

- Цементация (*Case hardening*), при которой только наружный участок поверхности подвергаются закаливанию. Цементация, или науглероживание, состоит в нагреве коленчатого вала и добавление в поверхность шеек углерода, который делает поверхностный слой металла более твердым в сравнении с основным металлом шеек коленчатого вала. Если науглероживанию подвергнуть весь материал коленчатого вала, он станет хрупким, и не сможет поглощать (сглаживать) касательные (крутильные) напряжения, возникающие при нормальной работе двигателя.
- Азотирование (*Nitriding*), при котором коленчатый вал нагревают до 540°C (1000°F) в печи, заполненной аммиаком, а затем дают остыть. Эта процедура позволяет добавить азот (из аммиака) в поверхностные слои металла, образуя слой нитридов во всех поверхностных слоях коленчатого вала глубиной 0,8 мм (0,007 дюйма).

- Цианирование (*Tuftriding*), еще одна вариация этого процесса, предполагающая нагрев коленчатого вала в ванне с расплавленными цианистыми солями. *Tuftriding* (цианирование) – торговая марка *General Motors*.

ПРОИЗВОДСТВО КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

КОВКА

Коленчатые валы, используемые в высокопроизводительных автомобильных двигателях, могут быть коваными или литыми. Кованые коленчатые валы прочнее, чем литые коленчатые валы, но они дороже.

На поверхности кованого коленчатого вала можно обнаружить линию разделения. Широкая разделительная линия появляется в результате процесса выхода металла из ковочного штампа во время процессаковки.

Смотри рисунок 35-5.

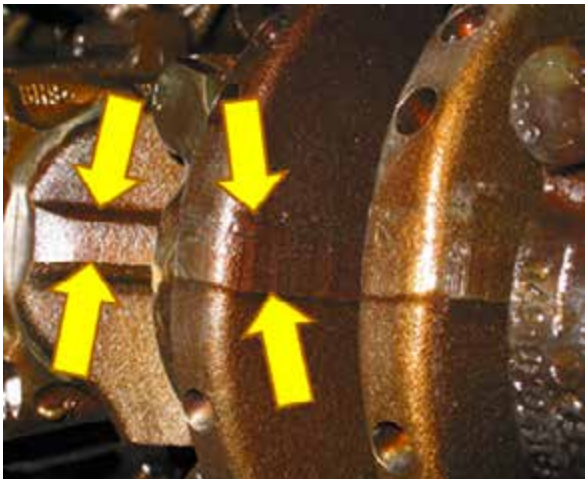


Рисунок 35-5: Широкая разделительная линия на необработанной поверхности кованого коленчатого вала; источник: *Pearson Education, Inc.*

Коленчатые валы изготавливают из углеродистых, хромомарганцевых, хромоникельмолибденовых, и других сталей, а также из специальных высокопрочных чугунов. Наибольшее применение находят, стали марок 45, 45X, 45Г2, 50Г, а для тяжело нагруженных коленчатых валов дизелей — 40ХНМА, 18ХНВА и др. Коленчатые валы для высокопроизводительных двигателей производятся из молибденовой среднеуглеродистой легированной стали ($C=0,40\%$, $Mn=0,7\%$, $Mo=0,25\%$, $Cr=0,8\%$, $Ni=1,8\%$) по стандарту *SAE 4340*, или по *EN 10083-1* эта сталь обозначается, как конструкционная легированная сталь 34X2H2M.

Коленчатый вал изготавливается из разогретой заготовки путем последовательнойковки в нескольких кузнечных штампах. Каждый штамп вносит небольшие изменения форму заготовки. Окончательную форму коленчатый вал получает лишь в завершающем кузнечном штампе. Затем, заготовку подвергают механической обработке, чтобы получить необходимую форму отдельных частей коленчатого вала.

Ковка позволяет получить мелкозернистую структуру металла с волокнами в направлении, параллельном прилагаемому усилию. Направление волокон позволяет в последующем формировать кривошип коленчатого вала без разрезания сформированных волокон. Это делает коленчатого вала плотным и прочным.

При ковке коленчатых валов используются два метода.

- Первый способ заключается в формировании коленчатого вала с приданием заготовке необходимой угловой конфигурации. В последующем заготовку подвергают только незначительной правке. Этим способом формируют коленчатые валы для 4-х и 6-цилиндровых рядных двигателей.
- Второй метод предусматривает штамповку коленчатого вала в одной плоскости. В последующем шатунные шейки коленчатого вала разворачивают на необходимые углы

Большинство коленчатых валов современных автомобильных двигателей при изготовлении стремятся не подвергать скручиванию.

ЧУГУННЫЕ КОЛЕНЧАТЫЕ ВАЛЫ

Современные технологии и качество литейных материалов позволяет использовать литые коленчатые валы для двигателей большинства современных автомобилей. Автомобильные коленчатые валы могут быть отлиты из стали, чугуна с шаровидным графитом, или ковкого чугуна.

Преимущества литого коленчатого вала состоят в следующем:

- Затраты на материал и литейный процесс меньше затрат, связанных с ковкой коленчатого вала их конструкционных легированных сталей. Причина в том, что коленчатый вал, изготовленный методом литья, может быть максимально приближен к размерам и форме коленчатого вала, в том числе сложные форме и массы противовесов. Необходимость механической обработки ограничивается формированием центрующих отверстий с последующей обработкой шеек и торцевой упорной поверхности, а также механическая обработка переднего хвостовика и заднего фланца коленчатого вала.

- Металл литого коленчатого вала имеет мелкозернистую структуру со случайным расположением шарового или пластинчатого графита, что позволяет коленчатому валу воспринимать нагрузки в любых направлениях.
- Противовесы на литых коленчатых валах чуть больше, чем противовесы на кованных коленчатых валах, поскольку металл литого вала имеет меньшую плотность, и поэтому несколько легче.

Литые коленчатые валы можно отличить по узкой полоске разъема литейной формы. Смотри рисунок 35-6.

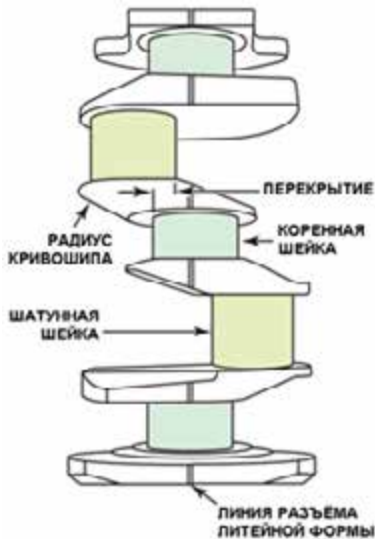


Рисунок 35-6: Литой коленчатый вал, показывающий частичное перекрытие шейки коренного подшипника шейкой шатунного подшипника, и прямую, узкую линию разъема литейной формы. Величина перекрытия определяет прочность коленчатого вала; источник: *Pearson Education, Inc.*

ЗАГОТОВКИ ДЛЯ КОВАННЫХ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

Будущий коленчатый вал начинает свою жизнь с цельного куска ковальной стали, который называют заготовкой. Этот цельный кусок стали, подвергают серии операций механической обработки, чтобы создать готовый коленчатый вал.

К достоинствам ковальной заготовки коленчатого вала можно отнести:

- Равномерность мелкозернистой структуры, созданной в процессековки
- Жесткость, выносливость и очень высокая прочность

Недостатком является высокая стоимость.

Заготовки коленчатых валов имеют очень высокую стоимость, поскольку в процессе механической обработки требуется большой сьем дорогостоящего металла, плюс необходимость проведения термической обработки.

Смотри рисунок 35-7.



Рисунок 35-7: На снимке показана заготовка коленчатого вала в ходе проведения механической обработки. Слева, почти готовая форма коленчатого вала с уже сформированными коренными шейками, щеками и противовесами, справа – подвергнутая лишь подготовительной механической обработке (обдирке) часть заготовки коленчатого вала, в начальной фазе формирования требуемых форм; источник: *Pearson Education, Inc.*

ОТВЕРСТИЯ И КАНАЛЫ ПОДАЧИ СМАЗКИ

НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

В коленчатом валу выполнены сверления, по которым моторное масло от коренных шеек коленчатого вала поступает к шатунным шейкам.

Смотри рисунок 35-8.



Рисунок 35-8: На снимке показан распиленный вдоль коленчатый вал, чтобы показать просверленные каналы, по которым масло от коренных шеек поступает к шатунным шейкам; источник: *Pearson Education, Inc.*

Подаваемое к шейкам масло формирует гидродинамическую пленку, воспринимающую несущую подшипниками нагрузку. В некоторых двигателях масло распыляется через отверстия в большой головке шатуна, или подается к верхней головке шатуна через осевое сверление в теле шатуна.

Остальное масло просачивается между шейкой и подшипником, и разбрызгивается шатунными шейками и щеками коленчатого вала на внутренние поверхности двигателя. В OHV двигателях часть масла попадает на кулачки распределительного вала, обеспечивая смазку кулачки и толкатели.

Часть масла разбрызгивается на стенки цилиндров, чтобы обеспечить смазку поршни и поршневые кольца.

К сожалению, масляные отверстия, проходящие через шейки коленчатого вала, являются концентраторами напряжения. Эти отверстия обычно располагают в таком месте, в котором нагрузки на коленчатый вал и касательные напряжения самые низкие. На краях масляных отверстий тщательно выполнены фаски, чтобы снизить насколько это можно концентрацию напряжений.

Масляные отверстия на шейке коленчатого вала показаны на рисунке 35-9.



Рисунок 35-9: Типичное отверстие с фаской, выполненное на шейке коленчатого вала; источник: Pearson Education, Inc.

ТИПОВЫЕ КОЛЕНЧАТЫЕ ВАЛЫ ДВИГАТЕЛЕЙ

КОНФИГУРАЦИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА 8-ЦИЛИНДРОВОГО V-ОБРАЗНОГО ДВИГАТЕЛЯ (V-8)

У V-образного двигателя два ряда блоков цилиндров, расположенных под углом 90° один относительно другого, имеют по четыре цилиндра расположенные в ряд. Каждую группу расположенных в ряд цилиндров принято называть рядом: левый ряд и правый ряд (в иностранной технической литературе ряд цилиндров принято называть банком = *bank*: левый банк и правый банк).

Коленчатый вал у V-образного 8-цилиндрового двигателя имеет четыре кривошипа. Шатуны, по одному из каждого ряда цилиндров (банков), присоединены к одному кривошипу. Такое расположение позволяет получить состояние, которое характеризуется лишь малой долей несбалансированности.

На V-8 двигателе шейки коленчатого вала расположены в двух перпендикулярных плоскостях, и повернуты одна относительно другой на угол 90° .

Плоскостью необходимо считать плоскую поверхность, прорезающую какие-либо части. Эти плоские поверхности были бы хорошо заметны, если коленчатый вал расцезать вдоль оси его вращения и через середину одной из шатунных шеек.

Посмотрим на коленчатый вал со стороны его передней части:

- Первый кривошип расположим в точке, соответствующей 360° (начальная точка вращения).
- Второй кривошип расположен под углом 90° вправо, относительно первого кривошипа.
- Третий кривошип расположен под углом 270° относительно первого кривошипа (повернут влево на 90° от первого кривошипа).
- Четвертый кривошип лежит в той же плоскости, что и первый кривошип, но повернут на 180° относительно первого кривошипа (повернут вниз).

При таком расположении кривошипов, каждый из поршней достигает верхней мертвой точки (ВМТ) через поворот коленчатого вала на угол 90° . Таким образом, вспышки топлива в каждом из цилиндров происходят последовательно через 90° угла поворота коленчатого вала, что обеспечивает хорошую равномерность вращения.

КОНФИГУРАЦИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА 4-ЦИЛИНДРОВОГО РЯДНОГО ДВИГАТЕЛЯ (R-4)

Коленчатый вал 4-цилиндрового рядного двигателя имеет четыре кривошипа, лежащих в одной плоскости. В R-4 коренные подшипники расположены по обе стороны каждого кривошипа, таким образом, коленчатый вал оснащен пятью коренными шейками. Поршни в цилиндрах двигателя перемещаются попарно. Обычно подобное парное перемещение наблюдается в цилиндрах 1 и 4, а также в цилиндрах 2 и 3. Каждый из поршней в паре участвует в одноимённых тактах через 360° угла поворота коленчатого вала в 720-градусном 4-тактном цикле. При таком расположении кривошипов в R-4 вспышка в цилиндрах происходит через 180° угла поворота коленчатого вала.

В 4-цилиндровом оппозитном двигателе и V-образном 4-цилиндровом двигателе коленчатый вал выглядит так же, как и в рядном 4-цилиндровом двигателе. Смотрите рисунок 35-10:

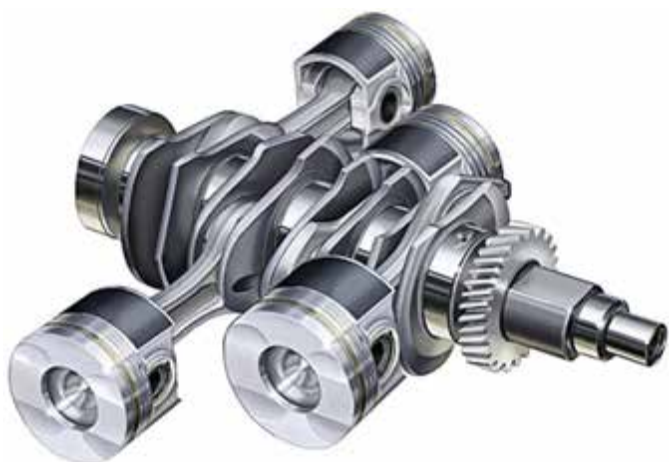


Рисунок 35-10: Хотя коленчатый вал оппозитного двигателя похож на коленчатый вал R-4, поршни в цилиндрах двигателя не совершают попарных движений; источник: Subaru

КОНФИГУРАЦИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА 5-ЦИЛИНДРОВОГО РЯДНОГО ДВИГАТЕЛЯ (R-5)

В рядном 5-цилиндровом двигателе коленчатый вал оснащен пятью кривошипами, расположенными под углом 72° один относительно другого. В подобном двигателе коленчатый вал опирается на шесть коренных опор (постелей). Одноименные такты в R-5 происходят через каждые 144° угла поворота коленчатого вала.



Рисунок 35-11: Коленчатый вал 5-цилиндрового рядного двигателя, у которого углы между кривошипами составляют 72°

Динамическая балансировка была одной из основных проблем в этой конструкции двигателя, но передача на кузов вибрации двигателя была снижена до удовлетворительных значений применением управляемых опор двигателя, как это сделано на 5-цилиндровых двигателях Audi, Acura и Volvo.



ЧАСТО ЗАДАВАЕМЫЙ ВОПРОС

Что означает перекрестное сверление коленчатого вала?

Перекрестное сверление коленчатого вала означает, что на поверхности коренной шейки коленчатого вала имеется два отверстия для подачи смазки к соседним шатунным шейкам.

Масло поступает к коренной шейке из масляной галереи блока цилиндров. Вкладыш коренного подшипника смазывается подаваемым через одно из отверстий во вкладыше маслом, а два других отверстия во вкладыше позволяют маслу течь по просверленным каналам к шатунным шейкам, расположенным по обе стороны от этой коренной шейки.

Смотрите рисунок 35-12.

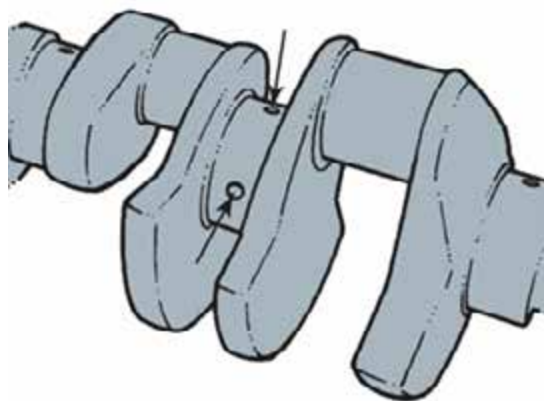


Рисунок 35-12: Перекрёстное сверление коленчатого вала применяется на некоторых серийных двигателях, и является общепринятым для коленчатых валов спортивных и гоночных автомобилей; источник: Pearson Education, Inc.

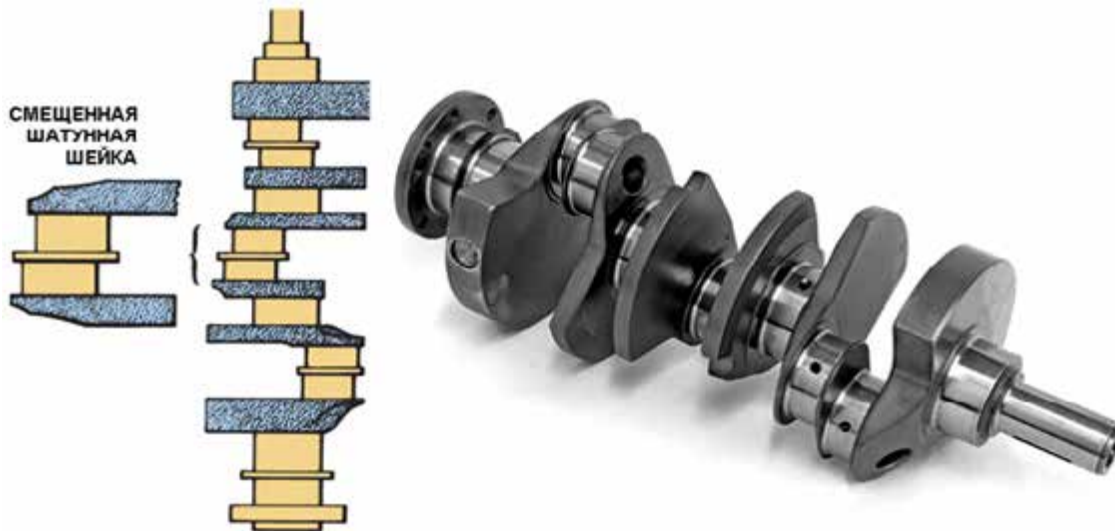


Рисунок 35-13: Смещение шатунной шейки необходимо для обеспечения равномерного чередования циклов в V-6 с 90° углом между рядами цилиндров; источник: Pearson Education, Inc.



ПОУЧИТЕЛЬНЫЙ СЛУЧАЙ

Таинственные вибрации двигателя

V-образный 6-цилиндровый 3,8-литровый двигатель вызывал вибрацию всего кузова автомобиля Buick, причем, вибрация началась после установки приобретенного шорт-блока.

Техник, который занимался комплектацией и установкой шорт-блока, произвел следующие действия:

1. Проверил все свечи зажигания
2. Проверил все высоковольтные свечные провода
3. Отсоединил гидротрансформатор от гибкой приводной пластины, чтобы исключить возможное влияние неисправности гидротрансформатора или масляного насоса автоматической коробки передач
4. Последовательно снял все приводные ремни дополнительных аксессуаров

Но вибрация все ещё существовала!

Коллега посоветовал тщательно проверить опоры двигателя, и при детальном осмотре снятых опор было выявлено, что после приложения нагрузки металлическая часть левой (со стороны водителя) опоры двигателя задирает резиновую сердцевину из-за отслоения металла от резины. Было решено заменить все опоры, включая опоры трансмиссии. После замены опор и надлежащей затяжки креплений вибрация двигателя была устранена.

Конструкция и расположение опор двигателя имеют решающее значение для ликвидации вибрации, особенно на 90-градусном V-6 двигателе.

КОНФИГУРАЦИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА 3-ЦИЛИНДРОВОГО РЯДНОГО ДВИГАТЕЛЯ (R-3)

У коленчатого вала 3-цилиндрового рядного двигателя три кривошипа расположены под углом 120° один относительно другого, и каждый кривошип соседствует с двумя опорами. Таким образом, у такого коленчатого вала имеются четыре шейки коренных подшипников. Этот двигатель требует установки балансировочного вала, который должен вращаться с той же скоростью, что и коленчатый вал, но в противоположном направлении.

КОНФИГУРАЦИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА РЯДНОГО 6-ЦИЛИНДРОВОГО ДВИГАТЕЛЯ (R-6)

Коленчатый вал рядного 6-цилиндрового двигателя имеет шесть кривошипов, и четыре или семь коренных шейки. Кривошипы R-6 расположены под углом 120° один относительно другого. R-6 – единственный, полностью сбалансированный двигатель, который не нуждается ни в каких балансировочных валах.

КОНФИГУРАЦИЯ СОВРЕМЕННОГО 6-ЦИЛИНДРОВОГО V-ОБРАЗНОГО ДВИГАТЕЛЯ С УГЛОМ МЕЖДУ РЯДАМИ (БАНКАМИ) 90° (V-6)

В двигателях V-6 старой конструкции применялся коленчатый вал с углом между кривошипами 120°, на каждом кривошипе закрепляли два шатуна, один для левого банка, второй для правого банка. При угле

между банками 90° чередование одноименных циклов происходило неравномерно: $90^\circ - 150^\circ - 90^\circ - 150^\circ - 90^\circ - 150^\circ$. Подобная неравномерность работы делала невозможным использование систем зажигания, в которых одна катушка зажигания обслуживает две свечи. Чтобы добиться равномерности в работе, было решено сместить каждую шатунную шейку разделить на две, и сместить одну шейку относительно другой на 30° ($90^\circ + 30^\circ = 120^\circ$) и ($150^\circ - 30^\circ = 120^\circ$). Это позволило получить равномерную работу *V-6* с 90° углом между банками..

Смещенные шатунные шейки можно увидеть на рисунке 35-13.

Этот угол между смещенными шатунными шейками коленчатого вала назвали углом сдвига шатунной шейки.

Между смещенными шатунными шейками оставили небольшой фланец. Это позволяет избежать концентрации напряжений, которая возникает в месте смещения шатунной шейки без фланца.

Фланец обеспечивает точность движения шатуна и надежное смазывание шатунной шейки поступающим к ней маслом. Это фланец между смещенными шатунными шейками иногда называют качающейся или летающей щечкой (*Flying web*).

КОНФИГУРАЦИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА 6-ЦИЛИНДРОВОГО ДВИГАТЕЛЯ С УГЛОМ МЕЖДУ РЯДАМИ (БАНКАМИ) 60°

Чередование циклов в 6-цилиндровом *V*-образном двигателе с углом развала между рядами блоков в 60° происходит точно так же, как и в *V*-образном двигателе с углом развала 90° .

На *V*-образном двигателе с 60° углом между рядами (банками) соседние пары шатунных шеек повернуты на угол 60° одна относительно другой.

Смотри рисунок 35-14ю

Коленчатый вал такого двигателя опирается на четыре коренных подшипника.

ПРОТИВОВЕСЫ

НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Коленчатые валы уравниваются противовесами, которые отлиты, выкованы или сформированы в результате механической обработки, как неотъемлемая часть коленчатого вала.



Рисунок 35-14: Коленчатый вал *V-6* двигателя с углом между рядами цилиндров (банками), равным 60° , имеет шесть шатунных шеек, расположенных под углом 60° относительно друг друга; источник: *freightratecentral.com*

Коленчатый вал, который имеет противовесы на противоположных сторонах каждой шатунной шейки, называется полностью уравновешенным.

Смотри рисунок 35-15.



Рисунок 35-15: Полностью уравновешенный коленчатый вал 4-цилиндрового рядного двигателя; источник: *Pearson Education, Inc.*

Полностью уравновешенный коленчатый вал обеспечивает равномерное вращение и обладает высокой прочностью, но подобный коленчатый вал тяжел и дорог в изготовлении. Большинство производителей автомобилей отказываются от использования полностью уравновешенных коленчатых валов с целью снижения массы вращающихся частей двигателя. Легкий коленчатый вал позволяет двигателю быстрее разогнаться. Вместе с тем, не полностью сбалансированные, но лёгкие коленчатые валы, в достаточной мере сбалансированы.

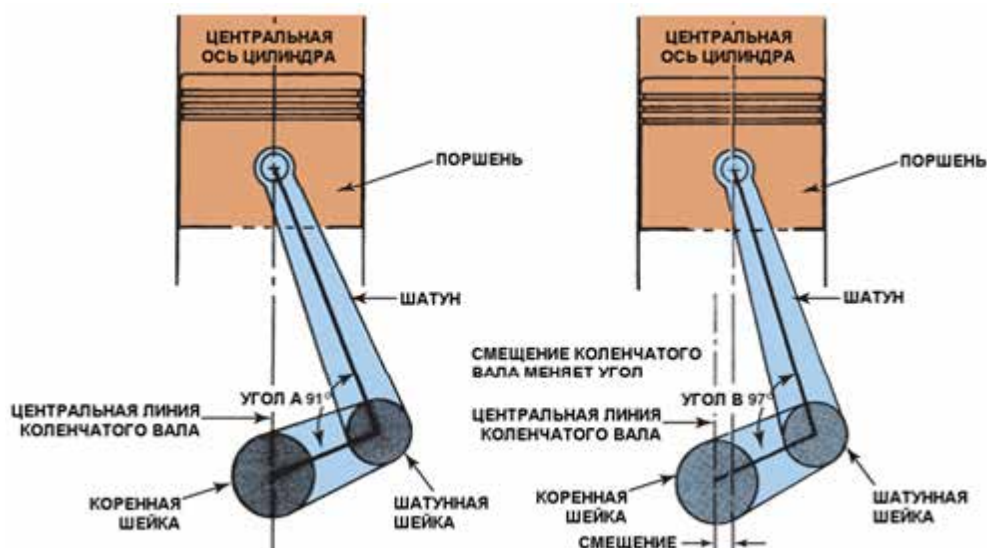


Рисунок 35-16: На схеме изображен поршень на полпути своего рабочего хода. Угол отклонения шатуна на левом рисунке, где показан коленчатый вал без смещения, больше угла отклонения шатуна на двигателе со смещением оси вращения коленчатого вала; источник: *Pearson Education, Inc.*



ЧАСТО ЗАДАВАЕМЫЙ ВОПРОС

Что означает «Смещение коленчатого вала»?

Для снижения боковых нагрузок, возникающих в цилиндрах двигателя, многие производители автомобильных двигателей прибегают к смещению оси вращения коленчатого вала относительно осей цилиндров. Например, если коленчатый вал двигателя вращается по часовой стрелке, при взгляде с передней стороны коленчатого вала, ось вращения коленчатого вала может быть смещена влево, чтобы уменьшить угол максимального наклона шатуна относительно оси цилиндра во время рабочего хода.

Смотри рисунок 35-16.

Рисунок 35-16: На схеме изображен поршень на полпути своего рабочего хода. Угол отклонения шатуна на левом рисунке, где показан коленчатый вал без смещения, больше угла отклонения шатуна на двигателе со смещением оси вращения коленчатого вала; источник: *Pearson Education, Inc.*

Смещение обычно варьируется от 1,65 мм до 12,6 мм (от 1/16 до 1/2 дюйма), в зависимости от марки и модели.

Многие рядные 4-цилиндровые двигатели, используемые в гибридных электрических транспортных средствах, применяют смещение коленчатого вала.

ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ ВИБРАЦИИ

Всякий раз, когда в цилиндре двигателя происходит горение топлива, сила, действующая вдоль шатуна, прилагается к шатунной шейке коленчатого вала, трансформируя крутящий момент на выходном валу. Сила, действующая вдоль шатуна, может быть разложена на две составляющие силы: одна часть силы формирует вращение коленчатого вала (касательная, или тангенциальная сила), вторая часть силы изгибает коленчатый вал (радиальная сила). Коленчатый вал должен обладать высокой жесткостью, чтобы противостоять касательной силе, сведя скручивание коленчатого вала до минимума.

Скручивание коленчатого вала непосредственно связано с неравномерностью работы двигателя. Если скручивание коленчатого вала происходит с той же частотой (число колебаний в секунду), что и части двигателя, совершающие возвратно-поступательные движение, то все эти части начинают вибрировать вместе. Когда это происходит, говорят, что двигатель входит в резонанс.

Резонансные колебания могут стать достаточно большими, и часто достигают уровня слышимости, производя очень громкий звук. Если позволить коленчатому валу работать на резонансной частоте, может произойти чрезмерное скручивание коленчатого вала, и он может сломаться.

Смотри рисунок 35-17.



Рисунок 35-17: Коленчатый вал был сломан в результате возникновения чрезмерных крутильных колебаний; источник: *Pearson Education, Inc.*

Вредные крутильные колебания, возникающие в коленчатом валу в результате неравномерности величины и направления прилагаемых усилий, ослабляются с помощью гасителя крутильных колебаний. Этот гаситель часто называют гармоническим балансиром. Демпфер или балансир, как правило, состоит из чугунной инерционного кольца (маленького маховика) и чугунной ступицы, соединенные между собой посредством резиновой втулки.



ПОДСКАЗКА:

Надавите на видимую часть резиновой втулки демпфера крутильных колебаний пальцем или карандашом. Если резина не пружинит, возвращаясь к исходной форме, демпфер крутильных колебаний следует заменить.

В качестве эластичного материала может применяться резина, синтетический каучук или иной упругий полимерный материал. Масса и диаметр инерционного кольца, которое участвует в гашении крутильных колебаний, подбирается для каждой модели двигателя. Смотри рисунок 35-18.

ВНУТРЕННЯЯ И ВНЕШНЯЯ БАЛАНСИРОВКА ДВИГАТЕЛЕЙ

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Большинство коленчатых валов подвергают балансировке во время их производства. Чтобы улучшить сбалансированность вала, в противовесах высверливают небольшие углубления. Иногда эти углубления высверливаются после установки коленчатого вала в двигатель. Некоторые производители имеют возмож-

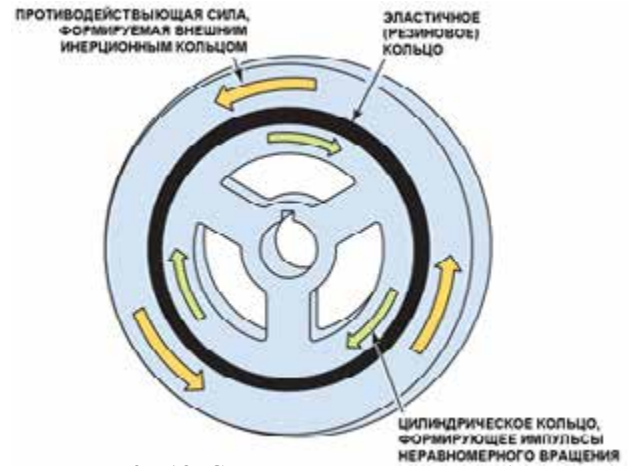


Рисунок 35-18: Ступица гармонического балансера крепится к передней части коленчатого вала. Эластичный пояс между инерционным кольцом и ступичной частью балансера обеспечивает поглощение импульсов силы, прилагаемых к коленчатому валу в результате чередования тактов в цилиндрах двигателя; источник: *Pearson Education, Inc.*

ность контролировать качество литья настолько тщательно, что противовес не нуждается в дополнительной механической обработке с целью балансировки.

Производители осуществляют балансировку двигателя одним из двух способов.

Внешняя балансировка.

Производится перераспределение вращающихся масс от маховика к гармоническому балансире (гасителю крутильных колебаний).

Внутренняя балансировка.

Все вращающиеся детали двигателя индивидуально сбалансированы, в том числе и маховик. Например, двигатель V-8 объемом 5735 см³ (350 кубических дюймов) автомобиля *Chevrolet* внутренне сбалансирован, в то время как двигатель V-8 объемом 6555 см³ (400 кубических дюймов) того же автомобиля имеет внешнюю балансировку.

Применение гармонических балансиров, применяемых при внешней балансировке двигателя, увеличивают его вес.



ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ

Требования по высоким оборотам
Детали двигателей высокой производительности

Не следует строить автомобиль для стрит-рейсинга, используя стоковые (устанавливаемые на серий-

ные автомобили) детали. Если автомобиль используется для гонок, частоты вращения и нагрузки на двигатель значительно превышают скорость вращения и нагрузку на автомобиль, предназначенный для обычного дорожного движения. Стоковый гармонический балансир может разделиться, и возникшие вибрации, связанные с появлением дополнительных несбалансированных деталей, сломают коленчатый вал двигателя.

Проверьте через сайт производителя в Интернете, какой гармоничный балансир предлагают использовать на гоночных и высокопроизводительных двигателях.

Смотри рисунок 35-19.



Рисунок 35-19: General Motors использует высокопроизводительный балансир на двигателях гоночных автомобилей; источник: Pearson Education, Inc.

БАЛАНСИРОВКА ДВИГАТЕЛЯ

ПЕРВИЧНАЯ И ВТОРИЧНАЯ БАЛАНСИРОВКА

Все что вращается, всегда вызывает вибрацию. Это означает, что двигатель будет вибрировать во время работы, хотя конструкторы двигателя пытаются, как только возможно уменьшить вибрацию двигателя.

Первичная балансировка.

Перемещающиеся в цилиндрах вверх и вниз поршни вызывают первичную вибрацию, которая формирует большую, но низкочастотную вибрацию. Массивные противовесы, устанавливаемые напротив кривошипов коленчатого вала, учитывают массу не только шатунной шейки, но и шатуна, поршневого пальца, поршня и комплекта поршневых колец.

Рядный 4-цилиндровый двигатель имеет незначитель-

ную первичную вибрацию, поскольку два поршня, движущихся вверх, синхронизируют свое движение с двумя поршнями, движущимися в то же самое время вниз, эффективно гася первичную вибрацию.

Смотри рисунок 35-20.

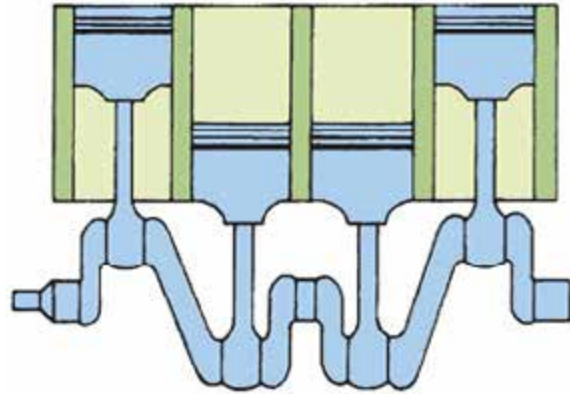


Рисунок 3-20: В 4-цилиндровом рядном двигателе два поршня (на рисунке – во внешних цилиндрах) движутся вниз, в то время как два поршня (на рисунке во внутренних цилиндрах) движутся вверх, уменьшая первичную несбалансированность двигателя; источник: Pearson Education, Inc.

Вторичная балансировка.

Четырехцилиндровые рядные двигатели, тем не менее, страдают от вибрации, которая имеет частоту, удвоенной скорости вращения коленчатого вала двигателя.



РЕМАРКА:

Резонанс возникает не только в случае полного совпадения частот колебаний двух деталей, но и в том случае, если собственные колебания одной детали кратны (делятся на 2, на 3, на 4 и т.д.) частоте собственных колебаний другой детали.

Это явление называется вторичной вибрацией, которая является слабой высокочастотной вибрацией, вызванной небольшой разницей в силах инерции, действующих на поршни в верхней мертвой точке по сравнению с силами инерции, возникающими в нижней мертвой точке. Эта вибрация наиболее заметна при высоких оборотах двигателя, особенно если объем двигателя больше 2 литров. Чем больше объем двигателя, тем больше диаметр и масса поршня, который возбуждает вторичную вибрацию, слышимую, как глухое гудение.

Смотри рисунок 35-21.

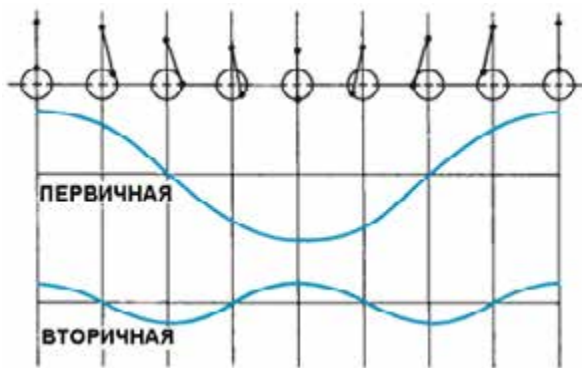


Рисунок 35-21: Графическое представление первичных и вторичных колебаний относительно поршня положение; источник: *Pearson Education, Inc.*

БАЛАНСИРОВОЧНЫЕ ВАЛЫ

НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИЦИП ДЕЙСТВИЯ

Некоторые двигатели используют балансировочные валы, предназначенные для демпфирования нормальной вибрации двигателя. Демпфирование – это снижение вибрации до приемлемого уровня.

Балансировочный вал, который вращается со скоростью коленчатого вала, но в обратную сторону, устанавливается в 3-цилиндровом рядном двигателе. Грузики на концах балансировочного вала движутся в направлении, противоположном направлению движения поршня. Когда поршень перемещается вверх, груз отправляется вниз, и наоборот, когда поршень идет вниз, грузы перемещаются вверх. Это уменьшает раскачивания из конца в конец рядного 3-цилиндрового двигателя.

Другой тип системы балансировочных валов предназначен для уравнивания вибраций в 4-тактном, 4-цилиндровом двигателе. В этой системе используются два вала, которые вращаются со скоростью, в два раза превышающей число оборотов двигателя. В большинстве случаев, оба вала вращаются в противоположных направлениях, и приводятся в движение с помощью цепной или зубчатой передачи от коленчатого вала. Противовесы на балансировочных валах располагаются так, что при их вращении возникает противодействие обычному раскачиванию двигателя, а также гасятся вторичные колебания, вызванные перемещениями в цилиндре поршня и шатуна.

Смотри рисунок 35-22.

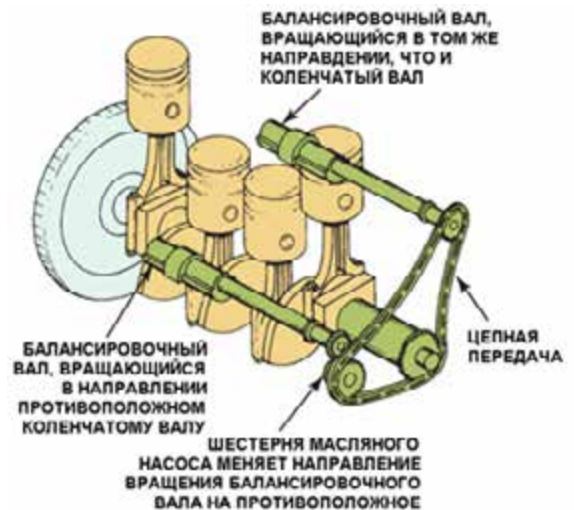


Рисунок 35-22: Два балансировочных вала, вращающиеся в противоположных направлениях со скоростью, в два раза превышающей скорость вращения коленчатого вала, уравнивают вибрации, возникающие в 4-цилиндровом рядном двигателе; источник: *Pearson Education, Inc.*

ПРИМЕНЕНИЕ БАЛАНСИРОВОЧНОГО ВАЛА

Балансировочные валы обычно применяются на 4-цилиндровых автомобильных двигателях с большим рабочим объемом свыше 2 литров. Большинство современных двигателей рабочим объемом свыше 2,2 литра используют балансировочные валы. Часто балансировочные валы расположены вблизи коленчатого вала.

Смотри рисунок 35-23.



Рисунок 35-23: Четырехцилиндровый двигатель *General Motors* использует два балансировочных вала, приводимых в действие посредством цепной передачи, расположенной в задней части коленчатого вала; источник: *Pearson Education, Inc.*

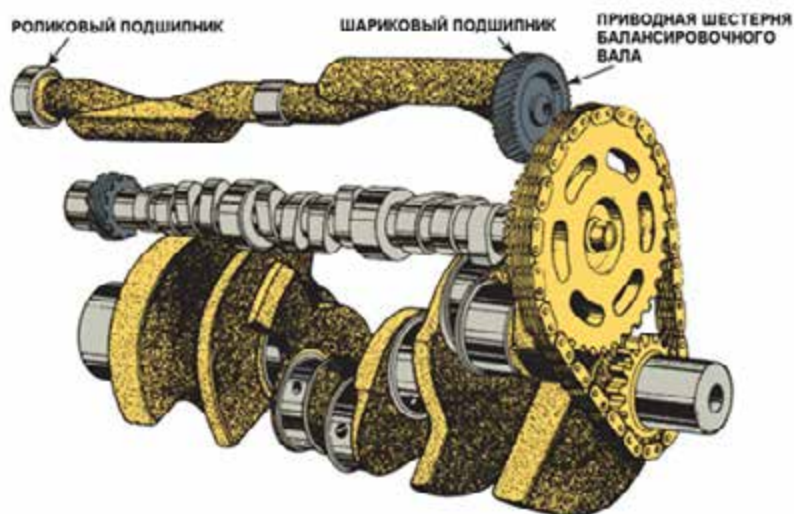


Рисунок 35-24: Многие 90-градусные V-6 двигатели используют балансирующий вал, формирующий противодействующий раскачивающий момент, но применение подобного вала заставляет двигатель качаться взад и вперед; источник: *Pearson Education, Inc.*

С конца 1980 года такие производители, как *Ford* и *General Motors* комплектуют балансирующим валом многие V-6 двигатели. Устанавливают один балансирующий вал и на 3-литровом двигателе V-6 *ASN* автомобиля *Audi*. Неуравновешенные силы в V-образных 6-цилиндровых двигателях с углом между рядами (банками) 90° можно сбалансировать без применения балансирующих валов, но в этих двигателях возникает раскачивающий момент, который можно погасить установкой одного балансирующего вала, вращающегося в сторону, противоположную вращению коленчатого вала. Вращение балансирующего вала вызывает появление момента, пытающегося раскачать двигатель в направлении, противоположном возникающему в двигателе раскачивающему моменту. Таким образом, искусственно создаваемый раскачивающий момент гасит раскачивающий момент, возникающий при работе V-6 90° двигателя. Смотри рисунок 35-24.

Добавление в конструкцию двигателя балансирующих валов значительно повышает плавность работы двигателя. В V-6 двигателях, улучшение наиболее очевидно во время холостого хода и низкой скорости вращения коленчатого вала, в то время как в 4-цилиндровых двигателях выгоды применения балансирующих валов особенно очевидны при более высоких оборотах двигателя.

На V-6 двигателях, которые используют 60 градусный угол между рядами цилиндров (банками), раскачивающий момент не возникает и, следовательно, нет необходимости в применении балансирующего вала.

ОБСЛУЖИВАНИЕ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

ВИЗУАЛЬНАЯ ИНСПЕКЦИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

Чаще всего встречаются следующие повреждения коленчатого вала:

- Износ шеек = *Worn journals*
- Появление задиров на шейках = *Scored bearing journals*
- Изгибы и искривления = *Bends or warpage*
- Поломка (разрушение) = *Cracks*.
- Повреждение резьбы (во фланце маховика или на переднем хвостовике) = *Thread damage (flywheel flange or front snout)*
- Истирание передних и/или задних уплотнительных поверхностей = *Worn front or rear seal surfaces*

Поврежденные валы должны быть отремонтированы или заменены.

Коленчатый вал является одной из наиболее нагруженных частей двигателя. При увеличении скорости вращения коленчатого вала в два раза нагрузки на коленчатый вал увеличиваются в четыре раза. Любой признак, свидетельствующий о наличии трещины, должен стать причиной выбраковки коленчатого вала. Большая часть трещин может быть выявлена при внимательном визуальном осмотре. Коленчатые валы должны быть подвергнуты магнитной дефектоскопии, которая позволит выявить мельчайшие, незаметные глазу, трещины, которые впоследствии станут причиной поломки.

Появление задиров на поверхностях шеек коленчатого

го вала является общим, наиболее распространенным дефектом. Задир проявляется в виде продольных царапин на поверхности шейки коленчатого вала. Как правило, самый глубокий задир наблюдается в центральной части шейки возле смазочного отверстия, как это показано на рисунке 35-25.

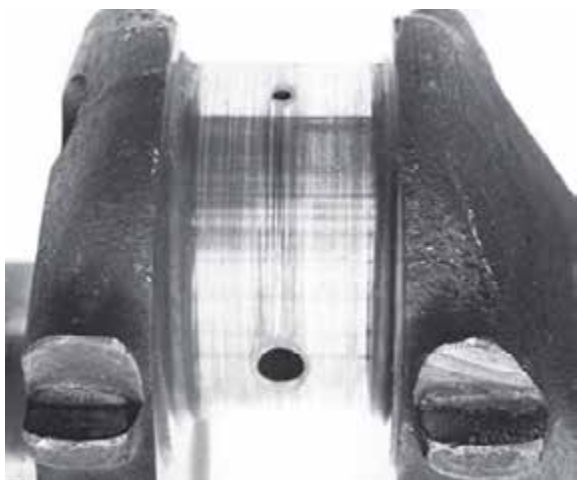


Рисунок 35-25: Задир на поверхности шатунной шейки; источник: *Pearson Education, Inc.*

Шейки коленчатого вала должны быть проверены на наличие царапин, выемок, или коррозии. Шероховатость и незначительные изгибы шеек могут быть исправлены путем шлифования поверхности шеек.



ПОДСКАЗКА:

Если ваш ноготь цепляется за выемку при оценке качества поверхности шейки вала, шейка слишком груба для повторного использования и должна быть отшлифована.

Другой вид теста – потереть поверхность шейки медной монетой. Если на шейке вала остаются следы меди, коленчатый вал следует отшлифовать.



Рисунок 35-26: Все шейки коленчатого вала проверяются на соответствие диаметра, овальность и конусность; источник: *Pearson Education, Inc.*

ИЗМЕРЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

Коленчатые валы должны быть тщательно измерены, чтобы определить следующее:

- Соответствие размера шеек коленчатого вала заводским спецификациям
 - Каждая шейка проверяется на овальность
 - Каждая шейка вала проверяется на конусность
- Смотри рисунок 35-26 и 35-27.

ШЛИФОВКА КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

Шейки коленчатого вала, имеющие глубокие задир, овальность или конусность должны быть подвергнуты шлифованию.

Типичная процедура включает в себя следующие шаги:

ШАГ 1

Коленчатый вал необходимо подвергнуть правке перед его шлифованием.

ШАГ 2

Коленчатый вал закрепляется концами в одинаковой позиции во вращающихся головках станка для шлифования коленчатых валов.

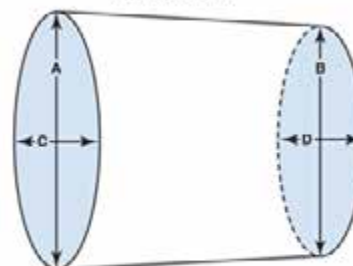
ШАГ 3

Все шейки коленчатого вала шлифуются при вращении коленчатого вала вокруг его базовой линии вращения.

ШАГ 4

Затем концы коленчатого вала переустанавливаются в позицию во вращающихся головках станка так,

ПРОВЕРКА ОВАЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДИТСЯ ИЗМЕРЕНИЕМ ДИАМЕТРА НА КАЖДОМ КОНЦЕ ШЕЙКИ



A в сравнении с B = вертикальная коничность
 C в сравнении с D = горизонтальная коничность
 A в сравнении с C = овальность шейки
 B в сравнении с D = овальность шейки

Рисунок 35-27: Схематическое изображение проверки шейки на конусность и овальность; источник: *Pearson Education, Inc.*

чтобы коренные шейки коленчатого вала вращались вокруг осевой линии шатунной шейки. При шлифовке шатунной шейки весь коленчатый вал вращается вокруг осевой линии шлифуемой шатунной шейки. В этой позиции коленчатого вала обрабатывается только одна поверхность той шатунной шейки, вокруг которой вращается коленчатый вал.

ШАГ 5

Коленчатый вал должен сменить позиционирование для шлифования следующей шатунной шейки, поскольку в новой позиции он должен вращаться вокруг следующей обрабатываемой шейки.

Некоторые шлифовальные станки, предназначенные для обработки коленчатых валов, вал всегда вращается только в одной позиции – вокруг оси вращения коленчатого вала. Движение шлифовальной головки программируется так, что она при вращении коленчатого вала перемещается в направлении к оси вращения или прочь от оси вращения коленчатого вала. Синхронизация вращения коленчатого вала с программируемыми поперечными перемещениями шлифовальной головки позволяет обрабатывать любую шатунную шейку, не меняя позиции коленчатого вала.

Шейки коленчатых валов обычно шлифуются со следующим отклонением от номинального размера:



Рисунок 35-28: Закругления в зоне перехода от шейки к щеке коленчатого вала формируется за счет соответствующей обработки краёв шлифовального камня; источник: *Pearson Education, Inc.*

- 0,25 мм (0.010 дюйма).
- 0,50 мм (0.020 дюйма).
- 0,75 мм (0.030 дюйма).

Готовая шейка должна быть отшлифована в размер с необходимой шероховатостью поверхности. Галтели в местах перехода шейки в щеку коленчатого вала должны быть отшлифованы в радиус, соответствующий оригиналу.

Смотри рисунок 35-28.

ПОЛИРОВКА КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

Поверхности шеек коленчатого вала должны быть отшлифованы и отполированы до шероховатости поверхности R_a от 0,32 до 0,16 микрон (микрометров). Шейки высоконагруженных коленчатых валов, таких как коленчатые валы дизельных двигателей должны иметь среднеарифметическую шероховатость поверхности R_a не больше 0,25 микрон. Шероховатость поверхности может быть измерена приборами, о которых рассказано в предыдущей главе.

Однако к поверхности шеек коленчатого вала предъявляются более взыскательные требования, чем простое вычисление среднего арифметического значения глубины выступов и впадин на поверхности. Чтобы предотвратить стремительный, преждевременный износ подшипников коленчатого вала, а также с целью помощи в образовании масляной пленки, поверхности шеек коленчатого вала должны шлифоваться при вращении коленчатого вала в направлении, противоположном направлению вращения двигателя, а полироваться при вращении коленчатого вала в его обычном рабочем направлении вращения.

Эти рекомендации могут вызвать путаницу при их реальном исполнении. Потому предлагаем рассмотреть несколько поясняющих иллюстраций.

Снятие слоя металла приводит к появлению заусенцев. Это касается практически любого способа снятия металла. Однако различные способы снятия слоёв металла формируют различные типы заусенцев. Шлифование и полирование формируют заусенцы, которые настолько малы, что их невозможно ни увидеть, ни почувствовать, но они существуют, и это может привести к повреждению подшипников, если поверхности коленчатого вала не будут обработаны должным образом.

Чтобы не путаться в терминологии, принято считать, что задиры, или заусенцы, образуются на шейках при работе двигателя, а то, что возникает в результате шлифовки и полировки принято называть «микроско-



Рисунок 35-29: Схематическое отображение образования микроскопического ворса, образовавшегося на поверхности шейки при шлифовании или полировании; источник: *TB2052 DANA*

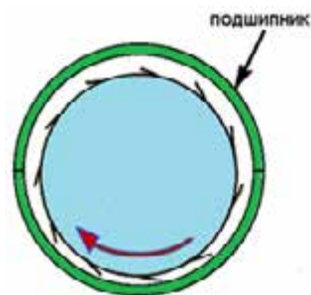


Рисунок 35-30: Вращение в подшипнике шейки коленчатого вала в направлении, противоположном направлению лежащего ворса, образовавшегося при полировке; источник: *TB2052 DANA*

пическим ворсом». Это лучше описывает то, что остается после процессов шлифования и полирования.

Микроскопический ворс может вести себя так же, как собачья шерсть, которую можно гладить в направлении «по шерсти» или в направлении «против шерсти». Рисунок 35-27 иллюстрирует рельеф этого микроскопического ворса на шейке коленчатого вала в направлении, в котором шлифовальный круг или полировальная лента проходит над поверхностью шейки. И это будет определять «направление укладки» микроскопического ворса.

Для того чтобы удалить эти микроворсинки с поверхности, каждая следующая операция должна проходить по поверхности шейки в противоположном направлении так, что ворс будет вставать дыбом, и удаляться абразивным материалом полирующей ленты.

Полировка и шлифование в одном направлении не позволит эффективно удалить этот микроскопический ворс, потому что он будет прижиматься полировочной лентой к поверхности, а затем подниматься. Отсюда следует, что полировку целесообразно проводить в направлении, противоположном направлению шлифовки.

Для того чтобы понять, как шейки вала должны быть отшлифованы и отполированы, сначала определяют

желаемый конечный результат, а затем, в обратном направлении планируют последовательность процедур механической обработки, детально разрабатываются процедуры, чтобы убедиться, что в итоге можно будет достичь желаемого результата.

На рисунке 35-30 показана шейка вала, вращающаяся в подшипнике, если смотреть на коленчатый вал спереди, при этом коленчатый вал вращении в направлении часовой стрелки.

Желаемое состояние – это шейка коленчатого вала с некоторым количеством микроскопического ворса, оставленного после полировочной операции, но лежащего в направлении касательной силы, препятствующей вращению.

Вращение вала в этом направлении аналогично поглаживанию собаки от головы к хвосту, то есть «по шерсти». Если вращать вал в обратном направлении, то микроскопические ворсинки будут задирает поверхность подшипника, как если бы Вы гладили собаку от хвоста к голове.

Для создания поверхности, у которой микро-ворсинки будет лежать в направлении, как это показано на рисунке 35-30, надо обеспечить полировочной ленте направление, которое показано на рисунке 35-31.

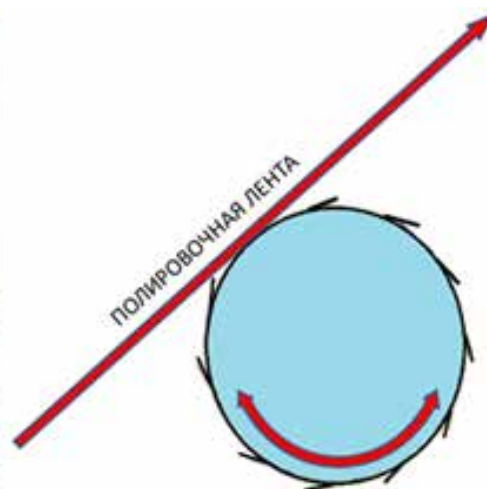


Рисунок 35-31: Направление полировочной ленты в точке соприкосновения с шейкой коленчатого вала должно обеспечивать разглаживание поверхности так, чтобы микро-ворсинки легли в направлении, противоположном нормальному вращению коленчатого вала; источник: *TB2052 DANA*

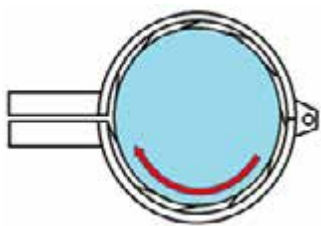


Рисунок 35-32: Направление вращения шейки вала при полировке охватывающими щипцами должно помогать формировать микроворсинки применяемым абразивным материалом; источник: TB2052 DANA

Направление вращения коленчатого вала при полировке лентой не критично, поскольку скорость движения ленты значительно превышает касательную скорость на поверхности шейки коленчатого вала. Если же при полировке шеек применяется клещевой зажим, то необходимо правильно определить направление вращения коленчатого вала. Смотри рисунок 35-32.

Толщина снимаемого слоя металла при полировке не должна превышать 0,005 мм (0,0002 дюйма) на диаметр шейки. Определив, в каком направлении должны лежать микроворсинки при полировке поверхности, следующим шагом надо определить правильное направление вращения шлифовального камня для получения на поверхности шейки микронеровностей, лежащих в противоположном направлении тому, которое надо получить в результате полировки. Рисунок 35-33 демонстрирует направление вращения шейки коленчатого вала и направление вращения шлифовального камня, если смотреть на коленчатый вал со стороны хвостовика (передней части).



Рисунок 35-33: Направление вращения шлифовального камня и коленчатого вала должны придать микроворсинкам направления, которое противоположно необходимому направлению ворса после полировки; источник: TB2052 DANA

Эта ориентация достижима, если в левую бабку шлифовального станка зажимается фланец маховика коленчатого вала. Достижение наилучшей шероховатости поверхности в процессе шлифования снизит необходимость съема металла до минимума во время полировки.

Поверхностные ворсинки, генерируемые во время шлифования, способны к абразивному истиранию рабочей поверхности подшипника, если поверхность шеек не отполировать. Путем полировки поверхности шатунной шейки в направлении, указанном на рисунках 3 или 4, микроскопические ворсинки, образовавшиеся при шлифовании, будут подниматься полировочной лентой, и удаляться с поверхности шейки. Это предотвратит наступление быстрого износа опорной поверхности подшипников коленчатого вала.

Валы, изготовленные из чугуна с шаровидным графитом, особенно трудно поддаются шлифовке и полировке, что связано со структурой металла. Шаровидный чугун получил своё название из-за формы графита в структуре материала. Шлифование открывает шарообразные узелки графита на поверхности шеек коленчатого вала, и рваные края этих узелков довольно быстро изнашивают опорную поверхность подшипника. Полировка в правильном направлении способна удалить острые края открытых графитовых узелков.



РЕМАРКА:

Все вышесказанное применимо для коленчатых валов, которые при взгляде на двигатель со стороны, противоположной маховику, вращающихся по направлению вращения часовой стрелки.

Для коленчатых валов, вращающихся против часовой стрелки, все приведенные рекомендации по определению направления вращения шлифовального камня и коленчатого вала следует соблюдать с точностью – до наоборот. Умозрительно все вышеизложенное можно применить к коленчатым валам, осуществляющим вращение против часовой стрелки, если передней частью коленчатого вала считать сторону фланца маховика.

НАПЛАВКА ШЕЕК КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

В ряде случаев, когда в коленчатом вале отсутствуют трещины, но износ шеек коленчатого настолько велик, что дальнейшее шлифование в ремонтный размер невозможно, коленчатый вал спасают путем наплавки металла на шейки вала с последующим шлифованием шеек в их оригинальный размер.

Смотри рисунок 35-34.



Рисунок 35-34: Чрезмерно изношенный коленчатый вал может быть восстановлен путем наплавки шеек с последующим их шлифованием в оригинальный размер; источник: *Pearson Education, Inc.*

Обычно это делается с помощью электродуговой сварки или путем напыления металла.

СНЯТИЕ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ В КОЛЕНЧАТОМ ВАЛУ

Наибольшее опасная с точки зрения излома область коленчатого вала – это щеки коленчатого вала, принимающие на себя максимальные изгибающие и знакопеременные сжимающие и растягивающие усилия. Снятие накопившихся внутренних напряжений в коленчатом валу производят путем дробеструйной обработки щек коленчатого вала в области, прилегающей к шейкам стальной дробью размером 1,4 мм (S330 по SAE J444). Этим способом укрепляют щеки коленчатого вала для снятия внутренних напряжений и предупреждения развития трещин или поломки в этой области.

Серая клеящая лента повсеместно используется для защиты шеек коленчатого вала, чтобы предотвратить их повреждения дробью.

Снятие внутренних напряжений (стресса), как правило, производится после завершения шлифования и полирования шеек коленчатого вала.

ХРАНЕНИЕ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

Все коленчатые валы должна быть покрыты маслом для предотвращения коррозии, и храниться в вертикальном положении до тех пор, пока ни подойдет время сборки двигателя. Коленчатые валы должны быть размещены в вертикальном положении, чтобы предотвратить их деформацию под воздействием силы тяжести.

Смотри рисунок 35-35.



Рисунок 35-35: Коленчатые валы должны храниться в вертикальном положении в той области ремонтной зоны, которая предотвратит риск случайного их повреждения; источник: *Pearson Education, Inc.*

На снимке показано рациональное решение организации места для хранения коленчатых валов, которое обеспечивает не только их вертикальное положение, но и предотвращает случайное повреждение рабочих поверхностей шеек и иных тщательно обработанных поверхностей коленчатого вала.

ПОДШИПНИКИ ДВИГАТЕЛЯ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Подшипниковые узлы являются основными опорами для главных движущихся частей двигателя. К подшипникам двигателя предъявляются особые требования по следующим причинам:

1. Зазор между подшипниками и шейками коленчатого вала является основным фактором, обеспечивающим необходимый уровень давления масла во всем двигателе. Конструкция большинства двигателей призвана обеспечить максимальную защиту, и первоочередное обеспечение смазкой подшипников двигателя.
2. Долговечность двигателя основывается на длительности жизни подшипников. Выход из строя любого подшипника обычно приводит к немедленному отказу двигателя.
3. Подшипники двигателя предназначены для восприятия рабочих нагрузок двигателя и, в условиях предписанного режима смазки, обеспечивают минимальное трение.

Смазка может быть обеспечена только при работе двигателя. Подшипники должны оставаться в рабочем состоянии в течение длительных периодов времени, даже при наличии небольших инородных частиц в смазке.

ТИПЫ ПОДШИПНИКОВ

Большинство подшипников двигателя относятся к одному из двух типов.

- Подшипник скольжения = *Plain bearing*
 - Втулочный подшипник = *Sleeve bearing*
- Смотри рисунок 35-36.



Рисунок 35-36: Две половинки подшипника скольжения (в просторечье – вкладыши) складываются в упор разделительными поверхностями; источник: *Pearson Education, Inc.*

Большая часть разъемных подшипников, или вкладышей подшипников, не имеют одинаковую толщину. Самая толстая часть вкладыша находится в его середине, которая называется верхушкой (венцом) подшипника. От середины подшипника к его краям

толщина вкладыша подшипника постепенно сужается, и самая тонкая часть вкладыша расположена возле разделительной поверхности.

Смотри рисунок 35-37.

Конические стенки вкладышей обеспечивают наименьший зазор возле осевой линии, там, где нагрузка на подшипник максимальная, и в направлении линии разреза зазор между подшипником и шейкой вала постепенно уменьшается, обеспечивая необходимый объем масла, которое подхватывается вращающейся шейкой, и образует масляный клин. Постоянный поток масла обеспечивается системой смазки двигателя, которая функционирует, когда двигатель работает. Подшипник и шейка коленчатого вала изнашиваются только тогда, когда эти элементы входят в контакт друг с другом, или в подаваемом в подшипники масле присутствуют инородные твердые частицы.

Масло поступает в подшипники через масляное отверстие во вкладыше, и растекается по продольной канавке, которая в ряде случаев выполняется на поверхности вкладыша. Поступающее в подшипник масло растягивается в клиновидную масляную пленку, которая поддерживает шейку вала в подвешенном относительно поверхности подшипника состоянии. Эта клиновидная масляная пленка воспринимает нагрузки, действующие на коленчатый вал со стороны поршня с шатуном.

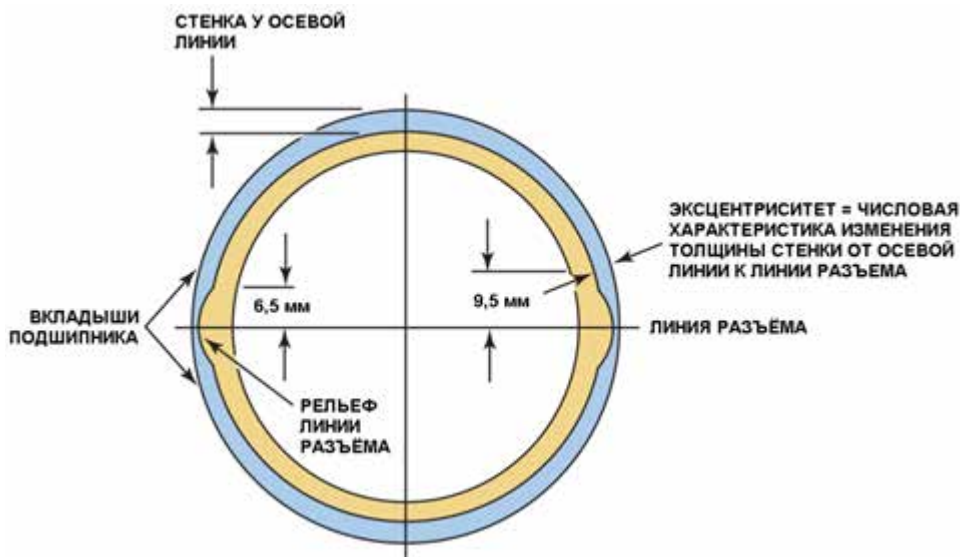


Рисунок 35-37: Толщина несущей стенки не одинакова от центра к линии разреза. Это называется эксцентricностью, и используется, чтобы помочь создать масляный клин между шейкой и подшипником; источник: *Pearson Education, Inc.*

ПОДШИПНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

При изготовлении подшипников скольжения для автомобильных двигателей поверхность, обращенная к движущейся детали, может быть покрыта одним из трех материалов:

- Баббит = *Babbitt*
- Свинцово-медный сплав = *Copper-lead alloy*
- Алюминий = *Aluminum*

Слой антифрикционного материала, наносимого на подшипник, имеет толщину от 0,25 до 0,5 мм (0,01...0,02 дюйма). Этот антифрикционный слой наносится на поверхность заготовки из низкоуглеродистой стали. Подшипник двигателя, часто называемый вкладышем, имеет оболочку, которая представляет собой стальную подложку с нанесенным на неё покрытием из антифрикционного материала. Сталь обеспечивает распределение нагрузки по всей поверхности подшипника. Антифрикционный материал придаёт подшипнику необходимые эксплуатационные свойства.

Баббит.

Баббит является старейшим антифрикционным материалом, применяемым в автомобильных подшипниках. Исаак Баббит (1799...1862) впервые получил этот материал в 1839 году. Превосходный подшипниковый материал первоначально был сделан путем смешивания расплавленного свинца, олова и сурьмы. Свинец и олово сплавляют с небольшим количеством меди и сурьмы для придания сплаву необходимой прочности. Баббит до сих пор используется в конструкциях, в которых требуется материал, контактирующий для мягких валов, работающих при средних нагрузках и невысоких скоростях. Немаловажным преимуществом баббита является то, что он хорошо работает в условиях пограничной смазки и в условиях масляного голодания.

Триметалл.

Медно-свинцовый сплав более прочный, но и более дорогой материал, чем баббит. Этот сплав используется в подшипниках средне- и высокоскоростных автомобильных двигателях. Олово в небольших количествах часто используют для легирования медно-свинцовых подшипниковых сплавов. Этот материал подшипника довольно легко подвергается коррозионному разрушению накопленной в моторном масле кислотой. В результате коррозионного разрушения подшипник, разъеденный кислотой, быстро изнашивается.

Многие медно-свинцовые подшипники имеют защитное покрытие третьим металлическим слоем. Покрывной слой, как правило – баббитовый. Облицованные баббитом подшипники обладают высокой усталостной прочностью, способностью принимать и укрывать внутри слоя твердые частицы, и хорошей коррозионной стойкостью.

Облицованные баббитом подшипники являются подшипниками наивысшего качества. В то же время, эти подшипники – самые дорогие, поскольку облицовочный слой, толщиной 0,0125...0,025 мм (0,0005...0,001 дюйма) наносится гальваническим способом.

Слои различных подшипниковых материалов, нанесенных на стальную основную ленту, показаны на рисунке 35-38.

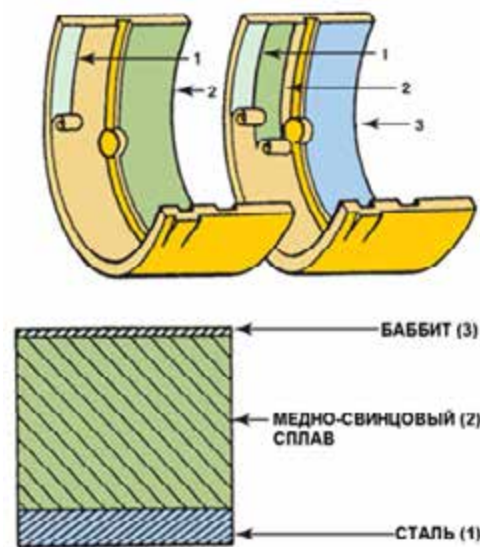


Рисунок 35-38: Типичные двух- и трехслойные подшипники двигателя, изображены для лучшего восприятия несущих и покрывных слоев, и рисунок, показывающий относительную толщину различных материалов; источник: *Pearson Education, Inc.*

Алюминий.

Алюминий – самым поздним из трех, представленных выше материалов, который был использован в качестве антифрикционного покрытия автомобильных подшипников. Для изготовления автомобильного подшипника в алюминий добавляется небольшое количество олова и кремния. Этот подшипник обладает наибольшей прочностью, но и самый дорогой в сравнении с баббитовыми и медно-свинцовыми подшипниками.

Эксплуатационные качества алюминиевых подшипников выше, чем у баббитовых или медно-свинцовых подшипников. Алюминиевые подшипники хорошо подходят для скоростных, высоконагруженных ав-

томобильных двигателей, и не содержат свинца, что является благом для окружающей среды, и безопасности персонала, как на заводе-изготовителе, так и техников, которые могут быть плохо защищены от воздействия свинца при обслуживании автомобиля (в частности смены масла) и в процессе проведения восстановительного ремонта.

ВИДЫ ПОДШИПНИКОВ

Современные автомобильные двигатели комплектуются высокоточными корпусными вкладышами подшипников, которые в иностранной технической литературе часто называют «*Half-shell Bearings*» = оболочковыми подшипниками.

Подшипник изготавливают с высокой точностью, и по размерам, утвержденным международными стандартами, так, чтобы подшипник мог корректно работать, будучи установленным в любой постели двигателя, и в условиях контакта со стандартными смазочными материалами. Из этого следует, что подшипник должен быть сделан с высокой точностью из правильных материалов при строгом контроле качества изготовления.

На рисунке 35-39 приведены основные типы подшипников, которые можно встретить в автомобильном двигателе.

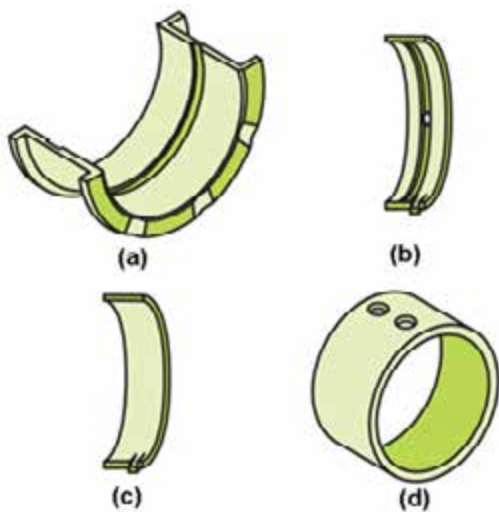


Рисунок 32-39: Типичные подшипники, применяемые в современных автомобильных двигателях: (a) полу-корпусной упорный подшипник; (b) верхний вкладыш коренного подшипника; (c) нижний вкладыш коренного подшипника, или вкладыш шатунного подшипника; (d) полнотельный вкладыш подшипника распределительного вала; источник: *Pearson Education, Inc.*

РАЗМЕРНОСТЬ ПОДШИПНИКОВ

В торговую сеть поступают подшипники стандартного размера (*std.*), и подшипники ремонтных размеров следующих размеров: 0,25 мм (0,010 дюйма); 0,50 мм (0,020 дюйма); 0,75 мм (0,030 дюйма).

Смотри рисунок 35-40.

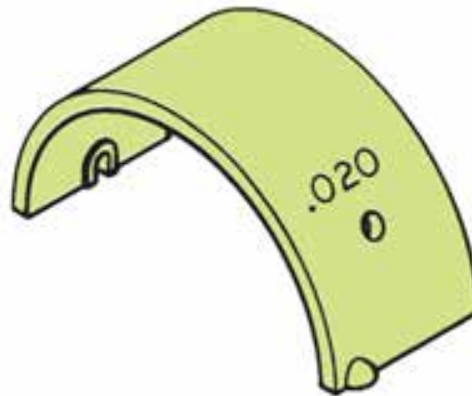


Рисунок 35-40: Ремонтные подшипники часто имеют маркировку на внешней стороне. В частности, этот подшипник предназначен для работы с шейкой коленчатого вала, размер которой в ходе ремонта был уменьшен на 0,020 дюйма (0,50 мм); источник: *Pearson Education, Inc.*

Подшипник ремонтного размера толще стандартного подшипника, поскольку ремонтный подшипник устанавливается в постель стандартного размера, но он будет работать в контакте с шейкой вала уменьшенного диаметра. Производитель может выпускать подшипники так называемого межремонтного размера, в частности с увеличением толщины подшипника на 0,0125 мм 0,0005 дюйма или на 0,0250 мм (0,0010 дюйма), которые применяются для коррекции производственных допусков, при серийном изготовлении коленчатых валов.

Перед покупкой подшипников обязательно произведите тщательные измерения с помощью микрометра. Ремонтные размеры также могут иметь увеличенную на 0,025 мм (0,001 дюйма), 0,050 мм (0,002 дюйма) и 0,075 мм (0,003 дюйма) толщину. Эти подшипники позволяют технику уменьшить зазор между подшипником и бывшей в употреблении шейкой вала без дорогостоящей шлифовки и полировки коленчатого вала.

ПЕМАРКА:

Установка подшипников межремонтных размеров возможна только при высоком качестве поверхности

шек коленчатого вала. Иногда в ремонтной мастерской прибегают к дополнительной полировке шеек коленчатого вала в размер, соответствующий межремонтному размеру подшипника.

НАГРУЗКИ НА ПОДШИПНИК

Силы, действующие на подшипник, меняются в зависимости от скорости и нагрузки, воспринимаемой двигателем.

- На такте впуска сила инерции, действующая на поршень, суммируется с силой, возникающей в результате создаваемого разрежения при втягивании в цилиндр топливоздушнoй смеси. При этом, сила инерции при движении поршня в цилиндре, меняет не только свою величину, но и направление действия.
- В ходе сжатия смеси сила инерции вначале хода поршня суммируется с силой от сжатия газов, а затем сила инерции содействует сжатию смеси.
- В процессе рабочего хода сила давления горящих газов, действующая на поршень и шатун, многократно превосходит силу инерции возвратно-поступательно движущихся деталей, поэтому сила инерции не может оказать существенного влияния на величину нагрузки, действующей на подшипник и шейку коленчатого вала.
- На такте выпуск на поршень действует незначительная сила, формируемая избыточным давлением в цилиндре при принудительном удалении отработавших газов, но силы инерции, действующие на поршень, шатун и шейку коленчатого вала, остаются большими.

Исходя из вышесказанного, наибольшее усилие испытывает верхняя часть подшипника в начале такта впуска, когда на поршень действуют однонаправленная сумма сил сопротивления впуску свежего заряда и сила инерции возвратно-поступательно движущихся деталей (поршень, поршневые кольца и поршневой палец и часть массы шатуна, которую условно можно отнести к деталям, совершающим возвратно-поступательные движения). Эти силы стремятся растянуть шатун в направлении, противоположном движению шатуна.

1. При увеличении частоты вращения коленчатого вала двигателя, нагрузки, действующие на шатунный подшипник, снижаются, поскольку уравновешивающие массы активнее противодействуют силам инерции, действующим на детали, совершающие возвратно-поступательное движение.
2. В то же время увеличение частоты вращения колен-

чатого вала вызывает увеличение нагрузки на коренные подшипники.



Это объясняет, почему 4-болтовые крышки коренных подшипников необходимо устанавливать только на высокоскоростные двигатели.

3. Поскольку нагрузки на подшипники меняются по величине и направлению, и оказывают примерно одинаковое влияние, как на шатунные, так и на коренные подшипники, рекомендуется менять все подшипники коленчатого вала одновременно.

УСТАЛОСТЬ ПОДШИПНИКОВ

Подшипники во время работы испытывают сжимающие и изгибающие нагрузки, которые меняются как по величине, так и по направлению приложения нагрузки. Это в большей мере относится к подшипникам, которые подвергаются действию сил, от возникающих возвратно-поступательно действующих деталей. Металлы подшипников, подобно всем другим металлам, имеют тенденцию к накоплению усталости и появлению микроскопических нарушений в кристаллической структуре в результате неоднократного, даже очень малого по величине, сгибания и разгибания металлической детали. Сгибание накапливает усталость, которая проявляется в виде тонких трещин, возникающих на несущей поверхности, поскольку антифрикционный материал под действием температур и нагрузок становится твердым и хрупким. Глубина этих трещин прогрессирует, постепенно приближаясь к зоне разделения основного металла и антифрикционного покрытия. Эти трещины распространяются в металле не прямолинейно, и их пересечение вызывает откалывание частичек металла с поверхности подшипника.

Период времени, при котором усталостные явления в подшипниках не вызывают разрушений, называется усталостной долговечностью подшипника.

Смотри рисунок 35-41.

ПРИРАБОТКА ПОДШИПНИКА

Приработкой называют способность подшипникового материала к ползучести или незначительному смещению под действием нагрузки, позволяет принять форму, согласованную с соприкасающимся валом. Подшипник согласует свою форму с поверхностью вала в период приработки.

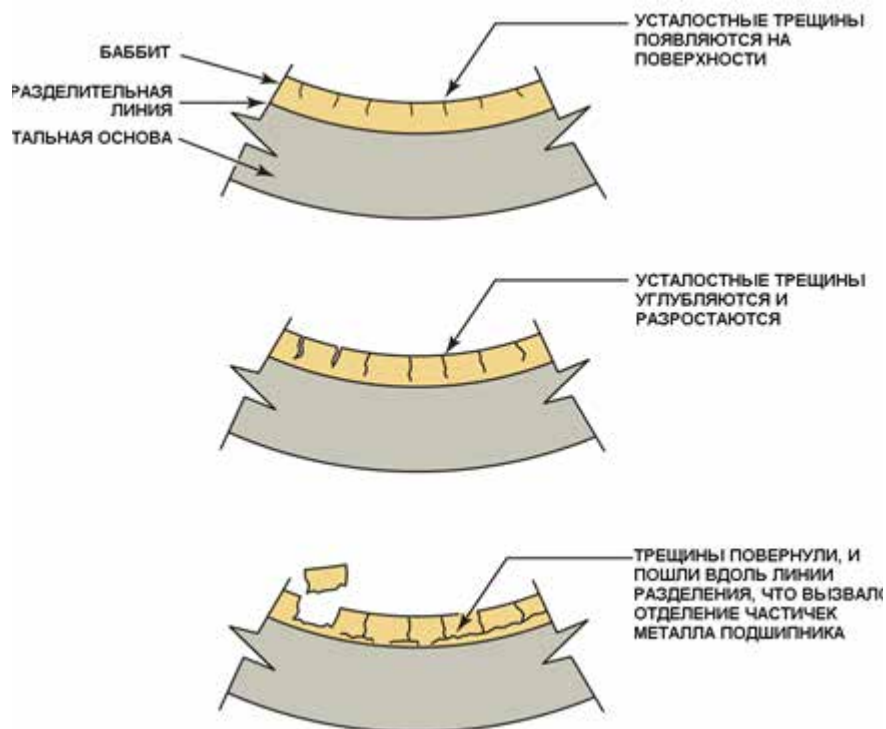


Рисунок 35-41: Затвердевший материал подшипника становится хрупким, и появляются трещины, постепенно разрушающие материал подшипника; источник: *Pearson Education, Inc.*

В современных автомобильных двигателях, нет необходимости для согласования подшипника или его приработки, поскольку технология автоматической обработки шеек коленчатых валов и подшипников позволяет выполнять детали со столь незначительными допусками, что сопрягаемые детали очень близки к расчетным размерам.

СПОСОБНОСТЬ ПОДШИПНИКА К ПОГЛОЩЕНИЮ

Производители двигателей сконструировали свои двигатели так, чтобы количество отложений в картере коленчатого вала двигателя было минимальным. Это достигнуто путем включения в систему смазки масляных фильтров, применением воздушных фильтров, и закрытых систем вентиляции картера, которые сводят к минимуму поступления загрязнений извне, и захват и удержание продуктов износа в масляных фильтрах. Тем не менее, некоторые инородные частицы попадают в подшипники.

Подшипники должны обладать способностью к поглощению этих частиц материалом опорной поверхности, но так, чтобы они не оставляли борозд на вале. Чтобы полностью поглотить частицу, материал подшипника должен обладать способностью, ни просто принять её путем врезания в податливый материал подшипника, но и утапливать её во внутренних слоях,

полностью покрывая частицу. Свойство подшипника принимать и удерживать твердые частицы внутри подшипникового материала, в иностранной технической литературе называют термином «*Embeddability*» = Поглощением твердых частиц
Смотри рисунок 35-42.



Рисунок 35-42: Схематическое представление о том, как посторонние материалы в виде твердых загрязнений внедряются в структуру подшипникового материала; источник: *Pearson Education, Inc.*

СТОЙКОСТЬ ПОДШИПНИКА К ПОЯВЛЕНИЮ ЗАДИРОВ И КИСЛОТНОЙ КОРРОЗИИ

При определенных режимах эксплуатации подшипник может испытывать значительные перегрузки. Перегрузки способны разрушить масляную пленку и ввести в непосредственное соприкосновение шейку вала с подшипниковым материалом (его покрытием). При вращении коленчатого вала прямой контакт шейки вала с подшипником происходит в локальной зоне, которая называется пятном контакта. Высокая нагрузка в сочетании с высокой относительной скоростью

трущихся поверхностей вызывает локальный нагрев материала до высоких температур. Нагрев материала способствует образованию поверхностных зон, в которых подшипниковый материал отделяется от подшипника, привариваясь к материалу шейки вала. Приварившийся материал отламывается с поверхности подшипника и тянется шейкой вдоль поверхности подшипника, нанося на опорную поверхность глубокие царапины (задиры).

Способность подшипникового материала противостоять наволакиванию металла называется задиристостью, или стойкостью к образованию задиров. Стойкость к появлению задиров подшипниковых материалов предотвращает перенос материала с подшипника на вал при разрушении масляной пленки.

Побочные продукты сгорания топлива образуют в масле кислоты. Способность подшипникового материала противостоять атаке из этих кислот называется коррозионной стойкостью. Химическая коррозия может происходить по всей поверхности подшипника. Это приводит к удалению материала с контактной поверхности, и увеличения масляного зазора. Кислоты способны вымывать или разъедать отдельные материалы в подшипниковом сплаве, растворяя эти материалы в кислой среде. Химическая коррозия значительно сокращает жизнь подшипникам.

ПОДШИПНИКОВЫЙ ЗАЗОР

ВАЖНОСТЬ СОБЛЮДЕНИЯ ПРЕДПИСАННЫХ ЗАЗОРОВ

Зазор между подшипником и валом должен лежать в диапазоне от 0,025 до 0,060 мм (от 0,0005 до 0,0025 дюйма). Удвоение зазора между валом и подшипником приводит к 4-кратному увеличению масляного потока, проходящего от середины к краям подшипника.

Масляный зазор должен быть достаточно большим, чтобы позволить образовываться масляной пленке, но достаточно маленький, чтобы предотвратить повышенные утечки масла через подшипники, что вызовет потерю давления масла в системе смазки двигателя. Повышенные утечки масла хотя бы в одном из подшипников вызывает работу остальных подшипников в условиях масляного голодания. Это приводит к быстрому разрушению подшипников, установленных в линии подачи смазки дальше от масляного насоса.

ПРОВЕРКА ПОДШИПНИКОВОГО ЗАЗОРА

Масляный зазор в подшипнике может быть измерен одним из приведенных ниже способов.

1. С помощью пластичной нити (*Plastigage*[®]), которую укладывают между шейкой вала и подшипником. При затяжке соответствующих резьбовых элементов с предписанным моментом, пластичная нить расплющивается, и по ширине деформированной нити определяется зазор между подшипником и валом.
2. Измерением диаметра шейки коленчатого вала и внутреннего диаметра подшипника, установленного на его штатное место. Разница между двумя полученными результатами измерений позволит вычислить зазор в подшипнике.

НАТЯГ ПОДШИПНИКА И ЕГО ВДАВЛИВАНИЕ В ПОСТЕЛЬ

Конструкция подшипникового узла предусматривает наличие натяга подшипника и его вдавливание в посадочное седло (постель подшипника).

Смотри рисунок 35-43.

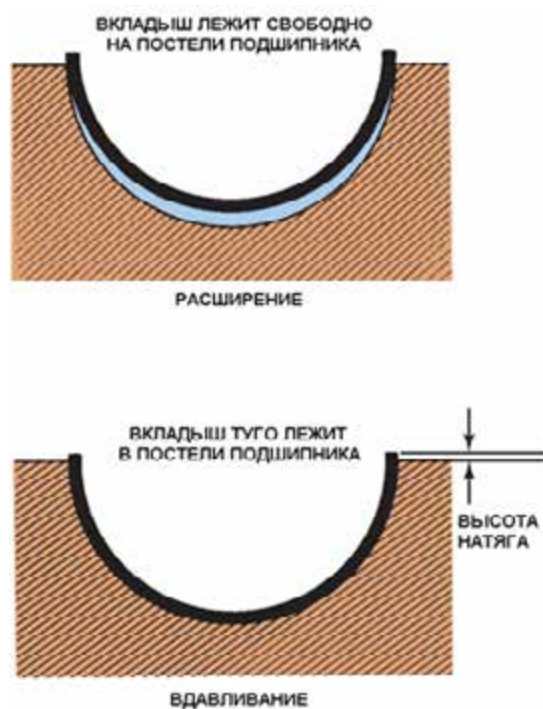


Рисунок 35-43: Натяг подшипника и вдавливание подшипника в седло; источник: *Pearson Education, Inc.*

Натяг подшипника.

Длина дуги вкладыша подшипника имеет большую длину, чем дуга постели подшипника. Эта разница, называемая натягом подшипника, предусматривает большую длину внешней поверхности подшипника

на величину от 0,125 до 0,5 мм (от 0,005 до 0,02 дюйма), чем длина опорной поверхности седла (постели) подшипника. Натяг удерживает вкладыш в постели подшипника, пока идет сборка двигателя.

Вдавливание подшипника.

Когда вкладыш подшипника установлен в постель, его края чуть выступают над поверхностью разъема. При затягивании крышек подшипника, концы двух вкладышей подшипника упираются друг в друга, и вынуждают вкладыши прочно сесть на свои места, образуя так называемую глухую посадку подшипника. Глухая посадка обеспечивает плотное прилегание подшипника к поверхностям седла подшипника, обеспечивает хорошую теплопередачу и повышает жесткость корпуса подшипникового узла.

Сила, необходимая для посадки подшипника в седло, называется силой вдавливания подшипника. Сила вдавливания удерживает подшипник на месте и не позволяет ему вращаться в постели подшипника при вращении коленчатого вала двигателя. Сила вдавливания подшипника на его место в седле составляет 82740 кПа (давление на край подшипника должно составлять 827,4 кг/см² для его посадки на место), и эта сила обеспечивает надежное удержание подшипника на месте.

Максимальная величина давления, которое может быть приложено к торцевым поверхностям подшипника, может составлять величину 2758 кг/см² (275,790 кПа). Превышение этого давления вызовет разрушение подшипника или корпуса седла подшипника.

Смотри рисунок 35-44.

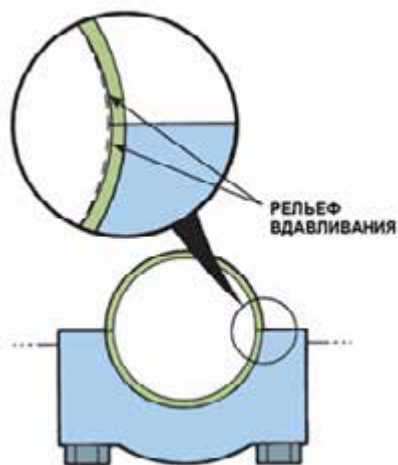


Рисунок 35-44: Вкладыш подшипника сделан тоньше на линии разъема, что облегчает приобретение необходимого рельефа подшипников после его вдавливания в седло; источник: *Pearson Education, Inc.*

Вкладыши подшипников, которые не имеют достаточной высоты натяга, могут вращаться в гнезде подшипника вместе с валом. Результат называется проворачиванием вкладышей подшипника. Смотри рисунок 35-45.



Рисунок 35-45: Проворачивание вкладыша. Нижний вкладыш подшипника затянуло под верхний вкладыш, при этом седло подшипника было серьезно повреждено; источник: *Pearson Education, Inc.*

Язычок вкладыша подшипника

Язычок или усик помогает удерживать вкладыш подшипника в корпусе. Когда зазор в подшипнике в результате износа увеличился, и натяг подшипника в результате износа был нарушен, вкладыши подшипника могут провернуться в седле подшипника, разрушая гнездо подшипника.

Язычок позволяет предотвратить серьезные разрушения и возникновения больших проблем с восстановительным ремонтом двигателя.

Смотри рисунок 35-46.



Рисунок 35-46: Отогнутый язычок вкладыша следует поместить в фиксирующий паз, выполненный в седле подшипника; источник: *Pearson Education, Inc.*

Большинство современных двигателей не используют фиксирующих язычков на подшипниках. Каждый раз перед началом работ внимательно изучите сервисную информацию, касающуюся применяемых подшипников и процедур обслуживания подшипниковых узлов

двигателя. Устанавливаемые вкладыши подшипников должен иметь качество не хуже, или лучше, чем у оригинальных подшипников. Комплект сменных вкладышей должен иметь одинаковое расположение смазочных отверстий и канавок.

Модифицированные двигатели более требовательны к качеству изготовления подшипников, чтобы обеспечить удовлетворительное обслуживание двигателя.



ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ

Чтобы оценить затраты на ремонт, подсчитайте количество болтов крепления масляного поддона!

Замена подшипников коленчатого вала может быть относительно простым делом, но может включать в себя подсчет количества болтов крепления масляного поддона. Например, «Бьюик», оснащенный V-6 двигателем используют разные подшипники коленчатого вала в зависимости от количества болтов, используемых для крепления масляного поддона к блоку. **Четырнадцать болтов крепления масляного поддона.**

Передний подшипник коленчатого вала имеет специальное исполнение, остальные подшипники имеют обычную конструкцию.

Двенадцать болтов крепления масляного поддона.

Подшипники 1 и 4 используют по два отверстия подачи масла. Подшипники 2 и 3 с помощью одиночного отверстия подачи масла.



ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ:

Некоторые подшипники могут иметь масляное отверстие только в верхней части вкладыша. Если их установить неправильно, масло не сможет поступать к коренному подшипнику, что приведет к мгновенной поломки двигателя.

Чтобы помочь в подаче масла ко всей поверхности подшипника, на вкладыше часто используется масляная канавка.

Смотри рисунок 35-47.



Рисунок 35-47: Многие подшипники изготавливаются с пазом посередине, чтобы улучшить условия подачи масла вокруг шейки коренного подшипника; источник: *Pearson Education, Inc.*

ПОДШИПНИКИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА

ТИПЫ ПОДШИПНИКОВ РАСПРЕДВАЛА

Распределительный вал *OHV*-двигателя вращается в подшипниках скольжения, которые запрессованы в отверстия, выполненные в блоке цилиндров. У двигателей с верхним расположением распределительного вала могут применяться один из двух типов подшипников, в зависимости от конструктивного исполнения головки цилиндров.

- Полно-окружные подшипники = *Full round bearings*
- Полу-корпусные подшипники (типа вкладышей) = *Split-type (half-shell) bearings*

Полу-корпусные подшипники имеют непосредственный контакт с алюминиевыми седлами, которые встроены в головку цилиндров так, чтобы оптимально использовать пространство под крышкой клапанного механизма.

Несущая конструкция распределительного вала, интегрированная в головку цилиндров, вынуждает прибегать к замене всей головки цилиндров, если произошло повреждение подшипниковых опор из-за отсутствия смазки.

В *OHV*-двигателях и распределительный вал, и толкатели установлены в блоке цилиндров.

Смотри рисунок 35-48.

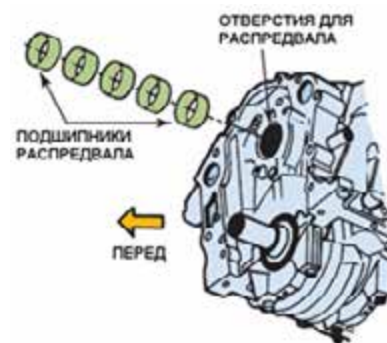


Рисунок 35-48: Двигатель с распределительным валом в блоке цилиндров поддерживает распределительный вал на подшипниках втулочного типа, запрессованных в отверстия блока цилиндров; источник: *Pearson Education, Inc.*

УСТАНОВКА ПОДШИПНИКОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА

Лучшей рекомендацией, которой следует руководствоваться при ремонте блока цилиндров, является замена подшипников распределительного вала с одновременной заменой коренных и шатунных подшипников двигателя. Устанавливаемые подшипники распределительного вала должны подбираться по диаметру отверстий в блоке, в которые будут запрессовываться втулочные подшипники.

Втулки должны иметь отверстия для подачи масла к опорным шейкам распределительного вала, и очень важно правильно ориентировать масляные отверстия по отношению к масляным каналам, высверленным в постелях подшипников.

Смотри рисунок 35-49.



Рисунок 35-49: Подшипники распределительного вала должны быть правильно ориентированы, поскольку угловой распределительный канал, выполненный в теле опорной шейки распределительного вала, должен обеспечивать импульсную подачу порций масла к толкателям, и далее через штанги толкателей к коромыслам головки цилиндров; источник: *Pearson Education, Inc.*

Внутренние диаметры подшипников распределительного вала должны соответствовать диаметрам опорных шеек распределительного вала.

Детальная информация, касающаяся подшипников распределительного вала, состоит в следующем:

- Во многих двигателях каждая опорная шейка распределительного вала имеет отличный от соседних шеек размер, причем, наибольший диаметр имеет передняя опорная шейка, и самый маленький – задняя опорная шейка.
- Перед установкой подшипников следует измерить все опорные шейки распределительного вала, и подобрать по размеру втулочные подшипники, и определить, в какой последовательности подшипники будут запрессовываться в отверстия блока цилиндров.
- Местоположение каждого подшипника распределительного вала лучше заранее пометить фломастером, чтобы предотвратить путаницу при их установке в блок цилиндров. Маркировка фломастером не повлияет на размер подшипника и не

нанесет вреда поверхностям ни подшипникам, ни блока цилиндров.

- Большинство производителей указывает, что втулочные подшипники должны запрессовываться в отверстие «сухими», то есть без применения смазки, во избежание смещения подшипника при установке распределительного вала. Если при установке подшипников их обильно смазать, то вращение распределительного вала может повлечь смещение смазочных отверстий относительно масляных каналов, что заблокирует подачу смазки к толкателям.

Многие алюминиевые цилиндры имеют встроенные подшипники распределительного вала, которые не подлежат замене. Износ интегрированных подшипников, возникший из-за плохого снабжения маслом, потребует замены всей головки цилиндров.

Подшипники распределительного вала, используемые в двигателях с верхним расположением распределительного вала, могут быть либо полно-корпусного типа, либо полу-корпусного типа, в зависимости от конструкции двигателя.

Смотри рисунок 35-50.



Рисунок 35-50: Некоторые двигатели с верхним расположением распределительного вала используют полу-корпусные подшипники, состоящие из двух половинок; источник: *Pearson Education, Inc.*

Всегда точно следуйте инструкциям по установке подшипников распределительного вала, и используйте рекомендуемый производителем инструмент, применение которого позволит избежать многих проблем.



Краткое изложение изученного материала



РЕМАРКА:

Термины и основные формулировки приведены на двух языках: английском и русском. Конечно же, Вы можете проигнорировать формулировки, приведенные на иностранном языке, однако, повседневная работа требует знания языков, и часто Вам придется быть один-на-один с Manual Repair, неважно, в бумажном или электронном виде. Поэтому, рекомендуем Вам постепенно набираться опыта в переводе текста «с листа».

Работодатель крайне заинтересован в этом умении. Его не интересует, умеете ли Вы говорить, и понимать устную речь, сможете ли Вы «выжить» за рубежом, не зная языка. Ему важно только Ваше умение читать по-русски английские/немецкие тексты, и безошибочно находить необходимую информацию, установочные и регулировочные параметры, читать и понимать указания производителя транспортного средства.



Термины, которые необходимо знать!

Aluminum = Алюминий
Amplitude = Амплитуда
Babbitt = Баббит
Bank = Банк (ряд цилиндров)
Bearing crown = Венечная (наиболее тонкая) часть подшипника
Bearing shell = Вкладыш подшипника
Billet = Заготовка
Case hardening = Цементация
Conformability = Приработка (согласование)



Основные формулировки и расшифровки понятий, применяемых в Главе 35

(англоязычная версия изложения материала позволит Вам подготовиться к сертификации, а преподавателям иностранного языка подобрать тематику занятий, приближенную к изучаемому материалу).

Замечание автора: перевод дан с небольшой литературной обработкой

<i>Power from expanding gases in the combustion chamber is delivered to the crankshaft through the piston, piston pin, and connecting rod.</i>	Сила от расширяющихся газов в камере сгорания доставляется на коленчатый вал через поршень, поршневой палец и шатун.
<i>The crank throw is offset from the crankshaft centerline. The distance between the centerline of the connecting rod bearing journal and the centerline of the crankshaft main bearing journal determines the stroke of the engine.</i>	Кривошип смещен относительно осевой линии коленчатого вала. Расстояние между осевой линией опорной шейки шатуна и осевой линией шейки коренного подшипника коленчатого вала определяет ход (поршня) двигателя.

Copper-lead alloy = Медно-свинцовый сплав
Corrosion resistance = Коррозионная стойкость
Counterweights = Противовесы
Crankpins = Шатунные шейки
Crankshaft centerline = Осевая линия коленчатого вала
Crush = Выдавливание
Elastomer = Эластомер
Electroplating = Гальванопокрытие
Embeddability = Способность к поглощению
Fatigue life = Усталостная долговечность
Flying web = Качающаяся щека
Frequency = Частота
Full round bearing = Полно-окружный подшипник
Fully counterweighted = Полное уравнивание
Half-shell bearing = Полу-корпусной подшипник (вкладыш)
Hub = Ступица
Inertia ring = Инерционное кольцо
Nitriding = Азотирование
Overlay = Покрытие
Plain bearing = Подшипник скольжения
Precision insert-type bearing shells = Высокоточный корпусной вкладыш подшипника
Primary vibration = Первичная вибрация
Resonate = Резонанс
Score resistance = Задиристость (стойкость к задирам)
Secondary vibration = Вторичная вибрация
Sleeve bearing = Втулочный подшипник
Splay angle = Угол сдвига
Split-type (half-shell) bearing = Разрезной (полу-корпусной) подшипник
Spread = Натяг
Spun bearing = Подшипник качения
Surface finish = Отделка поверхности
Thrust bearing = Упорный подшипник
Tuftriding = Цианирование
Web = Щека противовеса
Work hardened = Рабочее затвердевание

<i>The crankshaft rotates on the main bearings. These bearings are split in half so that they can be assembled around the crankshaft main bearing journals.</i>	Коленчатый вал вращается в коренных подшипниках. Эти подшипники делятся пополам, так что они могут быть собраны вокруг шеек коренных подшипников коленчатого вала.
<i>The main bearings support the crankshaft and allow it to rotate easily without excessive wear. The number of cylinders usually determines the number of main bearings.</i>	Поддержка коленчатого вала коренными подшипниками позволяют ему вращаться легко, без чрезмерного износа. Число цилиндров обычно определяет количество коренных подшипников.
<i>The crankshaft also must be able to absorb loads applied longitudinally (end to end) or thrust loads from the clutch on a manual transmission vehicle or the torque converter on a vehicle equipped with an automatic transmission.</i>	Коленчатый вал также должен быть в состоянии поглощать нагрузки, приложенные в продольном направлении (конец в конец) или осевые нагрузки от сцепления на транспортном средстве с механической коробкой передач, или гидротрансформатором на транспортном средстве, оснащенный автоматической коробкой передач.
<i>Thrust loads are forces that push and pull the crankshaft forward and rearward in the engine block. A thrust bearing supports these loads and maintains the front-to-rear position of the crankshaft in the block.</i>	Осевые нагрузки формируются силами, которые толкают и тянут коленчатый вал вперед и назад в блоке цилиндров. Упорный подшипник воспринимает эти нагрузки и удерживает позицию коленчатого вала от переа к заду в блоке цилиндров.
<i>The rod bearing journals, also called crankpins, are offset from the centerline of the crank. The crankshaft throw distance that measures one-half of the strokes has a direct relationship to the displacement of the engine.</i>	Цапфы шатунных подшипников, называемые шатунными шейками, смещены относительно осевой линии коленчатого вала. Радиус кривошипа коленчатого вала, который измеряется половиной хода (поршня) имеет прямое отношение к объему двигателя.
<i>All crankshaft journals are ground to a very smooth finish. Surface finish is measured in microinches; and the smaller the number, the smoother the surface.</i>	Всех шеек коленчатого вала шлифуются на абсолютно гладкую поверхность. Отделка поверхности измеряется в микродюймах; и чем меньше число, тем ровнее поверхность.
<i>Crankshafts used in high-production automotive engines may be either forged or cast. Forged crankshafts are stronger than the cast crankshaft, but they are more expensive.</i>	Коленчатые валы, используемые в высокопроизводительных автомобильных двигателях, могут быть коваными или литыми. Кованые коленчатые валы прочнее, чем литой коленчатый вал, но они дороже.
<i>The crankshaft is drilled to allow oil from the main bearing oil groove to be directed to the connecting rod bearings. Stress tends to concentrate at oil holes drilled through the crankshaft journals</i>	Коленчатый вал просверлен, чтобы позволить маслу через масляный паз коренного подшипника быть направленным на шатунные подшипники. Напряжения имеют тенденцию накапливаться у масляных отверстий, просверленных через коленчатый вал.
<i>Crankshafts are balanced by counterweights, which are cast, forged, or machined as part of the crankshaft. A crankshaft that has counterweights on both sides of each connecting rod journal is called fully counterweighted.</i>	Коленчатые валы уравниваются противовесами, которые могут быть литыми, коваными или сформированы механической обработкой, как часть коленчатого вала. Коленчатый вал, имеющий противовесы на обеих сторонах каждой шатунной шейки, называется полностью уравновешенным.
<i>Harmful crankshaft twisting vibrations are dampened with a torsional vibration damper. It is also called a harmonic balancer</i>	Вредные крутильные колебания коленчатого вала ослабляются с помощью демпфера крутильных колебаний. Его еще называют гармоническим балансиром.
<i>When pistons move up and down in the cylinders they create a primary vibration, which is a strong low-frequency vibration.</i>	Когда поршни перемещаются вверх и вниз в цилиндрах они создают первичную вибрацию, которая является сильной низкочастотной вибрацией.

<i>Four-cylinder engines, however, suffer from a vibration at twice engine speed. This is called a secondary vibration, which is a weak high-frequency vibration caused by a slight difference in the inertia of the pistons at top dead center compared to bottom dead center.</i>	Четырех-цилиндровые двигатели, однако, страдают из-за вибрации двигателя на удвоенной скорости. Это называется вторичной вибрацией, которая является слабой высокочастотной вибрацией, вызванной небольшой разницей инерции поршней в верхней мертвой по сравнению с нижней мертвой точками.
<i>Some engines use balance shafts to dampen normal engine vibrations. Dampening is reducing the vibration to an acceptable level.</i>	Некоторые двигатели используют балансировочные валы для демпфирования нормальных вибраций двигателя. Демпфирование – снижение вибрации до приемлемого уровня.
<i>Two balancing shaft rotating in opposite directions at a speed twice the speed of rotation of the crankshaft, balance the vibration from a 4-cylinder row engine.</i>	Два балансировочных вала, вращающиеся в противоположных направлениях со скоростью, в два раза превышающей скорость вращения коленчатого вала, уравнивают вибрации, возникающие в 4-цилиндровом рядном двигателе.
<i>Unbalanced forces in a V-6 engines with the angle between the banks 90° to balance without the use of balancing shafts, but these motors occurs by shaking the moment that can be redeemed with a single balance shaft rotating in the direction opposite to the rotation of the crankshaft.</i>	Неуравновешенные силы в V-образных 6-цилиндровых двигателях с углом между рядами (банками) 90° сбалансировать без применения балансировочных валов, но в этих двигателях возникает раскачивающий момент, который можно погасить установкой одного балансировочного вала, вращающегося в сторону, противоположную вращению коленчатого вала.
<i>The crankshaft is one of the most highly stressed engine parts. Any sign of a crack is a cause to reject the crankshaft.</i>	Коленчатый вал – одна из наиболее напряженных деталей двигателя. Любой признак наличия трещины является причиной для признания негодным коленчатого вала.
<i>Bearing journal scoring is a common crankshaft defect. Scoring appears as scratches around the bearing journal surface.</i>	Задир подшипниковой шейки является распространенным дефектом коленчатого вала. Задир отображается в виде царапин по всей поверхности подшипниковой шейки.
<i>Crankshaft journals that have excessive scoring, out-of-round, or taper should be reground. The finished journal should be accurately ground to size with a smooth surface finish.</i>	Шейки коленчатого вала, которые имеют чрезмерные задиры, овальную форму, или конусность должны быть перешлифованы. Готовая шейка должна быть точно отшлифована до размера с гладкой поверхностью.
<i>Sometimes it is desirable to salvage a crankshaft by building up a bearing journal and then grinding it to the original journal size. This is usually done by either electric arc welding or a metal spray.</i>	Иногда желательно произвести спасение коленчатого вала, путем наплавления подшипниковой шейки вала с последующим шлифованием её в оригинальный размер шейки. Обычно это делается либо с помощью электродуговой сварки или напылением металла.
<i>Engine bearings are the main supports for the major moving parts of any engine. The bearings must be able to operate for long periods of time, even when small foreign particles are in the lubricant.</i>	Подшипники двигателя являются основными опорами для главных движущихся частей любого двигателя. Подшипники должны быть в рабочем состоянии в течение длительных периодов времени, даже при (наличии) небольших инородных частиц в смазке.
<i>Bearings and journals only wear when the parts come in contact with each other or when foreign particles are present.</i>	Подшипники и шейки вала изнашиваются только тогда, когда эти части вступают в контакт друг с другом, или при наличии инородных частиц.
<i>Modern automotive engines use precision insert-type bearing shells, sometimes called half-shell bearings.</i>	Современные автомобильные двигатели используют высокоточные корпусные вкладыши подшипников, иногда называемых полу-оболочковыми подшипниками.

<i>Bearings tend to flex or bend slightly under changing loads. Flexing starts fatigue, which shows up as fine cracks in the bearing surface because the bearing material became work hardened.</i>	Подшипники, как правило, сгибаются или немного прогибаются под изменяющимися нагрузками. Сгибание накапливает усталость, которая проявляется в виде тонких трещин на подшипниковой поверхности, поскольку материал подшипника при работе становится твердым.
<i>The length of time before fatigue will because failure is called the fatigue life of the bearing</i>	Продолжительность времени, прежде чем усталость вызовет поломку, называется усталостной долговечностью подшипника.
<i>The ability of bearing materials to creep or flow slightly to match shaft variations is called conformability.</i>	Способность подшипниковых материалов к ползучести или смещению материалов в слое, чтобы соответствовать вариации вала, называется приработкой.
<i>The bearing-to-journal clearance may be from 0.0005 to 0.0025 in. (0.025 to 0.06 mm), depending on the engine.</i>	Зазор между подшипником и шейкой вала может составлять от 0,0005 до 0,0025 дюймов. (0,025 до 0,06 мм), в зависимости от двигателя.
<i>Doubling the journal clearance will allow more than four times more oil to flow from the edges of the bearing</i>	Удвоение зазора позволит более чем в четыре раза увеличить поток масла, следующего к краям подшипника.
<i>A large amount of oil leakage at one of the bearings would starve other bearings farther along in the oil system.</i>	Большое количество утечек масла в одном из подшипников приводит к масляному голоданию других подшипников, расположенных дальше в системе смазки.
<i>The bearing shell has a slightly larger arc than the bearing housing. This difference, called bearing spread, makes the shell 0.005 to 0.02 in. (0.125 to 0.5 mm) wider than the housing bore.</i>	Вкладыш подшипника имеет несколько большую дугу, чем корпус подшипника. Эта разница, называемая натягом подшипника, делает вкладыш на 0,005 до 0,02 дюйма. (0,125 до 0,5 мм) длиннее, чем отверстие в корпусе.
<i>When the bearing is installed, each end of the bearing shell is slightly above the parting surface. When the bearing cap is tightened, the ends of the two bearing shells touch and are forced together. This force is called bearing crush.</i>	Когда подшипник установлен, каждый конец вкладыша подшипника чуть выше поверхности разъема. При затягивании крышки подшипника, концы двух подшипниковых вкладышей соприкасаются и вынуждены держаться вместе. Эта сила называется силой вдавливания подшипника.
<i>Crush holds the bearing in place and keeps the bearing from turning when the engine runs. A tang or lip helps locate the bearing shell in the housing.</i>	Вдавливание удерживает подшипник на месте и предотвращает вращение подшипника, когда двигатель работает. Язычок или усик помогает удержать вкладыш подшипника в корпусе.
<i>Overhead camshaft bearings may be one of two sleeve-type bushings, depending on the design of the bearing supports.</i> <ul style="list-style-type: none"> • Full round bearings • Split-type (half-shell) bearings 	Подшипники верхнего расположения распределительного вала могут иметь одного из двух типа подшипников, в зависимости от конструкции подшипниковых опор. <ul style="list-style-type: none"> • Полно-окружный подшипник • Полу-корпусной подшипник.
<i>Cam-in-block engines support the camshaft with sleeve-type bearings.</i>	Двигатель с распределительным валом в блоке поддерживает распределительный вал с помощью подшипников втулочного типа.
<i>Cam bearings must have the proper inside diameter to fit the camshaft bearing journals.</i>	Подшипники распределительного вала должны иметь надлежащий внутренний диаметр, чтобы соответствовать опорным шейкам распределительного вала.
<i>Camshaft bearings used on overhead camshaft engines may be either full round or split depending on the engine design.</i>	Подшипники распределительного вала, используемые на двигателях с верхним расположением распределительного вала, могут быть полно-окружного типа, либо полу-корпусного типа в зависимости от конструкции двигателя.

Always follow the instructions to install camshaft bearings, and use manufacturer's recommended tool, which will allow avoiding many problems.

Всегда точно следуйте инструкциям по установке подшипников распределительного вала, и используйте рекомендуемый производителем инструмент, применение которого позволит избежать многих проблем.



Вопросы для контроля усвоения пройденного материала



РЕМАРКА:

Предложенные Вашему вниманию вопросы рекомендованы преподавателям для оценки Вашей самостоятельной работы с учебным материалом перед началом выполнения лабораторных и практических занятий.

Обдумайте содержание вопросов и попытайтесь дать короткий ответ

1. Расскажите о двух основных способах изготовления коленчатого вала. Объясните преимущества и недостатки одного из способов по отношению к другому.
2. Объясните, каким способом формируются шатунные шейки коленчатого вала при литье и при ковке коленчатого вала.
3. В 4-цилиндровом двигателе вспышки горючего в цилиндрах происходят через 180° поворота коленчатого вала. В 6-цилиндровом рядном двигателе вспышки в цилиндрах происходят через 120° поворота коленчатого вала. Объясните, как чередуются вспышки в цилиндрах 90° V-6 двигателя, если на двигателе установлен коленчатый вал с углом между кривошипами 120° ?
4. Поясните значение терминов «Первичная вибрация» и «Вторичная вибрация». Расскажите о внутреннем и внешнем демпфировании колебаний двигателя.
5. Расскажите о методике проведения шлифовки коренных и шатунных шеек коленчатого вала.
6. Объясните, почему при полировке коленчатого вала важно учесть направление вращения коленчатого вала при шлифовании шеек?
7. Перечислите основные материалы, применяемые при формировании подшипникового слоя. Дайте характеристику каждому материалу.
8. Объясните, почему вкладыш коленчатого вала при установке в постель оказывается большим размера постели.

9. Расскажите о процессе, который именуется, как способность подшипника к поглощению.

10. Объясните, как производится подбор и установка подшипников распределительного вала в отверстия блока цилиндров.



Изучите и отметьте только те из приведенных рассуждений, которые Вы сочтете верными.

1. Кованый коленчатый вал имеет...

A.	...тонкую линию разъема	
B.	...широкую линию разъема	
C.	...не имеет линии разъема	
D.	...отличный от литого вала применяемый материал.	

2. Обсуждаются способы установки коленчатого вала в блок цилиндров.

Техник А утверждает, коленчатый вал 4-цилиндрового рядного двигателя опирается на 5 коренных подшипника, которые принимают на себя все силы, действующие со стороны поршня и шатуна.

Техник В утверждает, что коленчатый вал должен иметь ещё один подшипниковый узел, который будет удерживать коленчатый вал от осевого (продольного) перемещения, возникающего в результате приложения продольных сил со стороны сцепления или гидротрансформатора.

Кто из техников высказывает более правильное утверждение?

Только техник А		Оба правы, и техник А, и техник В	
Только техник В		Оба неправы, ни техник А, ни техник В	

3. Одноименные рабочие ходы в 5-цилиндровом рядном двигателе начинаются после поворота коленчатого вала на угол, равный...

A.	72°	
B.	90°	
C.	120°	
D.	144°	

4. Коленчатый вал со смещенной шейкой применяют на...

A.	...4-цилиндровом рядном двигателе	
B.	...6-цилиндровом рядном двигателе	
C.	...6-цилиндровом V-образном двигателе	
D.	...на двигателях, перечисленных в B и C	

4. Обсуждается устройство механизма балансировки 4-цилиндрового рядного двигателя.

Техник А утверждает, что в 4-цилиндровом двигателе должно быть установлено 2 балансировочных вала, вращающихся в противоположном коленчатому валу направлении, поскольку только этим способом можно снизить поперечную раскачку двигателя.

Техник В утверждает, что в 4-цилиндровом рядном двигателе должно быть установлено 2 балансировочных вала, вращающихся со скоростью, в два раза превышающей скорость вращения коленчатого вала, причем, один из балансировочных валов должен вращаться в одном направлении, а второй – в противоположном направлении вращению коленчатого вала.

Кто из техников высказывает более правильное утверждение?

Только техник А		Оба правы, и техник А, и техник В	
Только техник В		Оба неправы, ни техник А, ни техник В	

6. На одном из коренных подшипников выполнены две боковые опорные поверхности, которые воспринимают продольные силы, возникающие при...

A.	...перегрузке двигателя	
B.	...при разгоне и торможении автомобиля	
C.	...нормальной работе сухого сцепления	
D.	...всех указанных выше обстоятельствах.	

7. Если шейки коленчатого вала подвергались шлифовке, необходимо провести...

A.	...дробеструйную обработку щёк коленчатого вала	
B.	...хромирование поверхностей отшлифованных шеек	
C.	...полировку ранее шлифованных шеек	
D.	...внешнюю балансировку коленчатого вала	

8. Если масляный зазор в подшипнике увеличился вдвое, во сколько раз увеличится поток масла, проходящий через этот подшипник?

A.	Не изменится, поскольку редукционный клапан масляного насоса уравнивает потоки масла, поддерживая заданный уровень давления	
B.	Увеличится в два раза, при этом остальные подшипники не пострадают, поскольку редукционный клапан масляного насоса увеличит подачу масла.	
C.	Увеличится в четыре раза, причем, все подшипники, расположенные в системе смазки дальше от масляного насоса, будут работать в условиях масляного голодания	
D.	Количество масла, проходящего через подшипник, удвоится, но это легко устранимо применением более вязкого моторного масла.	

9. Стальная основа вкладыша подшипника при установке в постель подшипника оказалась длиннее поверхности постели, и выступает над поверхностью разъема подшипника.

Техник А утверждает, что данный вкладыш требуется подпилить напильником, поскольку вкладыши намеренно выпускают длиннее с учетом возможности хонингования седла подшипника, то есть увеличению диаметра седла, и, соответственно, удлинения сопрягаемой поверхности. Вероятно, постели ремонтируе-

мого двигателя не подвергались хонингованию.

Техник В утверждает, что длина вкладыша выполнена намеренно больше длины постели, чтобы придать необходимый для удерживания в седле натяг при завинчивании крепежных элементов крышки подшипника с предписанным усилием.

Кто из техников высказывает более правильное утверждение?

Только техник А		Оба правы, и техник А, и техник В	
Только техник В		Оба неправы, ни техник А, ни техник В	

10. Обсуждается процедура установки подшипников распределительного вала в *OHV*-двигатель.

Техник А утверждает, что необходимо измерить опорные шейки распределительного вала, и подобрать к ним втулочные подшипники, измерив их наружные диаметры и пронумеровав их, поскольку диаметры отверстий под подшипники в туннеле блока цилиндров имеют разные диаметры.

Техник В утверждает, что помимо всех действий, перечисленных техником А, необходимо соблюсти правильное позиционирование втулок, поскольку смазочные отверстия должны быть установлены напротив масляных каналов (галереи) блока цилиндров.

Кто из техников высказывает более правильное утверждение?

Только техник А		Оба правы, и техник А, и техник В	
Только техник В		Оба неправы, ни техник А, ни техник В	

Материалы перевел, актуализировал и подготовил к публикации Дмитрий Титаренко

В основу положены следующие материалы:

1. Учебник *James D. Halderman Principles, Diagnosis, and Service*, 2012, *Pearson Education, Inc.*
2. *TB-2052. TECH INFORMATION FROM CLEVITE ENGINE PARTS*; бюллетень от *DANA*