**Изготовление коленчатых валов**

Реферат По дисциплине: «Технология машиностроения» Выполнил: студент гр. ТМСИ-00 Вагин С.С.

Северо-казахстанский государственный университет Им. М. Козыбаева, Кафедра “Технология машиностроения”

2004 г.

**1. Служебное назначение и требования к точности коленчатых валов.**

Коленчатые валы (рисунок.1) различных двигателей по служебному назначению предназначены для преобразования поступательного движения штоков поршней во “вращательное”. По конструкции валы являются относительно не жесткой деталью, в тоже время испытывают большие переменные нагрузки и подвергаются под воздействием возникающих в работе сил кручению и изгибу.

В зависимости от назначения двигателя техническими условиями предусматривается точность диаметральных размеров коренных и шатунных шеек коленчатых валов в пределах 1-2-го классов с чистотой поверхности 8-10-го классов и выше. Допустимые отклонения на овальность и конусность, например, для автомобильных двигателей, лежат в пределах 0,010-0,005 мм, а не параллельность осей коренных и шатунных осей коренных и шатунных шеек – не более 0,01 на всей длине каждой шатунной шейки. Допуски на радиусы кривошипов составляют 0,05-0,15 мм. Чрезмерные отклонения радиусов кривошипов и угловых развала приводят к неравномерности степени сжатия в различных цилиндрах и к сдвигу фаз распределения, что отрицательно сказывается на работе двигателей.

Коленчатые валы, вращающиеся в подшипниках скольжения, обусловливают и повышенные требования к поверхности шеек в отношении их износостойкости и усталостной прочности. Поэтому поверхностная твердость коренных и шатунных шеек, полученных после термической обработки, Лежит в пределах HRC 52-62.Технические условия на коленчатые валы в зависимости от назначения Двигателя определяются ГОСТом. Коленчатый вал контролируют по 80-90 параметрам. Кроме размеров и формы, контролируют и относительное положение обрабатываемых поверхностей вала. К наиболее важным конролируемым параметрам относятся параллельность оси шеек, положение шатунных шеек по отношению к коренным (радиусы кривошипов), угловое положение шатунных шеек по отношению одна к другой, угловое положение шпоночной канавки по отношению к кривошипам, положение торца Фланца к оси коренных шеек.

Процесс контроля параметров коленчатого вала весьма трудоемкий и сложный. Поэтому для контроля большинства перечисленных параметров применяют специальные многомерные индикаторные, пневматические, “пневмоэлектрическим” и электронные мерительные устройства. Одно из таких индикаторных приспособлений предназначено для проверки биения торца фланца коренных шеек относительно коренных и положения шпоночной канавки.

**2. Материал и способы получения заготовок для коленчатых валов.**

Коленчатые валы изготовляют из углеродистых, хромомарганцевых, хромоникельмолибденовых, и других сталей, а также из специальных высокопрочных чугунов. Набольшее применение находят, стали марок 45, 45Х, 45Г2, 50Г, а для тяжело нагруженных коленчатых валов дизелей-40ХНМА, 18ХНВА и др.

Заготовки стальных коленчатых валов средних размеров (рисунок 2) в крупносерийном и массовом производстве изготовляют ковкой в закрытых штампах на молотах или прессах при этом процесс получения заготовки проходит несколько операций. После предварительной и окончательной ковки коленчатого вала в штампах производят обрезку облоя на обрезном прессе и горячую правку в штампе под молотом.

В связи с высокими требованиями механической прочности вала большое значение имеет расположение волокон материала при получении заготовки во избежание их пере резания при последующей механической обработке. Для этого применяют штампы со специальными гибочными ручьями. После штамповки перед механической обработкой, заготовки валов подвергают термической обработке – нормализация - и затем очистке от окалины травлением или обработкой на дробеметной машине.

Припуски на механическую обработку шеек стальных заготовок полученных этим методом, составляют 3-4 мм на сторону со штамповочными уклонами 7-10 градусов. Точность заготовок лежит в пределах 8-9-го классов. Допустимая кривизна в плоскости разъема штампов заготовки автомобильного коленчатого вала не более 1-1,5 мм, смещение от сдвига штампов допускается до 2 мм.

Литые заготовки коленчатых валов изготовляют обычно из высокопрочного чугуна, модифицированного магнием. Полученные методом прецизионного литья (в оболочковых формах) валы (рисунок 3) по сравнению со “штампованными” имеют ряд преимуществ, в том числе высокий коэффициент использования металла. В литых заготовках можно получить ряд внутренних полостей при отливке.

Припуск на обработку шеек чугунных валов составляет не более 2,5 мм на сторону при отклонениях по 5-7-му классам точности. Меньшее колебание припуска и меньшая начальная неуравновешенность благоприятно сказываются на эксплуатации инструмента и “оборудования” особенно в автоматизированном производстве.

Коленчатые валы отливают в оболочковые формы в горизонтальном положении. Если в одной форме отливают два вала, заливку металла производят через общий литник.

Правку валов производят после нормализации в горячем состоянии в штампе на прессе после выемки заготовки из печи без дополнительного подогрева.

**3. Механическая обработка коленчатых валов.**

Сложность конструктивной формы коленчатого вала, его недостаточная жесткость, высокие требования к точности обрабатываемых поверхностей вызывают особые требования к выбору методу методов базирования, закрепления и обработки вала, а также последовательности, сочетания операций и выбору оборудования. Основными базами коленчатого вала являются опорные поверхности коренных шеек. Однако далеко не на всех операциях обработки можно использовать их в качестве технологических. Поэтому в некоторых случаях технологическими базами выбирают поверхности центровых отверстий. В связи со сравнительно небольшой жесткостью вала на ряде операций при обработке его в центрах в качестве дополнительных технологических баз используют наружные поверхности предварительно обработанных шеек.

При обработке шатунных шеек, которые в соответствии с требованиями технических условий должны иметь необходимую угловую координацию, опорной технологической базой являются специально фрезерованные площадки на щеках.

Типовой технологический маршрут обработки штампованных стальных коленчатых валов типа ЗИЛ-130 может быть представлен в такой последовательности:

фрезерование торцов;

сверление центровых отверстий;

фрезерование технологических опорных баз на щеках;

обтачивание концов вала и коренных шеек;

предварительное шлифование коренных шеек;

обтачивание противовесов и щек;

обтачивание шатунных шеек;

обработка поверхностей камер грязесборников, смазочных каналов и шпоночных пазов;

термическая обработка – закалка коренных и шатунных шеек;

окончательное шлифование конца вала, коренных шеек и фланца;

окончательное шлифование шатунных шеек;

обработка отверстий во фланце и на концах вала;

растачивание поверхности посадочного отверстия под подшипник со стороны фланца;

отделочная операция поверхности коренных и шатунных шеек.

Вызываемая силами резания деформации коленчатого вала в процессе обработки вынуждает прибегать после ряда операций к многократной правке его на прессе. Количество правок в зависимости от конструкции вала и вида производства колеблется в довольно широких пределах (от 3 до 9). Правка вызывает внутренние напряжения, которые могут привести к деформации вала при последующей его обработке, поэтому она является мало желательной операцией. В то же время устранение правки вызвало бы увеличение припусков на обработку и, следовательно, повышение трудоемкости механической обработки.

Фрезерование торцов и сверление центровых отверстий в зависимости от объема выпуска коленчатых валов можно производить аналогичными способами, рассмотренными в разделе обработки ступенчатых валов, а также шпинделей. Технологическими базами на этих операциях являются наружные цилиндрические поверхности опорных шеек и один из торцов коренной шейки (чаще расположенной посередине).

Технологические опорные базы в виде фрезерованных площадок на щеках коленчатого вала можно обрабатывать как после предварительной обработки коренных шеек, так и до их обработки.

При большой программе выпуска все три операции подготовки технологических баз для последующей обработки коленчатого вала можно выполнять на специальных многошпиндельных станках и автоматических линиях.

4. Токарная обработка коренных и шатунных шеек.

Коренные шейки, которые в дальнейшем используют в качестве технологических баз для обработки шатунных шеек и других поверхностей, можно обрабатывать на обычных токарных станках, но, так как коленчатый вал является недостаточно жесткой деталью и при обработке имеет тенденцию изгибаться и скручиваться под действием сил резания, особенно при одностороннем приводе токарных станков, то для обработки коренных шеек многоколенных валов применяют специализированные станки, у которых для уменьшения изгибающего и скручивающего моментов предусмотрен центральный или двусторонний привод.

Обработку вала обычно начинают со средней коренной шейки и с плоскостей, прилегающих к ней щек. Для этой операции может быть применен полуавтомат мод. 1К857 с передней и задней ведущими бабками, который позволяет при необходимости производить настройку на обработку двух шатунных шеек и смежных с ними торцов щек. Вал устанавливают в центрах и крепят с двух сторон в гидравлических патронах с осевой фиксацией по переднему торцу. Обработку ведут широкими и фасонными резцами с переднего и заднего суппортов методом врезания (рисунок 4). Частота вращения шпинделя станка по мере приближения резцов к оси вращения меняется. За время каждого цикла автоматически меняется и подача суппортов, что имеет важное значение при изменении глубины резания из-за штамповочных уклонов. Так, при обработке быстрорежущими резцами коленчатого вала СМД-55, штамповочного из стали марки 45, станок настраивали на трехкратное изменение частоты вращения n1 =31, n2 =48 и n3=31 об/мин, что соответствует скоростям резания: v1 =17,5, v2=19,4 и v3=9,45 м/мин и соответственно трехкратному автоматическому изменению подачи суппортов: s1=1,2, s2=0,8 и s3=0,15 мм/об.

Для обработки всех коренных шеек, а также фланца и ступенчатого хвостовика коленчатого вала применяется токарный полуавтомат мод. 1840 с центральным приводом. Вал устанавливают в центрах с осевой фиксацией по торцу (рисунок 5) и обтачивают методом врезания с передних и задних суппортов. Станок также позволяет в процессе обработки автоматически менять режимы резания для поддержания оптимальных условий.

Не менее трудоемкой и сложной операцией является обтачивание шатунных шеек, которые должны быть с определенной точностью ориентированны по отношению к коренным шейкам. В качестве технологических баз для этой операции выбирают поверхности уже обработанных коренных шеек и базовые площадки на крайних щеках коленчатого вала, с помощью которых определяется его угловое положение. Шатунные шейки можно обтачивать попарно (по две шейки, лежащие на одной оси вращения) или одновременно все. На этой же операции подрезают плоскости, прилегающие к шейкам щек. В первом случае можно использовать ранее описанные станки с двухсторонним приводом, однако при этом применяют специальное приспособление, позволяющее совместить оси обрабатываемых шатунных шеек с осью вращения шпинделя, причем ось коренных шеек при установке вала в это приспособление смещается по отношению к оси вращения вала на радиус кривошипа.

Для одновременного обтачивания всех шатунных шеек используют станки специализированного назначения, у которых количество рабочих суппортов соответствует количеству обрабатываемых шатунных шеек. При этом вал вращается вокруг оси коренных шеек, а суппорты, кинематически связанные с копировальными коленчатыми валами, синхронно вращающимися с обрабатываемым валом, перемещаются вместе с шатунными шейками.

Наиболее производительным способом одновременного обтачивания шатунных шеек многоколенчатых валов является обработка их на двухпозиционном полуавтомате мод. 1Б841(рисунок 5). Коленчатый вал на станке базируется по двум крайним коренным шейкам, торцу и базовым площадкам на щеках и поддерживается люнетом под средние коренные шейки. Закрепляется вал от гидравлического устройства. На этом станке можно обрабатывать валы при различном сочетании операций;

подрезание торцов щек и обтачивание шатунных шеек на обеих позициях одновременно (в этом случае станок работает как двух поточный);

подрезание щек на одной позиции станка, а обтачивание шатунных шеек – на другой (в этом случае обработка ведется последовательно с «перекладкой> вала с одной позиции на другую).

Однако такие двухпозиционные станки имеют существенные недостатки. Обработку них производят быстрорежущими резцами, так как применение оснащенного твердым сплавом инструмента не позволяет эффективно использовать его режущие свойства вследствие значительных сил инерции, которые возникают у суппортов при высокой частоте вращения обрабатываемых валов. Много времени уходит на смену затупившегося инструмента (до 40-80 мин), особенно когда в наладке для обработки одного вала принимает участие большое количество резцов (до24). Затруднительна и переналадка станка на обработку вала другого типа. По всей вероятности это послужило причиной создания высокопроизводительной автоматической линии для обработки шатунных шеек коленчатого вала, которая состоит из четырех станков, на каждом из которых обтачивается одна определенная шейка (фирма Wickes Taсhine Tool, США).

Вал на станках линии базируется коренными шейками и торцовыми поверхностями. В угловом положении вал ориентируется по одной из шатунных шеек. Станки имеют по два приводных шпинделя, между которыми устанавливается обрабатываемый вал. Шатунная шейка обрабатывается одновременно двумя резцами, установленными в двух суппортах. На одном суппорте установлен резец для подрезки торцов шеек двумя круглыми пластинками и обтачивания средней части шейки одной широкой твердосплавной пластиной. На другом суппорте установлен резец с двумя твердосплавными пластинками для обтачивания крайних частей шейки. На смену резцов затрачивается около 5 мин. Станки позволяют бес ступенчато изменять частоту вращения шпинделя и подачу суппортов. Линия сравнительно легко переналаживается на обработку валов других типов.

На некоторых зарубежных автомобильных и тракторных заводах в последнее время цилиндрические поверхности шатунных шеек (а иногда и в коренных ), а также плоскости прилегающих шеек стали обрабатывать фрезерованием.

Австрийская фирма GFM выпускает станки различных видов для черновой обработки шеек и чистовой обработки щек коленчатых валов с радиусами кривошипов от 60 до 280 мм фрезами большого диаметра (450-110мм) со вставными, тангенциально расположенными твердосплавными ножами. Существенным недостатком является сложность инструмента и его заточки. Кроме того, прерывистое резание не обеспечивает требуемую шероховатость поверхности при достаточно высокой производительности. Увеличение же шероховатости при фрезеровании вынуждает увеличивать припуск на шлифование, что может оказаться менее экономичным.

**5. Обработка внутренних плоскостей и смазочных каналов.**

Различные отверстия в шейках, в шейках и фланцах коленчатого вала в зависимости от программы выпуска обрабатывают на вертикальных и радиально- сверлильных станках и на автоматических линиях. В подавляющем большинстве случаев технологическими базами на этих операциях являются цилиндрические и боковые поверхности опорных шеек и для угловой ориентации –базовые площадки шеек, а также наружные поверхности или отверстия соответствующих шатунных шеек.

Отверстия масляных каналов в шейках обычно небольшого диаметра (6-8 мм) при значительной глубине (до 250 мм), поэтому при сверлении их требуется многократные вводы и выводы сверл из отверстий для удаления стружки и охлаждения инструмента.

Отверстия переднего и заднего концов вала при сравнительно небольших масштабах выпуска можно сверлить в две операции на вертикально –сверлильном станке с многошпиндельными головками в многопозиционных приспособлениях (для заднего конца) и на токарно-револьверных станках с установкой вала в патроне по фланцу ив люнете по первой коренной шейке (для сверления отверстия в заднем конце).

В производствах со значительным масштабом выпуска сверление смазочных отверстий, сверление и на резание резьбы на шатунных шейках и фрезерование шпоночных пазов в коленчатых валах производят на автоматических линиях, скомпонованных из агрегатных станков. При этом на одних линиях заготовки обрабатывают в приспособлениях-спутниках, на других - в стационарных приспособлениях.

По проекту СКБ-6 станкозаводом им.Орджоникидзе изготовлена автоматическая линия для обработок сверлением коленчатого вала двигателя СМД –55 с длительностью цикла 1 мин . Линия состоит из девяти многошпиндельных многопозиционных станков, связанных между собой жестким транспортом в виде шагового транспортера с собачками. Применяемый в линии инструмент взаимозаменяемый и его настройка производится вне линии по эталонам, что значительно сокращает время на его бесподналадочную замену . Смена инструмента принудительная по сигналам специальных счетчиков, настраиваемых на определенное количество проработанных циклов. Весь инструмент линии разбит на четыре группы по стойкости и соответственно этому установлены четыре счетчика. По сравнению с неавтоматизированным производством для повышения стойкости инструмента режима резания занижены на 10-15%

Аналогичная автоматическая линия 1Л90-А и 1Л90-Б для обработки камер грязесборников, смазочных каналов и фрезерование шпоночного паза коленчатого вала автомобильного двигателя ЗИЛ-130 изготовленного заводом им. Орджоникидзе по проекту СКБ-1.

Высокой точности (порядка 2-го класса) требует обработка отверстия под подшипник первичного вала расположенного со стороны фланца. Кроме того, техническими условиями предъявляются строгое требование перпендикулярности торца поэтому предварительно обработанное отверстие под подшипник подвергают окончательному тонкому растачиванию и для выполнения поставленных технических условий одновременно производят подрезку торца фланца. Для этого применяют специальные инструментальные головки.

6. Шлифование и отделка шеек коленчатых валов.

Высокие требования точности шеек коленчатых валов диаметральным размерам (1-2-й классы), геометрической формы (овальность и конусность в пределах 5-12 мкм) и шероховатости поверхности (9-10-й классы чистоты) достигаются шлифовальными и отделочными операциями.

Шлифовать коренные шейки сравнительно жестких одно-коленчатых и двух коленчатых валов можно и на обычных кругло шлифовальных станках. Однако ,как правило, шейки валов шлифуют на специализированных станках. При шлифовании коренных шеек вал устанавливают в центрах с применением люнетов.

При достаточно больших масштабах выпуска коренные шейки шлифуют на многокамневых станках, имеющих автоматический цикл врезного шлифования с выхаживанием, правкой круга и прибором активного контроля (рисунок6). Многокамневое шлифование предъявляет большие требования к однородности шлифовальных кругов в комплекте. Круги имеют диаметр 1000-1100 мм и ширину 25-85мм.

Шатунные шейки шлифуют обычно одним кругом поочередно. В качестве технологической базы выбирает поверхность коренных шеек , а для угловой ориентации-отверстия во фланце или, реже, базовой площадке на шейках колен.

Шлифуют на станках двусторонним приводом, причем при установке в приспособлении ось коренных шеек смешена от оси вращения шпинделя на величину радиуса кривошипа.

Последнее время для шлифования коренных и шатунных шеек коленчатых валов созданы автоматические линии.

Так, автоматическая линия фирмы NORTON (США), предназначенная для окончательного шлифования шатунных шеек коленчатого вала шестицилиндрового двигателя, состоит из шести последовательно работающих станков, на каждом из которых в автоматическом цикле обрабатывают определенную шейку. На всех позициях линии все шейки обрабатывают одновременно. В линии установлен один резервный полуавтомат. Станки линии соединены транспортером с гибкой связью и снабжены загрузочными устройствами. Станки имеют пневматические устройства активного контроля, по команде которого по достижении требуемого размера шейки отводятся шлифовальные круги. Автоматический цикл работы каждого станка линии состоит из следующих элементов: установка вала и его закрепление в патроне, ускоренное и рабочее подача шлифовального круга, автоматический контроль размеров, отвод шлифовальных кругов, съем детали и правка кругов.

Если при обработке размеры шлифуемых шеек будут отклонятся на величину больше допустимой , то станок автоматически останавливается, в то время как остальные станки линии могут продолжать работу. Независимая работа станков позволяет производить смену круга и ремонт станка без остановки работы всей линии; в этих случаях в работу вводится резервный станок. Производительность линии 60 валов в 1ч.

Автоматическая линия из четырех автоматов для шлифования шатунных шеек создано и на отечественном заводе ХСЗ.

Окончательную отделку шеек коленчатого вала производят суперфинишированием, а также наружным хонингованием с полированием шеек тонкой абразивной лентой. Шейки валов, обрабатываемые суперфинишированием, требует очень тщательной обработки в отношении получении предельной геометрической формы на окончательной операции шлифования наружное хонингование, при котором происходит более интенсивный съем металла, чем при суперфинишировании, и поэтому позволяет несколько исправить погрешность формы предъявляет менее строгие требования к окончательному шлифованию шеек.

Полирование абразивной лентой производят на специальных станках в одну или две операции. Предварительное полирование обычно выполняют лентой с абразивным порошком зернистостью 180-240, а окончательное- с зернистостью 240-300.

Снимаемый припуск лежит в пределах 0,006-0,015 мм. Полирование ведется при скорости вращения вала v=10/20 м/мин. Шероховатость поверхности соответствует 9-10-му классам чистоты.

**7. Балансировка коленчатых валов.**

Как уже оказалось, коленчатые валы подвергают балансировке. При большом выпуске коленчатых валов эту операцию производят на автоматических балансировочных станках или автоматических линиях . одна из таких линий для балансировки коленчатого вала восьмицилиндрового V-образного автомобильного двигателя (ЗИЛ-130) создано ЭНИОМСом. Она состоит из двух балансировочных автоматов мод.МА-24 и МА-25 и контрольного автомата мод. МА-36. Так как один балансировочный станок недостаточно уменьшает неуравновешенность (в 15-20 раз), то для еще большего снижения неуравновешенности на линии применяют двух кратное автоматическое определение неуравновешенности коленчатого вала с последующим ее устранением и контролем. Предварительное устранение неуравновешенности производят радиальным сверлением на определенную глубину отверстия диаметром 20мм в крайних противовесах вала. Окончательную же балансировку производят сверлением отверстий диаметром 12мм в средних противовесах. Начальная неуравновешенность коленчатого вала в результате его обкатки на этой линии снижается в 30-50 раз и остановится не более 30г/см . Производительность линии –54вала в час. Коленчатые валы подвергают многократному контролю, как в процессе его обкатки, так и после обкатки.

Обычно проверяют диаметральные размеры шеек, отверстия под подшипник во фланце, длину коренных и шатунных шеек и расстояние от базового торца, радиуса кривошипа, а также биение шеек и торца фланца относительно крайних коренных шеек, взаимное расположение коренных и шатунных шеек по длине и расстояние от базового торца, угловое расположение всех кривошипов, положение установочного отверстия и шпоночной канавки относительно коренных и шатунных шеек.

Для измерения применяют как обще принятые средства (скобы с микро индикаторами, индикаторные приспособления), так и специальные приспособления для комплексного окончательного контроля.

Такие приспособления применяют для комплексного контроля линейных размеров, радиуса кривошипа, положение установочного отверстия и шпонки.

Непараллейность (смешение) оси шатунной шейки относительно коренных шеек проверяют также специальным прибором.

**8. Обкатка крупных коленчатых валов.**

Заготовками для крупных стальных валов обычно являются поковки с удлиненными концами от 200 до 300 мм для зажима в патроне и поддержания в люнете. Поковка отличается значительной величиной припуска. При этом в коленах шатунные шейки при получении заготовки не формируются сплошными, поэтому коэффициент использования металла у таких поковок низкий.

ВПТИТяжмашем разработан процесс изготовления заготовок с помощью высадки и гибки на прессах, что позволяет получать заготовки валов со значительно меньшими припусками и без вырезки металла под шатунные шейки, как в поковках.

При этом способе под высадку и гибку предварительно обтачивают заготовку (рисунок 7) больше длины готовой поковки с проточенными шейками 1-14. Затем производят высадку фланцев (№13 и №14) на гидропрессе с подогревом до температуры 9000 С и затем последующую гибку, начиная с колена №1 и последовательно №№ 2,3,4,5,6. Металл подогревают до температуры 900-9500 С периодически после каждой операции гибки очередного колена.

Характерными особенностями изготовления крупных коленчатых валов из поковок является многократная разметка под обработку на различных операциях и вырезка металла под шатунные шейки.

Шатунные шейки обкатывают на специальных токарных станках при неподвижном вале. Вал устанавливают на станке по размеченному центру шейки, так , чтобы обрабатываемая шейка находилась в центре суппортной рамы. Суппортная рама станка вместе с установочными на ней резцами вращается вокруг шейки, производя ее обкатку.

Технологический маршрут крупных коленчатых валов приведен в таблице1.

**Список литературы**

1. Б.Л.Беспалов Технология машиностроения. М. Машиностроение 1973год 447стр.