



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Технология машиностроения»

А. А. Пучков, М. П. Кульгейко, К. Б. Бабич

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. ТЕХНОЛОГИЯ СБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

ПОСОБИЕ

**по одноименному курсу
для студентов специальности 1-36 01 01**

**«Технология машиностроения»
дневной и заочной форм обучения**

В двух частях

Часть 2

Гомель 2010

УДК 658.5.012.011.56(075.8)
ББК 38.68-02я73
П90

*Рекомендовано научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 7 от 16.02.2010 г.)*

Рецензент: зав. каф. «Металлорежущие станки и инструменты» ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. техн. наук, доц. *М. И. Михайлов*

Пучков, А. А.
П90 Проектирование технологических процессов. Технология сборочного производства : пособие по одноим. курсу для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» днев. и заоч. форм обучения : в 2 ч. Ч. 2 / А. А. Пучков, М. П. Кульгейко, К. Б. Бабич. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2010. – 60 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

Рассмотрены различные виды сборок, основы автоматической сборки изделий и их сборочных единиц.

Для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» дневной и заочной форм обучения.

**УДК 658.5.012.011.56(075.8)
ББК 38.68-02я73**

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2010

1. Сборка неподвижных неразъемных соединений.

1.1. Сборка неподвижных неразъемных соединений с нагревом охватывающей детали.

Сборка с нагревом охватывающей детали или с охлаждением охватывающей детали осуществляют тогда, когда в соединении предусмотрены конструкцией значительные натяги. При тепловых посадках создают натяги в два раза больше натягов при обычных пресовых посадках. Прочность передачи крутящих моментов увеличивается в 2-3 раза. Кроме того часто упрощается и удешевляется сборочное оборудование, ибо отпадает надобность в тяжелых прессах.

Температура нагрева или охлаждения определяется по формуле:

$$t_{н/о} = t_{п} \pm \frac{\Delta + \delta}{K_{\alpha} \cdot d}, \quad (1)$$

где $t_{п}$ – начальная температура детали;

Δ - натяг;

δ - минимальный зазор, позволяющий легко ввести детали друг в друга;

d – диаметр детали;

K_{α} - коэффициент линейного расширения материала детали.

Необходимо, чтобы возникающее от натяга в сопряжении напряжение было меньше предела текучести материала.

В зависимости от конструкции и назначения охватывающей детали ее нагревают в газовых или электрических печах в воздушной или жидкостной среде (если температура должна быть выдержана в узком диапазоне до 110⁰С). Применяются также индукционные печи, теплов которых создается вихревыми токами перемагничивания металлического корпуса – венцы крупных зубчатых колес, муфт, шкивов и др. деталей кольцевой формы.

Крупные охватывающие детали нагревают переносными электроспиральями, устанавливаемыми в отверстия с зазором 20-40мм, максимальная температура нагрева 350-370⁰С. охлаждаются охватывающие детали (после ее установки) в печи потоком воздуха, в масляной ванне или омыванием водным раствором нитрата натрия. При медленном охлаждении дополнительные напряжения минимальны, а при быстром – могут достигать значительной величины.

Прочность соединений, выполняемых с нагревом охватывающей детали, повышается, если поверхность сопряжения покрывается промежуточным слоем материала: при покрытии свинцом в 1,4 раза,

при покрытии цинком в 2,7 раза. Прочность возрастает также при применении синтетических покрытий (ВДУ-3, ГЭН-150 В) при толщине пленки 20мкм приблизительно в 1,6 раза. Большая толщина лаковой пленки способствует сохранению их при распрессовке соединений, а так же предохраняет от задигов при сборке и от коррозии.

1.2. Сборка неподвижных неразъемных соединений с охлаждением.

Способ сборки с охлаждением охватываемой детали имеет ряд преимуществ перед горячей посадкой. Так, нагрев детали сложной конфигурации может являться причиной возникновения температурных напряжений, местных деформаций, снижения твердости и окисление поверхностей деталей. Сборка с применением глубокого холода не имеет таких недостатков. Также для охлаждения требуется меньше времени, чем для нагрева. Прочность соединения при прочих равных условиях в 2-2,5 раза выше прочности соединений с запрессовкой и на 10-15% выше, чем при нагреве. Если детали соединения имеют на поверхности сопряжения гальванические покрытия, то при сборке с охлаждением последние обычно не портятся, а прочность соединения возрастает еще больше. Однако при низких температурах в некоторых марках сталей возможны активные фазовые превращения (превращение остаточного аустенита в мартенсит), в результате которых размеры детали могут увеличиваться. Это приводит к росту величины натяга, что является причиной снижения качества сборки. Поэтому не следует охлаждать стальные детали ниже тех температур, которые необходимы по условиям сборки соединений, а также выдерживать длительное время деталь в камере холодильника.

В некоторых случаях рост размеров стальной детали может быть использован для получения неподвижных соединений. Для этого детали соединяют с небольшим зазором и собранную сборочную единицу охлаждают. В результате в сопряжении возникает натяг.

Охлаждение до 75⁰С производят при помощи твердой углекислоты (сухого льда), а до 150-180⁰С – с помощью жидких кислорода, воздуха, азота. Камеры холодильников требуют тепловой изоляции от внешней среды.

Приступать к охлаждению необходимо после того, как охватываемая деталь полностью подготовлена к сборке. Сопрягаемые поверхности обеих деталей должны быть тщательно протерты и обез-

жирены. При выемке охлажденных деталей следует обязательно пользоваться щипцами или специальными приспособлениями.

При пользовании охлаждающей средой необходимо принимать меры предосторожности, так как действие этой среды на кожу рук вызывает болезненные явления. Ткань пропитанная жидким кислородом, приобретает взрывчатые свойства. Хранить холодильники с остатками жидкого газа необходимо в специальном помещении. Поэтому закрывать отверстия сосудов с жидкими газами воспрещается, так как это может привести к взрыву.

1.3. Сборка продольно-прессовых соединений.

Трудоемкость сборки таких соединений составляет 10-12% от общей трудоемкости сборочных работ. Процесс сборки состоит в том, что к одной из деталей прикладывается осевая сила, которая растет от нуля до максимального значения. Способность прессовых соединений выдерживать значительные нагрузки от натяга. Вследствие натяга на поверхности контакта возникает удельное давление, величина которого определяет характер деформации охватываемой и охватывающей деталей. Эти деформации могут быть упругими для обеих деталей, либо упругими для одной из них и упруго-пластичными для другой. Износостойкость деталей зависит от величины натяга. Гальванические покрытия на сопрягаемых поверхностях обычно повышают прочность соединения. При определении величины натяга целесообразно учитывать микрогеометрию сопрягаемых поверхностей.

Наибольшая сила запрессовки:

$$P = f_{\text{зап}} \cdot n \cdot p \cdot d \cdot L, \text{ (кг)}, \quad (2)$$

где $f_{\text{зап}}$ - коэффициент трения при запрессовке;

p - удельное давление на поверхности контакта, которое зависит от величины натяга, модулей упругости и коэффициента Пуассона, сопрягаемых деталей и диаметра охватываемой детали по поверхности сопряжения в мм(d);

L - длина запрессовки в мм.

Для определения наибольшей силы выпрессовки пользуются вышеприведенной формулой, только $f_{\text{зап}}$ заменяют на коэффициент трения при выпрессовки на $-f_{\text{вып}}$. Обычно силу выпрессовки применяют на 10-15% больше силы запрессовки

В процессе запрессовки применяют различные смазки, предохраняющие поверхности от задиров, уменьшающие коэффициент трения и потребную силу запрессовки Погрешности формы (волни-

стость, огранка) снижает силу запрессовки, т.к. фактическая поверхность контакта деталей, но в этом случае уменьшается и прочность соединения. Наибольшая прочность обычно достигается при скоростях запрессовки до 3мм/сек. С увеличением скорости сила запрессовки уменьшается, но при этом снижается и прочность соединения.

Износ поверхностей сопряжения, величину силы запрессовки и распрессовки можно значительно уменьшить введением слоя масла на поверхности сопряжения. В таких случаях на поверхности контакта делают канавку, в которую через специальное отверстие наливают масло под давлением, которое должно быть выше удельного давления на контактной поверхности.

При запрессовке и распрессовке используется целый ряд различных специальных оправок и приспособлений, а также прессы сборочные, которые подразделяются на универсальные и специальные. Которые в свою очередь подразделяются на приводные и ручные. Ручные бывают: реечные, винтовые, эксцентриковые. Приводные бывают: механические с силой запрессовки от 1,5 до 80тн; электромагнитные (до 1,5тн); удельно-импульсные (до 7тн); пневмогидравлические (от 3,5 до 80тн); гидравлические (от 7 до свыше 80тн); пневматические: с диафрагменной камерой (до 1,5тн), одинарные прямого действия (до 3,5тн), сдвоенные прямого действия (от 1,5 до 7тн) и рычажные (от 1,5 до 1,5тн).

При запрессовке используются в дополнение (к прессам) и ультразвуковые вибрации, которые значительно уменьшают силы, потребные для сборки. Вибрации направляются либо вдоль оси напрессовываемой детали (высокие до 1000G ускорения), либо по радиусу (больше диаметра отверстия). Амплитуды вибраций от нескольких микрон до десятых долей мм, частоты – до 100МГц. Получение эффекта от использования вибраций во многом зависит от рационального выбора амплитуды и частоты колебаний.

1.4. Сборка соединений, собираемых путем пластической деформации деталей.

Пластическую деформацию используют при сборке соединений, натяг в которых создается радиальным расширением охватываемой или сжатием охватывающей деталей. Основное назначение соединений – обеспечить неподвижность и герметичность от проникновения газов или жидкостей. Такие соединения часто встречаются и редко демонтируются, так как разборка обычно сопровождается порчей од-

ной или обеих деталей. Виды пластической деформации: вальцевание, раздача, бортование, осадка, обкатка, формирование, обжатие, раскатывание. Эти операции выполняют на сверлильном станке, с помощью электрической (пневматической) дрели, либо на специальных установках.

В ряде случаев процесс развальцовки труб заменяют либо протягиванием стального шарика, либо взрывом с применением ВВ или с применением электрического «взрыва» проволочки из нихрома или меди под действием тока напряжением 5...10кВ. Проволочка при этом испаряется, создавая кратковременное высокое давление.

1.5. Сборка соединений сваркой.

Прочность сварных соединений обычно не ниже клепаных, они менее трудоемки, более технологичны и поэтому находят все большее распространение в качестве сборочных процессов, которые вводятся зачастую в поток узловой или общей сборки. Распространенными в машиностроении способами сварки являются: контактная – точечная и шовная; дуговая- полуавтоматическая и автоматическая под слоем флюса и в среде защитных газов; электрошлаковая; ультразвуковая. В ряде производств осваиваются новые виды сварки: электронным лучом, плазменно-квантовая, диффузионная.

Главным направлением развития сварки является механизация и автоматизация процессов. Основными элементами сборочно-сварочного процесса являются: подготовка поверхностей под сварку, сборка сборочной единицы, установка сборочной единицы, закрепление, пуск, подвод сварочной головки, подача электрода, сварка, отвод головки, выключение, снятие сваренной сборочной единицы, контроль. Причем, при выполнении сборочно-сварочных работ в мелкосерийном производстве широко применяются механизированные приспособления, а в крупносерийном и массовом – полуавтоматические и автоматические сварочные установки. Например, при сварке кузовов автомобилей применяют сварочные прессы, которые обеспечивают одновременную сварку в 600 точках.

1.6. Сборка соединений пайкой.

Пайкой называют процесс получения неразъемного соединения двух или нескольких деталей с применением присадочного металла – припоя- путем их нагрева в собранном виде до температуры плавления припоя. Расплавленный припой затекает в специально создаваем-

мые зазоры между соединяемыми деталями и диффундирует в металл этих деталей. При этом протекает процесс взаимного растворения и металла деталей, и припоя, в результате чего образуется шов более прочный, чем припой.

Для получения плотности в соединениях используют мягкие припои (обычно оловянисто-свинцовые) с температурой плавления ($t_{пл}$) менее 400С и прочностью ($\sigma \leq 10 \text{ кг/мм}^2$). Если требуется большая прочность соединений, то используются твердые припои (медные, медно-цинковые; медь- серебро- цинк- кадмий и др.) с температурой плавления 400...1200С и $\sigma \leq 50 \text{ кг/мм}^2$.

Процесс пайки включает подготовку сопрягаемых поверхностей деталей под пайку, сборку, нанесения флюса и припоя, нагрев места спая, промывку и зачистку шва. Зазор между сопрягаемыми поверхностями в соединении: при мягком припое - 0,025...0,075мм; серебряном - 0,05-0,08; при пайке медью - 0,012...0,014мм.

В индивидуальном и мелкосерийном производствах распространены способы пайки с местным нагревом посредством паяльника или газовой горелки, в крупносерийном и массовом производствах сборочную единицу при пайке нагревают в ваннах и газовых печах, а также широко применяют электронагрев, в том числе индукционный нагрев ТВЧ. Используется также и ультразвук. Пайка - трудоемкий процесс. Поэтому там, где это возможно, на операциях пайки предусматривают различные средства механизации. В настоящее время создан ряд полуавтоматов и автоматов для газовой, электрической и других видов пайки.

1.7. Сборка соединений склеиванием.

Одним из важных преимуществ склеивания является возможность получения соединений из разнородных металлов и неметаллических материалов. Кроме того, в процессе склеивания можно в значительной степени избежать внутренних напряжений и деформации деталей, так как технология зачастую не требует повышенных температур. В конструкциях машин клеевые соединения применяют либо как самостоятельные, либо в комбинации с другими видами соединений. Например, тугую резьбу заменяют обычной, но – сборку соединения производят с применением клея. Вместо пресовых посадок используют скользящие с введением в зазор клея. Так, при прессовой посадке втулки разрушающая нагрузка при сдвиге равна 160кг, при запрессовке той же втулки с карбинольным клеем - равна 338кг, а при

вклеивании втулки, выполненной по скользящей посадке - равна 452кг.

Существенными недостатками клеевых соединений являются их сравнительно низкая термостойкость, склонность к старению, необходимость в ряде случаев нагревания соединения при склеивании.

В процессе склеивания деталей выполняют следующие работы: Подготавливают поверхности ($Ra=2,5-0,63 \nabla 6 \dots \nabla 8$, очистка путем травления, дробеструйной обработкой, обезжиривание); готовят клей (с использованием клеемешалок и другого оборудования, а также контрольных приборов. Учитывается срок годности клея. На сборку клей выдается в клеевках- особых сосудов из нержавеющей стали с крышками); наносят клей на обе поверхности сопряжения (требуемой толщины, так как с увеличением ее снижается прочность. Используют кисти, пульверизаторы, шпатели; ролики, покрытые фетром; специальные шприцы или особые механизированные установки); поверхности выдерживают и подсушивают с целью удаления растворителей; соединяют склеиваемые детали и создают условия для отверждения клея (выдержка под давлением $0,5 \dots 20 \text{ кг/мм}^2$ и подогрев, если требуется, в термостатах, конвейерных печах или с применением электронагрева – индукционного, диэлектрического. Давление создают посредством пневматических и гидравлических прессов, автоклавов, струбцин или специальных зажимных приспособлений); зачищают соединение и контролируют сборку осмотром, простукиванием или посредством контрольных приборов ультразвуковыми методами

1.8. Сборка заклепочных соединений.

Заклепочные соединения в настоящее время вытесняются сварными, клеевыми и резьбовыми соединениями. Однако, в частях машин, подверженным большим динамическим нагрузкам, применяют заклепочные соединения. Они используются также для соединения плохо свариваемых и склеиваемых материалов и когда стоимость крепления заклепками меньше стоимости резьбовых соединений деталей.

Более распространены заклепки со сплошным стержнем, трубчатые и полутрубчатые; материал заклепок – сталь, медь, латунь и алюминиевые сплавы. Отверстия под заклепки готовят обычно заранее. Если требуется особо повышенная точность в совпадении отверстий, то их сверлят в процессе сборки, одновременно в обеих деталях. Величина зазора между заклепкой и отверстием приблизительно

0,2мм для заклепок с диаметром стержня до 6мм; 0,25мм при диаметре 6...10мм и 0,3мм при диаметре 10...18мм.

Усилие, необходимое для клепки, может быть определено в тоннах: $P_{кл}=25F$ при холодной клепке и $P_{кл}=10F$ при горячей, где F – площадь сечения стержня заклепки в $см^2$. Нагреваются стальные заклепки до 1050-1100⁰С.

Для клепки используются прессы, подвесные или ручные прессы – скобы, клепальные машины ударного действия, и в мелкосерийном производстве - клепальные пневмо- (реже электро) молотки. В условиях массовой сборки заклепочных соединений в малогабаритных сборочных единицах экономически выгоднее применять специализированные установки – полуавтоматы и автоматы.

В конструкциях машин нередко встречаются неподвижные соединения, осуществляемые путем расклепывания одной из деталей собираемой сборочной единицы с обязательным применением специальных приспособлений.

В крупногабаритных сборочных единицах, когда размеры расклепываемой детали (заклепки) значительны, для уменьшения потребных усилий клепки и упрощения технологии сборки нередко переходят на раскатку.

При клепке соединений, работающих в условиях повышенных пониженных давлений, применяют специальные уплотнительные материалы – герметики в виде клееобразной жидкости, пасты или пленки. Герметики накладываются либо на поверхности сопряжения, либо на внешнюю поверхность заклепочного шва. Контроль заклепочных соединений осуществляют осмотром или простукиванием заклепок; плотные соединения проверяют гидравлическим испытанием. Ответственные заклепочные соединения следует контролировать методами рентгеноскопии.

2. Сборка неподвижных разъемных соединений.

2.1. Сборка неподвижных разъемных конических соединений.

Они часто применяются взамен цилиндрических и имеют ряд преимуществ:

1. Обеспечивается самоцентрирование, что особенно важно при установке крупных деталей (маховиков, больших зубчатых колес);

2. Напряженность посадки и необходимый натяг в коническом соединении создаются напрессовкой, охватывающего конуса на охватываемый и поэтому могут регулироваться. Такие соединения применяются часто без шпонок, так как при определенных натягах возможна передача $M_{кр}$ только силами трения, возникающими на поверхности контакта. При этом они удобны в разборке.

3. Конические поверхности вала и охватывающей детали обрабатывают с $Ra=1,25\text{мкм}$ и лучше. Для самоторможения удвоенный коэффициент трения $\text{tg}\varphi'$ при распрессовке конического соединения должен быть больше конусности, то есть:

$$2\text{tg}\varphi' > \frac{D-d}{l} = 2\text{tg}\alpha, \quad (3)$$

Запрессовка производится нагревом охватывающей или охлаждением охватываемой детали, либо с использованием мерного удара(ряда ударов), либо на гидравлических прессах, с помощью домкратов или так называемых гидравлических гаек (с регулированием необходимого давления), а также с помощью обычной гайки, затягиваемой предельным или динамометрическим ключом. Сборку конических соединений производят также с помощью конического штифта, который от руки входит в отверстие на 70-75 % его длины, а затем запрессовывается до конца. Тонкий конец штифта должен выступать над поверхностью детали для облегчения разборки соединения, которая осуществляется специальными выколотками с соответствующими подставками.

2.2. Сборка разъемных шлицевых соединений.

Соединение деталей по шлицам позволяет обеспечить более точное центрирование, чем со шпонкой, а также повышенную прочность.

Распространены прямобочные, эвольвентные и треугольные шлицевые цилиндрические соединения. В прямобочном – охватывающая деталь может быть центрирована по наружной поверхности шлицев, по поверхности впадин или по боковым сторонам шлицев. В эвольвентных – центрирование осуществляется профилями зубьев или по наружной поверхности шлицев. При треугольных шлицах, детали центрируются по боковым профилям шлицев. В зависимости от применяемой посадки центрирующих поверхностей шлицевые соединения бывают: тугоразъемные, легкоразъемные и подвижные. При сборке шлицевых соединений полная взаимозаменяемость даже в ус-

ловиях массового производства обычно не достигается из-за весьма малых зазоров, выдерживаемых в центрирующих сопряжениях.

Сборку шлицевых соединений начинают с осмотра состояния обеих деталей (забоины, задиры, заусенцы, - не допустимы; проверяются внешние фаски и закругления внутренних углов шлицев). В тугоразъемных соединениях охватываемую деталь обычно напрессовывают на вал при помощи специального приспособления или на прессе (применение молотка не рекомендуется). Возможен подогрев до 80-120⁰С охватываемой детали перед запрессовкой.

После установки и закрепления охватываемой детали на шлицах соединение проверяют на радиальное и торцевое биение, Величины которых зависят от назначения соединения и указываются в сборочном чертеже или технические требования на сборку. В легкоразъемных и подвижных соединениях дополнительно проверяется перемещение по шлицам и на качку, величина которой определяется техническими требованиями на сборку. Особое значение в подвижных шлицевых соединениях имеет соосность охватываемой детали и шлицевого вала, при нарушении которой в постоянном контакте теоретически будет находиться только один шлиц, что ухудшает условия работы соединения.

2.3. Сборка разъемных соединений со шпонкой.

Размеры шпонок выполняют по системе вала, т.к. посадки в пазах вала и ступицы, как правило, различны. При неподвижных соединениях шпонку устанавливают в паз вала плотно или с натягом, а в пазу ступицы посадка создается более свободная. Плотную посадку шпонки в пазу втулки применяют обычно тогда, когда втулка, передавая крутящий момент, должна свободно перемещаться вдоль оси вала. Недопустимо, чтобы обе сопрягаемые поверхности одновременно «сидели» на призматической или сегментной шпонке. Используются также клиновые шпонки, уклон которых должен соответствовать уклону дна паза охватываемой детали, т.к. иначе ступица будет сидеть на валу с перекосом. Постановка шпонок осуществляется под прессом или с помощью струбцин (не следует пользоваться ударными инструментами). При вынимании шпонок из пазов обычно применяют мягкие выколотки. Разборку соединения со шпонками производят сдвиганием охватываемой детали с посадочного места, а при креплении детали на конце вала – удалением шпонки из паза. Для облегчения работы в торце шпонки целесообразно предусматривать отвер-

стие с резьбой, которое используется для установки Г-образного штыря, сцепляющегося со съемником. До сборки (и в процессе ее) ответственных призматических шпоночных соединений делают проверки: глубины и ширины шпоночных пазов; высоты и ширины шпонки; параллельно боковых сторон шпонки; параллельно боковых сторон шпоночных пазов оси детали; величину выступающей части шпонки над продольной образующей детали.

Недостатки шпоночных соединений: при передаче больших и особенно знакопеременных крутящих моментов шпоночный паз на валу приходится делать глубоким – снижается прочность вала; при боковых зазорах между шпонкой и пазом последний постепенно разрабатывается, что может привести к срезу шпонки или деформации ее. Поэтому начали применяться бесшпоночные соединения с упруго-пластической втулкой, которая деформируется за счет поджатия гайкой.

2.4. Сборка неподвижных разъемных резьбовых соединений.

Резьбовые соединения в конструкциях машин составляют 15-25% от общего количества соединений, что объясняется их простотой и надежностью, удобством регулирования затяжки, а также возможностью разборки и повторной сборки соединений без замены деталей. Однако, трудоемкость сборки резьбовых соединений машин составляет 25-35% общей трудоемкости сборочных работ.

Резьбовые соединения осуществляются с использованием болтов, винтов, шпилек, наличия наружной или внутренней резьбы на одной или обеих из соединяемых деталей, гаек и др. деталей, предназначенных, как правило, для стопорения резьбовых соединений, что предохраняет их от самоотворачивания. При этом стопорение осуществляется упругой шайбой (75-80% резьбовых соединений), шплинтами (10-12%), специальными шайбами (5-7%), проволокой (1-2%), а также контргайкой, винтом, самостопорящимися гайками, местного пластического деформированием (накерниванием), однокомпонентными клеящими лаками на пластмассовой основе (мелкие резьбовые соединения в электротехнической промышленности) и др. Стопорение шпилек в корпусной детали осуществляется: коническим сбегом резьбы, упорным буртом шпильки, тугой резьбой с натягом по среднему диаметру, постановкой шпильки на клею и при автоматизированном способе постановки за счет сил трения по торцу шпильки и плоскому дну отверстия в корпусной детали.

Процесс сборки резьбового соединения в общем случае складывается из следующих элементов: подачи деталей, установки их и предварительного ввертывания (наживления), подвода и установки инструмента, завинчивания (на величину свободного хода), затяжки, отвода или (и) замены инструмента, дотяжки, отвода инструмента, стопорения резьбового соединения.

При механизированном выполнении работ предварительное ввертывание во многих производствах производится вручную, так как от доброкачественности наживления зависит правильная установка одной детали по резьбовому отверстию другой, а также возможность исключения срыва первых ниток резьбы, что нередко приводит к порче дорогостоящих корпусных деталей.

Для завинчивания гаек, винтов и др. резьбовых деталей применяют ручной и механизированный инструмент и установки. Ручным инструментом условно называют отвертки и гаечные ключи: открытые, накладные (шести и двенадцатигранные), торцевые и специальные, в том числе ключи (отвертки) – коловороты; а автоматизированным – электрические, пневматические или гидравлические переносные и стационарные (закрепленные на рабочем месте) гайковерты, которые повышают производительность труда в 2-2,5 раза.

Процесс навинчивания гайки (завинчивания винта) условно состоит из трех элементов: наживления, навинчивания на величину свободного хода и затяжки с заданным крутящим моментом. При большом числе гаек (винтов) рекомендуется завертывать их в определенном порядке, что исключает перекосяк и коробление соединяемых деталей. Недовернутая гайка или винт вызывает перегрузку соседних с ним болтов (шпилек) или винтов, что может явиться причиной их разрыва во время работы машины.

Общий принцип при ручном способе постановки большого числа гаек (винтов) – первоначально наживить и завернуть на величину свободного хода все гайки (винты), а затем затягивать сначала средние гайки (как правило, при двухрядном их расположении), затем пару соседних справа и пару соседних слева и т.д., по так называемому «методу спирали». Причем, все гайки затягиваются постепенно, например, сначала на $1/3$ момента затяжки, затем на $2/3$ и, наконец, на полную величину крутящего момента затяжки. Гайки (винты) расположенные по кругу, затягивают крест-накрест и причем тоже постепенно.

В групповых резьбовых соединениях затяжка последующих гаек (винтов) вызывает самоослабление уже затянутых, при этом иногда в значительных пределах – 20-25%. Гайки болтов (шпилек) или винты ответственных соединений целесообразно после полной затяжки несколько ослабить (в обратной последовательности по сравнению с затягиванием их), а затем повторно затянуть. Этим достигается повышение жесткости в стыках соединяемых деталей. Если же в сопряжении деталей имеется упругая прокладка, то через 24 часа или 48 часов после сборки еще раз следует подтянуть гайки (винты), что должно быть оговорено в технологическом процессе сборки изделия.

Обеспечение требуемой величины крутящего момента затяжки резьбового соединения является весьма ответственной частью технологии сборки. Простейшим способом ограничения величины крутящего момента при затягивании гаек является выбор соответствующей длины рукоятки ключа. Для этого же наиболее часто используются специальные ключи:

- предельные, автоматически выключающиеся при достижении необходимого крутящего момента затяжки;
- динамометрические, показывающие величину прилагаемого крутящего момента при затяжке резьбового соединения.

В процессе разборки сборочной единицы с групповым резьбовым соединением целесообразно придерживаться обратного порядка отвинчивания гаек (винтов), что позволяет предотвратить перекосы скрепляемых деталей. Причем, рекомендуется вначале поочередно слегка отпустить все гайки (винты) и после этого отвинтить их полностью.

Основные проблемы, возникающие при сборке резьбовых соединений, с одной стороны, связаны с необходимостью повышения производительности труда, следовательно, с повышением уровня автоматизации и механизации процессов сборки, а с другой стороны, с необходимостью обеспечения высокой точности затяжки резьбовых соединений, которая обеспечивается используемым инструментом. Известно, что точность и стабильность затяжки резьбовых соединений будет выше у инструментов, работа которых основана на приложении внешнего крутящего момента, чем у ударно-импульсных инструментов (редкоударные инструменты обеспечивают большую стабильность затяжки резьбовых соединений, чем частоударные – как правило, гайковерты). Точность затяжки резьбового соединения определяется, как правило, статистическим методом.

3. Сборка подвижных разъемных соединений.

3.1. Сборка сборочных единиц с цельными подшипниками скольжения.

Установка подшипников скольжения в корпусе зависит от конструкции подшипников и собираемой сборочной единицы. Подшипники скольжения бывают цельными и разъемными. Цельный подшипник представляет собой втулку, изготовленную из антифрикционного материала, а разъемный - состоит из двух частей-вкладышей с диаметральной разъемом.

Процесс установки цельного подшипника (втулки) в корпус включает его запрессовку, закрепление от провертывания и подгонку отверстия.

Запрессовку, в зависимости от размеров втулки и корпуса, а также натяга в сопряжении, производят при обычной температуре, с нагревом корпуса или с охлаждением втулки. Перед запрессовкой втулка и отверстие корпуса должны быть тщательно осмотрены, острые углы на торцах зачищены, а поверхности сопряжения протерты и при больших натягах, как правило, смазаны машинным маслом или другими смазками для избежание задира сопрягаемых поверхностей деталей.

Простейший способ запрессовки втулки в корпус - при помощи обычной универсальной выколотки и молотка в условиях единичного и мелкосерийного производства. Удовлетворительные результаты получаются при малых натягах, относительно большой толщине стенок втулки и при тщательном выполнении операции, обеспечивающем надежное центрирование втулки и отверстия корпуса. Для этого применяют несложные приспособления, обеспечивающие втулке направление и предотвращающие ее перекашивание. Однако диаметр втулки при этом способе запрессовки уменьшается и возможно также искажение ее формы. Поэтому при значительных натягах тонкостенных втулок, во избежание перекосов и сдавливания их, они при запрессовке более точно центрируются относительно отверстия в корпусе с помощью утолщенной цилиндрической части самой оправки, которая создает направление для запрессовки и центрирует втулку в этом направлении. Для избежания перекоса самой оправки она может иметь направляющий стержень, который обеспечивает необходимое центрирование оправки по отношению к отверстию корпуса. Последовательную запрессовку нескольких втулок производят с помощью спецприспособлений, которые обычно используются и для выпрессовки втулок из от-

верстий корпуса. При монтаже втулок в стесненных или неудобных для работы руками местах корпуса, целесообразно пользоваться оправкой с тремя подпружиненными шариками, которые удерживают втулку на центрирующей части оправки.

При установке втулок с нагревом охватываемой детали, последнюю помещают в электрическую печь или ванну с горячим маслом. Время выдержки зависит от формы, веса и материала детали. Запрессовку втулки в нагретый корпус следует проводить по возможности быстро, так как втулка будет нагреваться и расширяться, что усложнит операцию. Если втулка идет неправильно или деформируется, то запрессовку надо прекратить, а втулку при помощи выколотки аккуратно выпрессовать. Установить причину погрешности и устранить ее. Аналогично поступают и при установке в отверстие корпуса втулки с ее охлаждением.

После установки втулки в отверстие корпуса, ее, как правило, закрепляют от проворачивания: стопором с резьбой (в корпусе резьбовое отверстие под стопор сделано заранее и по нему сверлят сквозное или глухое отверстие во втулке после ее запрессовки), штифтом (по отверстию в буртике втулки сверлят отверстие в корпусе), винтом (если отверстие под винт и его головку в буртике втулки сделано заранее, то по нему после запрессовки втулки сверлят отверстие в корпусе и нарезают в нем резьбу, либо после запрессовки втулки сверлят в буртике отверстие под резьбу, затем буртик втулки рассверливают и зенкуют под винт, нарезают резьбу в корпусе и заворачивают винт так, чтобы его головка была утоплена относительно торца на 0,2-0,3мм), резьбовым штифтом (сверлится отверстие под резьбу и нарезается в нем резьба после запрессовки втулки), гладким стопором (удерживается в корпусе за счет обжата металла) либо коническим штифтом (в корпусе отверстие под штифт сделано заранее, по нему высверливается лыска перпендикулярно цилиндрической образующей во втулке и ударами молотка запрессовывается конический штифт).

При посадках со значительным натягом, зачастую искажается форма и уменьшается размер отверстия втулки, что требует дополнительной обработки отверстия после монтажа втулки. Чистовое растачивание или протягивание втулки производят в механических цехах, а развертывание, шабрение и калибрование - обычно в сборочных. После развертывания острые кромки зачищают шабером и тщательно промывают сборочную единицу. Калибрование выполняют на пневматическом прессе либо шариком (при $l/d < 8$), либо прошивкой - обеспечивая

IT7-IT8 и $Ra = 1.6-0.4 \mu\text{м}$ при припусках от 0,09 до 0,15мм (цветные сплавы, чугун, сталь). При малых натягах дополнительная обработка, как правило, не требуется, но обязательно закрепление подшипника от повертывания.

Известно, что допускаемая удельная нагрузка на цапфе вала будет тем больше, чем тоньше масляный слой в подшипнике, который зависит от состояния подшипника и может быть тем меньше, чем тщательнее обработаны и собраны цапфа и втулка. Если хорошо обработанная втулка при сборке деформируется и получит овальную или коническую форму, а также если она будет установлена с перекосом или будет повреждена ее рабочая поверхность, то вследствие этих погрешностей в подшипниках возможно местное сухое трение, так как толщина масляного слоя в разных местах будет различной, что приведет к снижению несущей способности подшипника, он будет работать ненормально и быстрее изнашиваться. Поэтому после сборки следует тщательно проверить состояние рабочей поверхности и форму запрессованной втулки, не допуская указанных дефектов, а также царапин, трещин, отслаивания антифрикционного слоя и других погрешностей.

Овальность и конусность отверстия запрессованной втулки обнаруживают промером диаметров отверстия индикаторным нутромером в двух взаимно перпендикулярных направлениях в двух-трех поясах, либо с помощью пневматических калибров в условиях массового производства. Перпендикулярность оси отверстия запрессованной втулки торцу корпуса проверяется: с помощью угольника измерительного устройства, краем буртика калибра (с использованием щупа), на краску, либо контрольным приспособлением с индикатором. Контролируется, в случае необходимости, торцевое сопряжение вала с втулкой по галтели. Иногда для получения галтели втулку после запрессовки развальцовывают на сверлильном станке или с помощью сверлильной машинки, применяя вальцовки с фигурными роликами.

В ряде конструкций сборочных единиц вместо цельных предусмотрены свёртные втулки, изготовленные из калиброванной антифрикционной или биметаллической (сталебронзовой, сталебаббитовой) ленты. Эти втулки, например, применяют в шатунах многих двигателей внутреннего сгорания. Сборочные единицы с такими втулками собирают также, как и с цельными втулками.

Широкое распространение получают подшипники скольжения из пластических масс, например, из полиамидов (поликапролактама, нейлона, капрона и др.). Цельные пластмассовые втулки с разрезом, выпол-

няющие роль компенсирующего зазора, монтируют как металлические свертные. Зазоры в сопряжениях с валом пластмассовых втулок несколько больше, чем при металлических втулках, так как при работе из-за худшей теплопроводности полимерных материалов их размеры больше изменяются, что может привести к заклиниванию вала.

3.2. Сборка сборочных единиц с разъемными подшипниками скольжения (толстостенными и тонкостенными).

Разъемные подшипники могут быть толстостенные и тонкостенные, что определяется отношением (K) толщины стенки (без заливки) к наружному диаметру. Для толстостенных подшипников $K=0,065-0,095$, а для тонкостенных $K=0,025-0,045$. Комплект разъемных подшипников состоит из двух вкладышей и во многих конструкциях нарушение этой комплектации не допускается.

Вкладыши толстостенных подшипников изготавливают из малоуглеродистой стали, чугуна или бронзы и заливают баббитом или др. антифрикционным сплавом, толщина которого равняется $0,01d+(0,5...2)$ мм, где d -диаметр отверстия подшипника. Вкладыши устанавливают в корпус и в крышку с небольшим натягом. Для этого деревянную или алюминиевую планку накладывают на обе плоскости разъема вкладыша и по ней наносят легкие удары. Для предотвращения перемещения вкладышей применяют установочные штифты, которые при помощи прессы или выколотки и молотка запрессовывают в корпус с натягом $0,04-0,07$ мм. Вкладыши устанавливаются на штифт с зазором $0,1-0,3$ мм. Кроме того, в одной из половин вкладышей отверстие под штифт в плоскости возможного вращения подшипника должно иметь несколько вытянутую форму, чтобы при перекосе плоскостей разъема вкладыш мог самоустанавливаться. Перед установкой все сопрягаемые детали проверяются, а при наличии заусенцев они зачищаются шабером. Не допускается несовпадение масляных каналов более $0,2$ их диаметра. Масляные каналы должны быть промыты керосином при помощи шприца. В единичном производстве после подгонки вкладышей по месту на них должны быть нанесены метки.

Крышки подшипников, как правило, фиксируют штифтами, пазами, шипами или на точно пригнанных болтах. Штифты запрессовывают в корпус с натягом $0,03-0,07$ мм. Посадка крышки в пазах может быть с небольшим зазором или натягом. На шипе натяг может быть двусторонним или односторонним. Для получения однородности посадки в крупносерийном и массовом производствах крышки сортируют по поса-

дочному размеру на две-три группы. Установка крышек производится легкими ударами

деревянного или пластмассового молотка. В процессе сборки крышки приходится демонтировать, для чего используются пневматические или пнев-могидравлические съемники одиночного или группового действия.

Толстостенные вкладыши можно пригонять в процессе сборки по месту или они могут быть взаимозаменяемые в крупносерийном и массовом производствах. В первом случае требуемые размеры отверстия получают путем одновременного развертывания собранных подшипников при одной установке приспособления. При этом возможные деформации вкладышей до их совместной обработки не оказывают влияния на состояние рабочих поверхностей подшипников. Взаимозаменяемые вкладыши обрабатываются по жестким допускам до сборки, либо используется селективная сборка. Поэтому деформация таких вкладышей может явиться причиной искажения формы отверстия и вызвать ухудшение работы подшипника. Вкладыш нормально работает только тогда, когда не менее 85% его наружной поверхности равномерно прилегает к постели корпуса или крышке. Если площадь контакта меньше и вкладыш опирается только некоторыми участками, то на этих участках возникают повышенные сжимающие напряжения, являющиеся причиной появления усталостных трещин в антифрикционном слое. Перенапряжение антифрикционного слоя возможно также при значительной овальности или конусности поверхности и даже из-за наличия канавок для масла на постели. Надлежащую плотность соприкосновения невзаимозаменяемых вкладышей с постелью корпуса и крышки иногда обеспечивают увеличенными натягами, что недопустимо для взаимозаменяемых вкладышей. Следовательно, требования к качеству подбора и установки взаимозаменяемых толстостенных вкладышей должны быть более жесткими.

Тонкостенные вкладыши изготавливают из малоуглеродистой стали и заливают изнутри слоем антифрикционного сплава. Распространены сталебаббитовые и сталебронзовые вкладыши, получаемые заливкой свинцовистой бронзы в стальную трубу, а также сталеалюминиевые биметаллические, изготовленные из полосы. В быстроходных автомобильных двигателях используют триметаллические вкладыши со стальным основанием, металлокерамическим или медно-никелевым подслоем и баббитовой заливкой. В зарубежной практике распространены биметаллические вкладыши, имеющие стальное основание и антифрикцион-

ный слой из спеченной свинцовистой бронзы. Эти вкладыши просты в изготовлении и значительно дешевле, чем со свинцовистой бронзой. Иногда в тяжелонагруженных сборочных единицах более нагруженный вкладыш изготавливают из стали со свинцовистой бронзой, а парный с ним - из стали с оловянистым баббитом. Тонкостенные вкладыши взаимозаменяемы (в случае необходимости - селективная сборка), но верхний и нижний вкладыши образуют комплект, замена в котором одного из них не допускается. При сборке также не допускаются никакие пригоночные работы на тонкостенных вкладышах. Поэтому сопрягаемые с ними детали изготавливают в более жестких допусках.

Постели под тонкостенные вкладыши обрабатывают с повышенной точностью (овальность не более 0,02мм, конусность 0,01-0,015мм на 100мм диаметра), так как вкладыши при зажиме копируют форму постели. Сопрягаемые поверхности постелей и вкладышей имеют $Ra=1,6-0,8\text{мкм}$. Длина наружной окружности двух тонкостенных вкладышей несколько больше длины окружности постели. Поэтому при сборке происходит сжатие вкладышей и за счет этого достигается плотное их прилегание к постели, то есть копируется форма постели. Причинами неравномерного прилегания являются местные вмятины на сопрягаемых поверхностях, конусность и овальность постелей, непараллельность торцевых поверхностей стыка образующим наружной поверхности вкладышей, чрезмерная шероховатость поверхностей. Фиксация тонкостенных вкладышей в постели осуществляется посредством специального уса, выштампованного в месте разъема, реже установочными штифтами. Усы упираются в опорные плоскости крышки или корпуса подшипника и препятствуют проворачиванию вкладышей, а также их осевому смещению.

Создание чрезмерно больших натягов недопустимо, так как это может вызвать в материале вкладышей напряжения, приближающиеся к пределу текучести. Кроме того, половинки вкладышей в месте стыка деформируются и могут соприкоснуться с шейкой вала, что увеличивает удельное давление и может привести к быстрому нагреву и разрушению антифрикционного слоя. Чтобы не допустить этого, концы вкладышей делают обычно тоньше на 0,03-0,05мм, чем в среднем сечении. Однако и недостаточный натяг также ухудшает условия работы подшипника, так как при этом затрудняется теплоотдача, а перегрев может быть причиной растрескивания и выкрашивания заливки.

В связи с тем, что точность изготовления тонкостенных вкладышей при малой их жесткости очень высокая, к сборщику предъявляют-

ся повышенные требования в отношении культуры сборки этих соединений. Вкладыши и гнезда при окончательной сборке должны быть тщательно промыты и обдуть воздухом, так как попадание даже мельчайших посторонних частиц между вкладышами и гнездом неизбежно вызывает искажение формы подшипника, нарушает его нормальную работу и ведет к быстрому выходу подшипника из строя. Следует также предохранять вкладыши от коррозии, возникающей в результате соприкосновения с их рабочими поверхностями потных рук. С этой целью при сборке целесообразно применять хлопчатобумажные перчатки или смазывать руки специальной эмульгирующей смазкой.

Большое значение для обеспечения нормальной работы подшипников при многоопорном вале имеет их соосность. Поэтому после установки подшипников многоопорного вала их необходимо проверить на соосность (например, для некоторых тракторных двигателей смещение осей соседних опор не должно превышать 0,02мм, а для всех опор - 0,03мм). Соосность может быть проверена: макетным валом, диаметр которого меньше минимального диаметра отверстия на двойную величину допускаемой несоосности (вначале под макетный вал в каждом подшипнике подкладывают полоски тонкой бумаги, которые должны хорошо зажиматься, а затем делается проверка на краску - шабрением обеспечивается соосность); калибром и индикатором - для крупногабаритных сборочных единиц повышенной точности; пневматическим контролем - в крупносерийном и массовом производствах; с использованием струны (диаметр проволоки 0,25-0,5мм) - для сборочных единиц с диаметрами отверстий более 200мм и большим расстоянием между крайними опорами; оптическими методами: с помощью телескопа и коллиматора, автоколлиматора и зеркала, автоколлиматора с лазерным устройством (для особо точного центрирования); гидравлическим способом, применяя сифонное приспособление (используется принцип сообщающихся сосудов) - для сборочных единиц с чрезвычайно большими расстояниями между крайними опорами.

В мелкосерийном производстве сборку толстостенных подшипников обычно начинают с подгонки их по валу, то есть шабруют по шейке вала с проверкой на краску. В ряде конструкций шатунных подшипников в месте разъема их предусмотрены регулировочные прокладки, с помощью которых в процессе эксплуатации поддерживается постоянный масляный зазор или регулируется плотность посадки вкладыша в отверстие корпуса шатуна в процессе эксплуатации машины после того,

как произойдет обжатие вкладыша и смятие микронеровностей на его наружной поверхности.

Перед сборкой подшипника (шатунного толстостенного), предварительно подобрав шатуны по весу, необходимо проверить, чтобы регулировочные прокладки были чистыми, ровными и гладкими, а крепежные болты должны входить в отверстия разъемной головки шатуна плотно, без качки или даже под легкими ударами медного молотка.

Пригонку подшипника производят следующим образом: шейку вала, по которой ведут пригонку, смазывают тонким слоем краски; на шейке устанавливают шатун с регулировочными прокладками и затягивают болты; коленчатый вал для получения отпечатков на поверхности трения подшипника несколько раз повертывают, удерживая шатун за меньшую (верхнюю) головку в вертикальном положении (целесообразно, чтобы коленвал был уже смонтирован в картере, так как в этом случае при шабрении шатунных подшипников для направления верхней головки шатуна могут быть использованы монтажные поршни. Такой способ более трудоемок, но имеет преимущество перед способом пригонки по свободному коленвалу, так как предотвращает непараллельность осей верхней и нижней (большей, в которую и монтируется разъемный подшипник) головок шатуна; разобрав после этого шатун и подшипник, приступают к шабрению тех мест на вкладышах, которые хорошо видны по отпечаткам краски; подшипник и шейку вала тщательно протирают хлопчатобумажной салфеткой и на шейку наносят новый слой краски, а шатун (с подшипником) опять устанавливают на шейке. Эти операции выполняют до тех пор, пока равномерно распределенные мелкие отпечатки краски составят не менее 75-85% общей поверхности подшипника. Для подшипников средней точности на площади 25×25мм число пятен должно быть 12-16, выше средней точности - 16-20 и высокой точности - 20-25. Затем шатун собирают на шейке без нанесения краски и проверяют качество пригонки на блеск. Блестящие пятна должны располагаться равномерно и занимать не менее 70-80% рабочей поверхности вкладышей.

После подгонки подшипника нижней головки, шатун проверяют на параллельность осей головок (для автотракторных двигателей обычно не более 0,03-0,04мм) и скрещивание осей, то есть находятся ли оси в одной плоскости (не более 0,05-0,06мм). Проверки выполняют на приспособлении, которое обеспечивает разжимной оправкой фиксацию оси большой головки шатуна, а в малую головку вводится контрольная цилиндрическая оправка, которая фиксируется в кольце приспособления в

определенном положении по отношению к измерительным наконечникам индикаторных головок, установленных попарно в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

В крупносерийном производстве шатуны быстроходных двигателей поступают обычно на сборку после окончательной обработки в механических цехах. Поэтому операция пришабривания толстостенного подшипника нижней головки не выполняется. Если же шатун имеет тонкостенный подшипник, то какая-либо пригонка его при сборке вообще запрещается. Для получения требуемого по техническим условиям сопряжения, коленвалы, в зависимости от диаметров шеек и шатуны по диаметру отверстия подшипника сортируют на две-три размерные группы, то есть используется метод селективной сборки для получения необходимой величины масляного зазора. Однако, указанные выше проверки взаимного расположения осей отверстий верхней и нижней головок шатуна выполнить необходимо.

3.3. Сборка сборочных единиц с радиальными шарикоподшипниками.

Подшипники качения монтируют в сборочных единицах по двум, как правило, неподвижным (различным) посадкам (внутреннего кольца с валом и наружного - с корпусом), обычно без специальных креплений, препятствующих проворачиванию.

Напрессовка подшипника качения на вал и в отверстие корпуса вызывает деформацию колец, что может привести к заклиниванию подшипника при больших величинах натягов. Практически можно считать, что изменение диаметра беговых дорожек составляет для внутреннего кольца около 0,7 фактического натяга при напрессовке подшипника на вал и для наружного кольца - около 0,8 натяга при установке его в корпус. При этом фактический натяг принимают равным 80% теоретического натяга.

Учитывая, что для подшипника среднего размера и точности радиальный зазор до напрессовки составляет 5-25 мкм, то и из-за неодинакового нагрева его колец может произойти уменьшение радиального зазора, что следует также учитывать при сборке. Посадки колец устанавливаются таким образом, чтобы вращающееся кольцо подшипника было неподвижно, а невращающееся кольцо имело более слабую посадку, дающую возможность проворачивать его от руки в ненагруженном состоянии, что обеспечит более равномерный износ беговой дорожки невращающегося кольца подшипника качения.

В сборочных единицах с подшипниками качения внутреннее кольцо может удерживаться на валу: за счет натяга; постановки в канавку вала разрезного пружинного кольца; втулкой, прижимаемой гайкой; муфтой или другой каким-то образом зафиксированной от осевого смещения на валу деталью; с помощью резьбового соединения, предусмотренного конструкцией сборочной единицы. Во многих современных машинах используют подшипники качения, имеющие встроенное армированное резиновое уплотнение, что обеспечивает одноразовую смазку такого подшипника на весь срок его работы. Такой подшипник устанавливают на вал обычным способом, а затем производят затяжку двух стопорных винтов через удлиненное внутреннее кольцо для фиксации подшипника в осевом направлении.

Подшипники монтируют в корпус обычно после установки их на валу. Крепления подшипников в корпусе для предотвращения от осевого смещения применяют как для разъемных, так и для неразъемных корпусов: ограничительное кольцо и крышку устанавливают в канавках отверстия корпуса лишь при наличии диаметрального разъема корпуса; постановка одного или двух разрезных пружинных колец в канавки отверстия корпуса; с упором в буртик отверстия или (и) торец крышки, которая либо заворачивается в отверстие корпуса с последующим стопорением от самоотворачивания, либо фиксируется с помощью набора прокладок винтами (болтами), проходящими через фланец крышки; а также практически в любом другом сочетании из указанных возможных фиксаций подшипника в отверстии корпуса.

Так как кольца подшипников имеют малую жесткость, очень важно при сборке не допустить их перекоса, что достигается обеспечением плотного контакта колец с буртиками вала, корпуса или промежуточной деталью.

Для осуществления надежного сопряжения подшипника с валом и корпусом, посадочные места должны быть чистыми, гладкими, без рисок, задиров и коррозионных пятен; посадочные поверхности для высокоточных подшипников должны иметь $Ra=1,6-0,4\text{мкм}$, а для менее точных и торцов заплечиков валов и корпусов – $Ra=6,3-1,6\text{мкм}$. Допустимые отклонения от правильной геометрической формы мест посадки шарико- и роликоподшипников на валах и в корпусах должны быть: овальность и конусность - не более $0,5-0,25\text{мм}$ допуска на диаметр, биение заплечика порядка $0,02-0,03\text{мм}$ на валу и $0,04-0,07\text{мм}$ в отверстии корпуса (контроль производится индикатором или миниметром).

Сборку сборочной единицы вал-подшипник качения осуществляют следующим образом. Подшипник тщательно промывают в 6% растворе масла, в бензине или в горячих (75-80°C) антикоррозионных водных растворах. В хорошо промытом подшипнике наружное кольцо легко и равномерно вращается, если удерживать подшипник в горизонтальном положении за внутреннее кольцо.

Промытый подшипник нагревают в масляной ванне (60-100°C) в течение 15-20 мин и после этого устанавливают на вал, доводя до места небольшим осевым усилием, так как гарантированный натяг при нагреве переводится в гарантированный зазор в сочленении вала с внутренней обоймой подшипника. При этом сторона подшипника с заводским клеймом должна быть снаружи. Подшипники целесообразно нагревать в электрованне с точным контролем температуры масла.

Операцию напрессовки проводят с применением оправок, так как наносить удары непосредственно по подшипнику нельзя ибо при этом могут быть повреждены кольца, поломаны шарики, сепаратор и т.д. При этом осевая сила прикладывается к тому кольцу, которое при данной операции сопрягается с базовой деталью. Если подшипник одновременно устанавливается на вал и в корпус, то усилие передается на торцы обоих колец. Во избежание перекоса подшипника при его запрессовке, необходимо применять подставки, обеспечивающие хорошее базирование деталей сборочной единицы. Если для напрессовки требуются большие силы, то применяют стационарные пневматические или гидравлические прессы или же переносные гидравлические приспособления. Для напрессовки крупногабаритных подшипников качения удобно применять так называемые гидравлические гайки, накрученные на резьбу вала или закрепленные торцовым винтом; либо гидропрессовый способ монтажа с нагнетанием между сопрягаемыми поверхностями минерального масла, что в несколько раз снижает требуемое усилие, по сравнению с обычным способом напрессовки.

После установки подшипника на вал следует убедиться в том, что шарики его не защемлены. Наружное кольцо должно вращаться равномерно, без заедания, с незначительным шумом. Простейшим способом определения наличия радиального зазора (e) является проверка осевого зазора (C), между которыми для радиальных шарикоподшипников существует зависимость

$$C = 2\sqrt{(2r - d_{ш})e}, \quad (4)$$

где r - радиус желоба;

$d_{ш}$ - диаметр шарика.

Радиальный зазор может быть проверен в спецприспособлении, либо на качку. Проверяют также плотность соприкосновения торца кольца с буртиком или заплечиком (в отдельных случаях допускается зазор до 0,05мм на дуге, равной 30-40% длины окружности вала).

Получаемые при контроле зазоры являются условными, так как их численное значение определяется не только размерами элементов, но и величиной контактных деформаций, зависящей от измерительного усилия, а также способом измерения и характером закрепления сборочной единицы при проверке. Поэтому в технологическом процессе сборки конкретной сборочной единицы требуется указывать, какой применяется метод контроля зазоров, в противном случае, ошибка измерений может оказаться сопоставимой с величиной контролируемого зазора.

Крупногабаритные подшипники качения, устанавливаемые в разъемные корпуса, часто проверяют на прилегание наружного кольца к посадочной поверхности по краске. При хорошем прилегании контакт должен быть не менее 75% площади поверхности. При плохом прилегании возможно пришабривание посадочных мест. Для предотвращения сжатия кольца подшипника в местах разъема, отверстие в корпусе расшабривают на ширине 15мм вдоль разъема на глубину 0,15мм (для подшипников диаметром 120-260мм). Если габариты и вес сборочной единицы позволяют выполнить операцию установки подшипника на прессе, то эту возможность целесообразно использовать в технологии, предусмотрев соответствующую оснастку, обеспечивающую необходимое качество сборки. В противном случае применяют переносные пневматические или гидравлические приспособления.

При установке в сборочной единице двух или большего количества шарикоподшипников один из них фиксируют от осевых смещений на валу и в корпусе, а остальные необходимо фиксировать только на валу или только в корпусе. Это необходимо для компенсации возможных неточностей сборки и изготовления, а также во избежание заклинивания шариков при температурных деформациях деталей. Определить заранее закономерность изменения температуры деталей сборочной единицы с подшипниками качения при работе изделия практически невозможно. Поэтому в конструкции сборочной единицы должна быть предусмотрена необходимая величина осевого зазора для взаимного перемещения вала и корпуса, которая должна быть обеспечена при сборке (обычно зазор более 1мм на 1 м расстояния между крайними

подшипниками). Для этой же цели используют подшипники, имеющие увеличенные осевые зазоры.

При монтаже самоустанавливающихся подшипников важно не допустить их перекоса, который может быть при несоосности отверстий в корпусе, неперпендикулярности торцевой плоскости корпуса к оси отверстия или непараллельности упорной и опорной плоскостей крышки. Перекосы нарушают нормальную работу подшипника, дорожки качения смещаются, шарики при их движении получают переменную скорость, создаются дополнительные давления на гнезда сепаратора, они смещаются и перекашивается весь сепаратор, что приводит к разрушению сепаратора и заклиниванию его обломками. Перекос может также вызвать защемление тел качения, резкое повышение удельных давлений и, как следствие, быстрый износ подшипника. Поэтому в механических цехах при изготовлении деталей и зачастую при сборке необходимо контролировать соосность отверстий под подшипники, а также и остальные параметры деталей, которые могут привести к перекосу подшипников при их сборке.

Если радиальные зазоры в шарикоподшипниках должны быть меньше тех, с которыми они собраны на заводе, то создают предварительный натяг в опорах путем относительного осевого смещения колец, подбирая необходимые размеры дистанционных колец на спецприспособлениях. Предварительный натяг в спаренных подшипниках качения может быть создан путем установки прокладки (втулки) между внутренними либо наружными обоймами подшипников, а между другими обоймами подшипников нанесения слоя терморезистивного клеящего материала - полиамида с фенолформальдегидной смолой. Затем к обоймам, между которыми находится слой клеящего материала, прикладывается усилие, необходимое для создания требуемого натяга, и в таком виде производится отверждение клеевой прокладки, после чего спаренный подшипник поступает на сборку.

Отличительной особенностью сборки сборочной единицы с упорными шарикоподшипниками является то, что одно кольцо подшипника должно иметь гарантированный натяг, например, с валом и гарантированный зазор с отверстием корпуса, а второе кольцо должно иметь, наоборот, гарантированный зазор с валом и гарантированный натяг с отверстием корпуса. Все остальные требования к сборке сборочных единиц с упорными и радиальными шарикоподшипниками аналогичны.

3.4. Сборка сборочных единиц с упорными коническими подшипниками качения.

При установке вала на упорных конических роликовых подшипниках радиальный зазор не зависит от посадки колец на валу или в отверстиях корпуса и при сборке обеспечивается регулированием за счет смещения наружного кольца по отношению к внутреннему и соответствующей фиксации этого взаимного положения.

Неправильно установленный зазор в коническом роликовом подшипнике часто может быть основной причиной его преждевременного износа. Прежде всего, усиленному износу подвергаются ролики, которые при недостаточном зазоре защемляются между кольцами, а при больших зазорах воспринимают дополнительные динамические нагрузки. При слишком малом зазоре усиленно изнашиваются ролики со стороны их большего диаметра, а при увеличенном зазоре - со стороны меньшего диаметра. Износ начинается с шелушения поверхностей, а затем наступает выкрашивание острых кромок.

Монтаж конических роликовых подшипников осуществляется обычно отдельно - внутреннее кольцо с роликами и сепаратором напрессовывается на вал также как и шарикоподшипников, а наружное кольцо - в корпус (необходимо обеспечить самоустанавливаемость кольца при запрессовке). Осевое перемещение кольца C , радиальный зазор e и зазор по линии давления λ (перпендикулярно к образующей ролика) связаны следующими зависимостями:

$$e = 2C \operatorname{tg} \beta; \lambda = 2C \sin \beta; \lambda = e \sin \beta, \quad (5)$$

где β - угол наклона беговой дорожки наружного кольца к оси вала.

При сборке сборочной единицы вначале находят для соответствующего типа подшипника оптимальное значение C , требуемое для создания в подшипнике необходимого радиального зазора. Допускаемые пределы осевой иглы в мкм для подшипников с углом конуса $10-16^\circ$ ($25-29^\circ$) составляют при установке по два подшипника на опоре для внутреннего диаметра подшипника св.18 до 30мм - 30-50мкм (-), св.30 до 50мм - 40-70мкм (20-40) и св.50 до 80мм - 50-100мкм (20-50), а также при установке на опоре по одному подшипнику: св.18 до 30мм - 40-70мкм (-), св.30 до 50мм - 50-100 (-) и св.50 до 80мм - 80-150мкм (-).

Далее подшипники монтируют в корпус и изменением толщины регулировочных прокладок, регулировочным винтом или регулировочной гайкой создают требуемые зазоры. «Затягивают» подшипник до устранения радиального зазора (равенства нулю). При этом в процессе затяжки вал нужно повернуть на несколько оборотов, чтобы ролики

подшипника имели возможность правильно установиться. Признаком отсутствия радиального зазора является тугое провертывание вала. Затем при регулировании зазора винтом или гайкой по величине шага S резьбы, определяют, на какой угол φ следует отвернуть винт или гайку, чтобы получить требуемый зазор, по формуле:

$$\varphi = \frac{C}{S} 360, \quad (6)$$

При использовании регулировочных прокладок устранение радиального зазора производится без прокладок, например, между крышкой и торцом корпуса. Затем замеряется зазор между ними и добавляется к величине зазора необходимая величина осевого зазора и, таким образом, получается толщина набора прокладок. Прокладки изготавливают из калиброванного металла. Диаметр отверстий в них под шпильки, болты или винты должен быть на 1,5-2,2мм больше диаметра крепежных деталей. Комплект должен содержать несколько тонких прокладок с таким расчетом, чтобы в случае необходимости можно было уменьшить толщину комплекта на требуемую величину. Толщину комплекта бумажных прокладок следует принимать на 0,02-0,03мм больше, так как при затяжке эти прокладки сжимаются.

В конструкциях сборочных единиц, собираемых с гарантированным предварительным натягом в конических роликоподшипниках, нередко предусматривают вместо жесткой промежуточной втулки с прокладками так называемую эластичную втулку, что значительно упрощает сборку сборочной единицы. Натяг в подшипниках контролируют после сборки по величине момента, необходимого для прокручивания вала.

Снятие подшипников качения с вала (демонтаж из корпуса) производится при помощи пресса и спецприспособлений, а также съемников. Когда доступ к подшипнику затруднен, выпрессовку его осуществляют спецоправками или винтами-съемниками через предусмотренные для этих целей демонтажные отверстия. При этом соблюдение требований технологичности конструкции значительно облегчает и ускоряет разборку.

3.5. Укладка многоопорного вала в подшипники.

Перед укладкой вала необходимо проверить правильность установки вкладышей в корпусе и крышках подшипников. Вкладыши должны плотно прилегать к поверхности постелей. Штифты, удерживающие их от провертывания, не должны выступать над поверхностью трения.

Очень важно проверить чистоту всех деталей, комплектность вала и вкладышей, а также при взаимозаменяемых подшипниках - принадлежность деталей к единым размерным группам и местам их постановки по принятой маркировке.

Если толстостенные подшипники требуют при сборке пригонки, то укладку вала начинают с проверки прилегания его шеек к вкладышам. С этой целью в начале нижние вкладыши устанавливают в корпус и закрепляют прижимами в виде втулок, играющих роль крышек. Затем осматривают шейки вала, протирают их чистой хлопчатобумажной салфеткой и смазывают легким слоем смазки. Вал укладывают на подшипники одновременно всеми шейками (при весе вала более 25кг используют электрические или гидравлические подъемники и специальные захваты). Уложенный вал проворачивают на два-три оборота, затем поднимают и проверяют состояние отпечатков краски на вкладышах. Шабрением добиваются, чтобы следы краски были равномерно распределены на площади не менее 75-85% поверхности подшипника, а количество отпечатков не менее 12 на площади 25×25 мм. Поэтому, как правило, требуется многократная установка и проверка прилегания шеек вала и их шабрение.

После этого вкладыши протирают, прижимы снимают, вал со смазанными краской шейками вновь укладывают в нижние вкладыши подшипников и производят поочередную установку крышек с верхними вкладышами подшипников. Если конструкцией предусмотрены на стыках вкладышей регулировочные прокладки, то подбирают одинаковую с обеих сторон вкладыша толщину комплекта прокладок, обеспечивающих при затянутых до отказа гайках, крепящих крышку, проворачивание вала рычагом определенной длины (длина оговаривается в технических требованиях на сборку) с требуемым усилием. При этом сдвигу прокладок препятствуют установочные штифты, а сами комплекты имеют толщину от 0,5 до 5мм при толщине каждой прокладки от 0,1 до 1мм. При установке комплектов прокладок в подшипнике необходимо следить за тем, чтобы толстые прокладки прилегали к корпусу, а тонкие - к крышке подшипника. Благодаря этому при сборке и в условиях эксплуатации можно быстро отрегулировать масляный зазор. Затянув до отказа гайки одного подшипника, проворачивают вал рычагом определенной длины на два-три оборота. Затем, сняв крышку, по отпечаткам на рабочей поверхности верхнего вкладыша подшипника обеспечивают шабрением такое же качество прилегания вала к нему, как и к нижнему вкладышу

подшипника. Аналогично выполняют работы и по всем остальным коренным подшипникам.

Следует иметь в виду, что когда рабочие поверхности подшипников окончательно обрабатывают в механическом цехе (например, при заливке их свинцовистой бронзой после специального криволинейного растачивания), шабрение таких подшипников при сборке не допускается. После окончательной подгонки подшипников промывают вал и вкладыши в специальных моечных установках или в ванне, прочищают масляные отверстия, обдувают поверхности сжатым воздухом, смазывают вкладыши и шейки вала тонким слоем рабочего масла и устанавливают вал в коренные подшипники.

Последовательность укладки вала в подшипники с тонкостенными вкладышами следующая. Подбирают комплекты вкладышей с учетом размеров шеек вала, монтируют вкладыши в постели корпуса и крышек, обращая внимание на плотность прилегания, а также на положение в канавках фиксирующих усов. Затем обдувают все поверхности воздухом, смазывают вкладыши и шейки вала тонким слоем масла, укладывают вал в подшипники, устанавливают крышки и затягивают гайки, которые часто, как и крышки, маркируются при механической обработке. Во избежание перекосов, гайки целесообразно навинчивать парно от середины к краям. При этом, вначале необходимо навинтить все гайки до соприкосновения с опорными поверхностями, а потом затянуть их окончательно. Для обеспечения равномерности затяжки гаек после гайковерта применяют предельные или динамометрические ключи. Степень затяжки подшипников можно проконтролировать косвенно по величине крутящего момента, необходимого для проворачивания вала. Для этого используются либо рычаг определенной длины, либо динамометрические устройства (для более точного определения величины момента).

Масляные зазоры в подшипниках скольжения зависят от типа сопряжения, их напряженности, частоты вращения вала и других факторов. Наивыгоднейшие зазоры в подшипниках определяет конструктор на основании гидродинамической теории смазки и при сборке зазоры необходимо выдерживать в точном соответствии с чертежом. Обычно монтажный зазор составляет около 0,3 от оптимального, что, несмотря на износ подшипников и шеек вала, в процессе эксплуатации машины в течение длительного срока обеспечивает максимальную несущую способность опор скольжения. При сборке зазор в подшипнике определяется при помощи свинцовой проволоки, диаметр которой должен быть на 0,2-

0,3мм больше возможного, зазоры, либо калиброванной латунной пластинки, толщина которой равна наименьшему зазору при сборке (по величине крутящего момента). В массовом производстве величина масляного зазора непосредственно не контролируется, но затяжка гаек крепления каждой крышки осуществляется с таким же крутящим моментом, как и при установке крышки для совместной обработки постели (для подшипников повышенной точности - уменьшается на 10-15% , так как при повторных затяжках с тем же крутящим моментом несколько увеличивается осевое усилие, что может исказить форму подшипника - овальность или конусность отверстия).

Следует иметь в виду, что при строгом соблюдении технологии укладки вала в подшипники, вал иногда вращается более туго, чем требуется. В этом случае путем последовательного ослабления гаек, крепящих крышки, определяют какой именно подшипник «захватывает» вал. Вкладыши этого подшипника еще раз подшабривают (для толстостенных подшипников), вводят дополнительную регулировочную прокладку (если это предусмотрено конструкцией и оговорено в технологии сборки) или заменяют, как правило, оба вкладыша тонкостенного подшипника. Регулировать зазоры путем неполного затягивания гаек нельзя.

Кроме радиальных зазоров, большое влияние на работоспособность вала и подшипников оказывают осевые зазоры, особенно при наличии на валу конструктивных элементов, создающих во время работы машины силы, действующие вдоль оси вала (фрикционные включатели, кулачковые муфты, конические зубчатые зацепления). В многоопорных валах с упорными буртиками осевые зазоры необходимы также для компенсации неравномерного удлинения вала и корпуса при нагреве их во время работы машины. Величина осевых зазоров зависит от конструктивных особенностей сборочной единицы и обычно лежит в пределах от 0,1 до 0,8мм. При сборке требуемые осевые зазоры выдерживают обычно за счет предусмотренного конструкцией компенсатора, например, уменьшения толщины буртиков вкладышей подшипника путем торцевания, свертывания или отвертывания упорного винта, подбора дистанционных втулок соответствующей высоты и пр. Осевой зазор обычно проверяют щупом или индикатором при крайних смещениях вала.

3.6. Сборка сборочных единиц с игольчатыми подшипниками качения.

В сборочных единицах, подверженных воздействию больших инерционных сил, для уменьшения габарита и веса применяют игольчатые подшипники, элементы которого - внутренняя и наружная рабочие поверхности или обоймы, комплект игольчатых роликов (игл) и боковые ограничители-запечки. Внутренняя и наружная рабочие поверхности могут образовывать валиком (или осью) и сопряженной деталью. Боковыми ограничителями могут быть отдельные детали в виде колец или запечки на сопрягаемых деталях. Игольчатые подшипники не имеют сепаратора и перекашивание игл устраняется прилеганием их друг к другу с очень малыми зазорами, которые при сборке могут быть отрегулированы вставляемой прокладкой (вместо иглы) определенной толщины. Радиальный зазор в игольчатых подшипниках значительно больше, чем у роликовых или шариковых. Он примерно равен радиальному зазору в подшипнике скольжения того же диаметра. Необходимо отметить, что в крупносерийном и массовом производствах рабочие оси, игольчатые ролики и охватывающие детали сортируют по диаметру на несколько размерных групп. Поэтому зазоры в игольчатом подшипнике могут находиться в узких пределах. Сборка игольчатых подшипников производится в зависимости от конкретной схемы сборочной единицы с такими подшипниками с использованием густых смазок или намагничивания игл и соответствующих монтажных валов или втулок, предохраняющих преждевременное рассыпание игл.

Собранную сборочную единицу проверяют на вращение, которое должно быть свободным, без каких-либо заеданий.

4. Сборка типовых сборочных единиц.

4.1. Сборка сборочных единиц с осями и пальцами.

Оси и пальцы не передают крутящий момент и в изделиях они не подвижны, либо самопроизвольно вращаются с небольшой частотой вращения.

Распространены сборочные единицы:

- с двухопорной осью (пальцем), которая от провертывания удерживается в отверстиях корпуса посадками с гарантированным натягом (наиболее часто это гладкий палец), но различной величины (возможно стопорение от провертывания в корпусе винтом в осевом

или радиальном направлении - в таком случае посадка оси с отв. корпуса будет свободной)

- с одноопорной осью: а) когда неподвижность оси обеспечивается за счет запрессовки с более слабым натягом оси в отверстие корпуса на 70-80% длины посадочной части, а затем затягивают окончательно гайкой до прижатия торца уступа оси к корпусу - с последующим стопорением гайки; б) либо когда неподвижность оси обеспечивается постановкой в осевом или в радиальном направлении резьбового стопора, отверстие под который выполняется в процессе сборки сборочных единиц

Характерным примером применения пальца в конструкциях сборочных единиц является сочленение поршня с шатуном:

Распространены три способа установки и крепления поршневого пальца:

1. палец неподвижно закреплен в бобышках поршня (резьбовым стопором в осевом или радиальном направлении), а шатун перемещается относительно пальца;

2. палец неподвижно закреплен в головке шатуна (головка разрезана вдоль оси отверстия и стягивается болтом) и может проворачиваться в бобышках поршня;

3. палец может свободно вращаться относительно поршня и относительно шатуна - так называемый плавающий палец (наиболее распространенный способ), который фиксируется в отверстиях бобышек поршня пружинящими стопорными пальцами либо запрессовываемыми заглушками.

Посадки (холодные) поршневых пальцев в бобышках поршня: для карбюраторных двигателей - 0,002-0,008мм; дизельных - 0,005-0,018мм; тракторных дизельных - до 0,025мм; селективная сборка из трех-пяти размерных групп обеспечивает натяги от 0,0025мм до 0,0075мм.

Нормальный зазор в рабочем (нагретом) состоянии в сочленении палец-поршень должен быть 0,03-0,05мм (Ø30-50мм) поэтому при сборке надо обеспечить натяг 0,01-0,03мм (при Ø50мм).

При назначении посадок в холодном состоянии необходимо учитывать различные значения коэффициентов линейного расширения сопрягаемых металлов - поршня (алюминий), пальца (сталь) и головки шатуна с подшипником (сталь, чугун, бронза и др.), значение которых могут отличаться до двух раз.

Посадку поршневого пальца во втулке верхней головки шатуна обычно осуществляют с зазором от 0,0045 до 0,0095мм.

Проконтролировать точно величину таких зазоров сложно, поэтому качество сборки проверяют приближенно - давлением большого пальца руки при этом нижняя головка висящего шатуна должна отклоняться от вертикали не более чем на 10-12мм. Так как допуски посадки пальца во втулке шатуна и бобышках поршня различны, то для этих сочленений применяют систему вала.

Очень важно при сборке шатунно-поршневой группы обеспечить параллельность осей пальца и нижней головки шатуна. Для этого нижняя головка шатуна устанавливается на разжимной оправке и контролируется отклонение от вертикали цилиндрической образующей поршня - с помощью щупа (мелкосерийное производство) либо индикаторных головок с использованием специального приспособления (крупносерийное производство). Практически допускаемая не параллельность для различных двигателей составляет от 0,02 до 0,04мм на базе 100мм.

Сборка поршня с пальцем и шатуном в настоящее время зачастую автоматизирована. Технологической особенностью данной операции является выбор рациональной схемы базирования деталей, участвующих в сборке. Для этого, как правило, используется внутренняя поверхность отверстия в бобышках поршня и наружная цилиндрическая поверхность пальца.

4.2. Сборка составных валов и муфт.

Распространены следующие способы соединения составных валов:

- шлицевой муфтой;
- втулочной муфтой со шпонками или штифтами;
- соединение на конусе со штифтами, болтами, работающими на срез;
- фланцами, стягиваемыми болтами;
- запрессовка одной части вала в другую;
- созданием сил трения, удерживающих части вала в определенном положении;
- с помощью специальных муфт, допускающих некоторое несовпадение или перекося осей.

Перед сборкой составные валы устанавливают, как правило, на две призмы, одна из которых регулируется по высоте – для обеспече-

ния необходимой величины соосности валов. Перед соединением охватывающей детали с охватываемой одну из них нагревают или охлаждают для перевода гарантированного натяга в гарантированный зазор. При этом допускается применение так называемого мягкого молотка. После этого валы (если без соединения с помощью муфты) соединяются между собой. В случае соединения с помощью муфты – один вал соединяется с муфтой, а затем второй вал вводится в отверстие муфты.

После соединения валов производится взаимная фиксация их положения с помощью конических (цилиндрических) штативов, радиальных или осевых стопоров с резьбовой частью, стопорных (упругих) колец и др. отверстия под стопоры и штативы, зачастую сверлят и (или) разворачивают после соединения сопрягаемых деталей.

Собранные составные валы проверяют на биение его шеек с помощью индикаторных головок при установке вала в центрах.

Для обеспечения необходимой точности зачастую используется метод селективной сборки с разбивкой сопрягаемых поверхностей на 2-4 размерные группы.

4.3. Сборка подвижны конических соединений.

Эти виды соединений применяют в конструкциях запорных устройств – пробковые конические краны, клапаны ДВС, а также в регулируемых подшипниках скольжения и качения, упорных пятах и т.п.

Подвижные конические соединения, препятствующие проникновению газов и жидкостей, часто при сборке подвергаются пригонке (развертке, притирки) и лишь в некоторых современных двигателях плотность в соединении обеспечивается точным шлифованием фаски клапана и чистовой обработкой гнезд. Разрушение шейки клапана наступает тем быстрее, чем больше несоосность запрессованной направляющей втулки и фасками гнезд под клапаны в корпусе.

Притирать клапана к гнездам надо до тех пор, пока по всей окружности фаски клапана и седла (гнезда) не появится матовая полоска шириной 1,5-2,5мм. Ручная притирка клапанов является очень трудоемкой операцией, поэтому в мелкосерийном производстве ее целесообразно производить механизированным инструментом, а в крупносерийном и массовом производствах – на многошпиндельных притирочных станках.

После притирки сборочную единицу необходимо тщательно промыть, а затем продуть воздухом, чтобы частицы абразива не оста-

лись и не попали на трущиеся поверхности деталей, смазать направляющие клапанов и проконтролировать соединение (например, на герметичность).

Большой объем работы при сборке подвижных конических соединений обычно связан с ручной притиркой различных пробковых кранов. Простейшим средством механизации является пневмо- или электроинструмент вращательного действия с реверсивным ходом. Это в 1,8-2 раза увеличивает производительность и облегчает труд. Однако, лучше если эти процессы будут оснащены специальными механизированными приспособлениями и притирочными станками.

Значительного роста производительности и высокой степени герметичности можно достичь путем вибрационной притирки конических поверхностей.

Контроль качества притирки и сборки осуществляется осмотром состояния сопрягающихся поверхностей притертых деталей, заливкой керосина и наблюдением за его просачиванием, а также специальными приборами и приспособлениями для измерения компрессии.

Пробку плотности прилегания конических обратных и редуционных клапанов, пробок, кранов производят воздухом при опускании сборочной единицы в керосин или на специальной установке, в которой просачившийся воздух по трубе поступает в емкость с водой (количество пузырьков - плотность соединений).

Особенность сборки конического подшипника скольжения заключается в возможности подтягивания подшипниковой втулки гайкой для регулирования масляного зазора. После сборки и регулировки гайка стопорится винтом.

4.4. Сборка маховиков и шкивов с валами.

Маховики и шкивы крепят на валу:

- на конусе и шпонке;
- на цилиндрической шейке при помощи призматической или клиновой шпонки;
- на фланце вала.

После проверки конуса на биение проверяют прилипание отверстия ступицы на краску. При неравномерном распределении отпечатков отверстие пригоняют по конусу вала шлифованием или притиркой эталонным притиром. Затем шпонка легкими ударами медного молотка загоняется в паз и шкив в зависимости от посадки садится на вал – гайка на конце вала заворачивается ключом с рукояткой меньше

или равной $20d$ (где d – диаметр резьбы). При большой длине рукоятки может быть разрыв ступицы или трещины в ней.

Шкив на цилиндрическую шейку вала напрессовывают с использованием механического или гидравлического приспособления, переносных пневматических скоб или специальных стационарных прессов. При этом обращают особое внимание на правильность расположения шпоночных канавок и плотность посадки шпонки – иногда ложную направляющую в момент запрессовки.

При креплении маховика на фланце вала обеспечивается центрирование маховика на цилиндрической поверхности фланца (небольшой гарантированный зазор) и их крепление болтами, которые плотно входят в отверстия фланца и с небольшим зазором (0,04–0,1мм) в отверстия маховика. Ступица маховика должна плотно прилегать к торцу фланца вала (зазор может быть меньше или равен 0,05мм – местный зазор).

После сборки сборочной единицы, они проверяются на радиальное биение и торцевое биение при установке вала на призмах или в центрах. Ориентировочно: радиальное биение равно $(0,00025 \dots 0,0005)D$, торцевое – $(0,0005 \dots 0,001)D$, где D – диаметр маховика или шкива.

Перед установкой на вал маховики (шкивы) должны быть отбалансированы. В быстроходных же передачах производится повторная балансировка валов в сборе с маховиками или шкивами.

При установке нескольких шкивов ременной передачи делается контроль их положения. При межцентровых расстояниях больше 1,5м такую проверку производят металлической контрольной линейкой, а при расстоянии меньше чем 1,5–2м – пользуются отвесом или шнуром.

4.5. Сборка соединений с деталями базирующимися на плоскостях.

Возможны две разновидности таких соединений: с контактирующими и неконтактирующими фланцами (поверхностями). Первые, обычно, не подвержены разности давления газов или жидкостей, а вторые работают при повышенных давлениях и уплотняются прокладками. Во всех случаях одна деталь (сборочная единица) устанавливается своей опорной плоскостью на плоскость второй детали (сборочной единицы). При этом для обеспечения относительной неподвижности применяют либо два штифта, либо один штифт и направ-

ляющий бурт, центрирующий шип или шпонку. Сборку таких сборочных единиц начинают с пригонки деталей (плоскостей) друг к другу; затем фиксируют детали в рабочем положении (если требуется, то с прокладкой) и при помощи крепежных устройств окончательно закрепляют их.

Целесообразно избегать пригоночных работ путем изготовления деталей соответствующей точности в МЦ, либо используя быстротвердеющие пластмассовые комплексаторы, которые исключают съем металла в процессе сборки, но они повышают трудоемкость сборки.

В конструкциях машин имеются сборочные единицы, в которых одна деталь (сборочная единица) базируется на двух плоскостях другой детали (деталей, сборочных единиц) - 16К20. В этих случаях сборка усложняется необходимостью дополнительных контрольных и пригоночных операций. Положение базовых обеих плоскостей проверяют при помощи контрольной линейки и плоскопараллельных концевых мер длины, посредством контрольных плит на краску или другими методами. Прямолинейность и параллельность плоскостей проверяют: на краску, специальным мостиком с уровнем или индикаторами сообщающихся сосудов и дорогостоящего оптического оборудования: зрительно трубы коллиматора, автоколлиматора и специальных оптических приборов. Во избежание проникновения масла плоские стыки часто уплотняют тонким асбестовым шнуром, шелковой ниткой диаметром 0,5-1мм, либо с использованием специальных паст-герметиков, которые помещают между соединяемыми поверхностями.

4.6. Сборка сборочных единиц с цилиндрическими деталями, движущимися возвратно-поступательно.

К этим сборочным единицам относятся: поршни, клапаны, толкатели ДВС; поршни и штоки гидравлических цилиндров; плунжеры насосов и др. Основным условием доброкачественной сборки таких сб. ед. являются правильная форма отверстия и оптимальный зазор в сопряжении, обеспечивающий нормальное расширение охватываемой детали при работе, а также надлежащие условия для создания слоя смазки.

Например, зазоры в сопряжениях деталей поршневой группы (поршень - цилиндр или гильза цилиндра), которые необходимо вы-

держат при сборке, определяет конструктор, исходя из тепловой напряженности поршня, гильзы (цилиндра) и поршневых колец, а также с учетом материала этих деталей. Так, например, для чугунной гильзы $\varnothing 145^{+0,08}$ мм и алюминиевой юбки поршня $\varnothing 145_{-0,32}^{-0,25}$ мм зазор в нижней части поршня (юбке) должен быть 0,30-0,34мм; между кольцами - 8-0,98мм и до первого кольца (от головки поршня) - 0,95-1,13мм.

Таким образом допуск на зазор по юбке (направляющая часть поршня) составляет 0,04мм, (а в других местах поршня - 0,18 мм, т.е. в 4,5 раза больше), что может быть обеспечено только селективной сборкой при разбиении размеров юбки поршня и гильзы цилиндра на четыре размерные группы с допуском каждой в 0,02мм. Обычно гильзы (цилиндры) и порошки по диаметру юбки сортируют на 2-12 размерных групп в зависимости от требуемой точности посадки на специальных полуавтоматических и автоматических установках с точностью сортировки до 0,005мм.

Принадлежность поршня и гильзы к той или иной размерной группе после сортировки определяют по клеймам, наносимым на днище или торце юбки поршня и верхней плоскости блока около соответствующих цилиндров.

Зазоры между поршнем и гильзой проверяют щупом, толщину которого выбирают в зависимости от величины зазора, а ширину приблизительно равную 10-15мм. Усилие протаскивания щупа определяется опытным путем и может быть 2,25-4,5кг.

Кроме подбора по геометрическим параметрам, поршни, а также шатуны подбирают по массе так, чтобы они отличались в одном двигателе не более чем на $\pm 0,05\%$. Поэтому их сортируют на 3-5 групп и каждый поршень клеймят (на днище) соответствующей цифрой. В крупносерийных и мелкосерийных производствах применяют высокопроизводительные автоматы, которые одновременно контролируют и сортируют поршни по размерам и массе.

После подбора поршней устанавливают поршневые кольца, которые должны быть чистыми, без рисок, заусенцев, острые углы должны быть затуплены. Поршневые кольца поступают на сборку окончательно обработанными и проверенными на специализированных заводах. Однако в условиях мелкосерийного производства нередко выполняют следующее: проверяют упругость поршневого кольца; зазор в замке кольца в сжатом состоянии и, если нужно, пригонку замка и зачистку концов кольца; проверяют форму кольца; притирают

кольца по специальному цилиндру; проверяют зазор между кольцами и канавкой поршня - с использованием специальных приспособлений.

Для установки (снятия) на поршень колец в условиях мелкосерийного производства применяют щипцы, ограничивающие развод кольца для предотвращения появления микротрещин в кольце. В крупносерийном производстве применяют приспособления для одновременной установки всего комплекта поршневых колец на поршень. Замки на надетых кольцах направляют в разные стороны и на 180° , 120° и 90° друг другу. При этом в процессе работы наблюдается вращение колец 5-9 об/час.

При установке поршня в цилиндр кольца сжимаются металлической манжетой или монтажной гильзой. Гильзы в блок цилиндров должны быть вставлены без перекосов, чтобы не было дополнительных деформаций их в процессе работы.

Во многих силовых приводах распространены поршни с уплотнениями в виде резиновых колец круглого, прямоугольного и К-образного сечения, находящихся в канавках поршня. Особенность сборки этих соединений является необходимость соблюдения зазоров между поршнем и стенкой цилиндра в пределах 0,15-0,3мм. Материал кольца «затекает» в эти зазоры и хорошо уплотняет сопряжение. В сопряжении поршня со штоком также используются резиновые уплотнения (кольца - круглые или плоские).

Особую группу цилиндрических подвижных соединений составляют прецизионные пары, например, плунжер-втулка топливных насосов. Необходимая точность сборки прецизионных пар достигается либо селективной сборкой, либо в дополнение к этому также еще и посредством совместной приработки (доводка притиркой с припуском 0,07-0,1мм или если после развертывания применить дорнование, то припуск под притирку уменьшается до 0,03-0,05мм). Пары изготовляют в мелких цехах с допусками 0,015-0,02мм, а зазор в сочленении пары должен быть 1-3мкм (с точность геометрической формы 1-2мкм при $\varnothing 8-8,5$ мм и с $Ra=0,08-0,04$ мкм). Плунжеры и втулки до подбора в пары предварительно сортируют на размерные группы (30-40 групп), при этом групповой допуск часто составляет 0,6-1мкм, что требует и учета погрешностей геометрической формы деталей, а также термо-константных условий выполнения работ.

Окончательно собранную пару проверяют опрессовкой, которая пока является единственным критерием оценки сопряжения. Плунжерные пары насосов по гидравлической плотности делят на группы.

При сборке многоплунжерного насоса для обеспечения равномерности подачи топлива в цилиндры двигателя устанавливаются пары только одной группы плотности.

4.7. Сборка гидравлических и пневматических сборочных единиц.

Обычно сборку гидро- и пневмосистем ведут в следующем порядке: сборка силового устройства (рабочих цилиндров, насосов); сборка аппаратуры управления; монтаж трубопроводов; испытание системы на герметичность и испытание в работе.

Сборка рабочих цилиндров включает установку и закрепление поршней на штоке, монтаж уплотнений, сборку цилиндров, установку в них поршневой группы и сборку сальников.

Поршень, базирующийся на цилиндрической шейке штока, устанавливают с натягом и во избежание приваривания поршня к штоку на месте упора помещают медное кольцо, а между штоком и поршнем – резиновое уплотнение (круглое в сечении).

При установке поршня конус штока поверхности сопряжения предварительно проверяют на краску, пришабриванием обеспечивается не менее 75% контакта конических поверхностей. Затяжка гайки в этом случае производится ключом с рукояткой ограниченной длины.

Поршень, укрепленный на резьбе штока, должен навинчиваться свободно, но без качки. Отверстие под стопор с торца штока, препятствующий сомоотворачиванию, сверлят и нарезают в нем резьбу после установки поршня. Сборные поршень со штоком проверяют на биение в центрах или на призмах (допускаемое биение 0,0015-0,2мм на 100мм диаметра поршня).

На поршень устанавливают кожаные манжеты: в цилиндрах среднего давления – гладкой стороной кожи наружу, а высокого давления – шероховатой стороной. Кольца из маслостойкой резины вводят в канавки посредством монтажных конусов. Чугунные поршневые кольца перед постановкой в канавки разводят специальными щипцами со строго ограниченным разводом колец (поломка, трещины).

Сборка рабочих цилиндров включает пригонку крышек, проверку резьбы, установку прокладок и затяжку болтов или винтов – затяжку производят крест на крест равномерно.

Во избежание повреждения манжет или колец при установке поршня в цилиндр применяют монтажные гильзы или металлические манжеты из цельной тонкой стальной ленты.

Уплотнение штока в крышке цилиндра осуществляется при помощи сальника. Вообще-то герметизация вала с корпусом (крышкой) осуществляется с помощью войлочного или фетрового уплотнения, выполненного в виде кольца, которое зажимается в выточке корпуса крышкой или водится в коническую выточку крышки, а также сальниковым уплотнением, из хлопчато-бумажного материала, асбестовый, пеньковый шнур или свернутый из этих материалов жгут. Сальниковую набивку составляют из отдельных колец с косым срезом. Стыки соседних колец следует располагать под углом 120° друг к другу. Набивка цельного, неразрезанного шнура не рекомендуется. Для улучшения условий смазывания применяют набивку с несколькими прослойками чешуйчатого графита. Используются для уплотнения также прессованные шевронные кольца фторопласта и самоподжимные уплотнительные кольца (резина, кожа пропитанная парафином или вазелином), которые прижимает в валу спиральная пружина, охватывающая кольцо с наружи. Уплотняющая кромка кольца должна быть обращена внутрь сборочной единицы. Перед постановкой уплотнителя оно должно быть покрыто тонким слоем смазки.

Набивка сальников трудоемкая операция, поэтому ее следует всячески механизировать – легкие обычные или вибрационные прессы, либо в крупносерийных и мелкосерийных производствах специальные станки. При монтаже цилиндра на машине необходимо соблюдать параллельность оси цилиндра направляющим движениям рабочего органа машины. Монтаж штока с кронштейном или стойкой должен осуществляться так, чтобы ось штока совпала с осью цилиндра и была параллельна направляющим движениям рабочего органа машины.

При несоблюдении этих требований при эксплуатации машины возможны: искривление оси штока и его защемление в направляющей втулке или в отверстии крышки; неравномерное, с вибрациями, движение штока и связанного с ним рабочего органа машины; появление задиров на поверхности штока и направляющей втулке; преждевременный износ уплотнительных колец и появление течи масла; увеличение сил трения и снижение к.п.д. цилиндра.

5. Сборка зубчатых и цепных передач.

5.1. Общие положения сборки зубчатых и цепных передач.

В конструкциях машин широко распространены зубчатые передачи со следующими видами колес: цилиндрическими (прямозубыми, косозубыми, шевронными) и коническими (с прямыми, криволинейными и косыми зубьями). Червячные передачи применяются с цилиндрическими (архимедовым) и глобоидальными червяками.

Важным фактором, определяющим эксплуатационное качество зубчатой передачи, является боковой зазор между зубьями колес, который необходим для компенсации возможных ошибок в размерах зубьев, неточности расстояния между осями колес, изменения размеров и формы зубьев при нагреве их в процессе работы. Однако зазор является причиной возникновения ударов и дополнительного износа зубьев в процессе работы, а также появления так называемого мертвого хода при изменении направления вращения ведущего колеса. Поэтому зазор в зацеплении должен быть таким, чтобы при работе передачи не произошло заклинивание зубьев, не нарушалась плавность вращения и в то же время мертвый ход был возможно меньше.

Величина бокового зазора изменяется двумя способами:

- увеличение t расстояния между осями зубчатых колес (используется крайне редко - начальные окружности колес не будут касаться)
- уменьшением (изменением) толщины зуба (основной способ).

Величины боковых зазоров в зацеплениях предопределяются габаритами колес и служебным назначением передач, обеспечиваются при их сборке и регламентируются соответствующими стандартами.

В общем, при сборке зубчатых и червячных передач выполняются следующие работы:

- установку зубчатого или червячного колеса на валу;
- установку валов с колесами в корпусе;
- сборку червяка и установку его в корпус;
- регулирование зацепления.

Поступающие на сборку зубчатые и червячные колеса, червяки и др. детали передач должны быть полностью обработаны, промыты и высушены. На рабочих поверхностях зубьев колес или червяка не должно быть заусенцев, забоин, задиров, царапин и других погрешностей.

5.2. Сборка цилиндрических зубчатых передач.

Цилиндрические зубчатые передачи внешнего зацепления составляют в конструкциях машин 75-80% от общего количества передач.

В единичном и мелкосерийном производствах зубчатые колеса закрепляются на шейном вале со шпонкой призматической и фиксируется винтом, который заворачивается в односторонне удлиненную ступицу колеса до надлежащего контакта с шейкой вала. В крупносерийном и мелкосерийном производствах колеса на валах, как правило, устанавливаются либо по сегментной шпонке, либо по шлицам с упором с одной стороны в бурт вала, а со второй - шайбой, соединяемой с концом вала. Иногда ступица колеса соединяется с валом по корпусной поверхности со шпонкой (фиксация гайкой с шайбой - резьба на валу), штифтом, либо с использованием упруго пластической втулки между ступицей и валом (втулка деформируется гайкой через жесткую втулку). У крупногабаритных колес ступица и венец колеса изготавливаются отдельно и соединяются между собой на точно пригнанных болтах.

Посадки зубчатых колес на центрирующие поверхности вала:

- при легких и средних нагрузках $H7/i6$ и $H7/k6$,

- при средних и тяжелых ударных нагрузках $H7/m6$ и $H7/n6$. В случае малой жесткости колес они устанавливаются на вал с весьма небольшим натягом или даже с зазором (от $-0,03$ до $+0,04$ мм для валов диаметром до 100 мм).

При на прессовке зубчатых колес возможны следующие погрешности:

- искажение профиля зубчатого венца из-за качания колеса на шейке вала;

- радиальное смещение колеса за счет зазора посадки навал или из-за биения шейки вала;

- перекося колеса на валу или неплотное прилегание к упорному бортику вала, а также перекося в шпоночных соединениях из-за наложения ряда погрешностей, полученных при изготовлении сопрягаемых деталей, а также в процессе их сборки.

Проверка колеса на качание производится «мягким» металлическим молотком, а другие погрешности обнаруживают при контроле соединений шестерен с вилами с помощью индикатора, устанавливая вал в центрах, либо в 2-х призмах, одна из которых регулируется по высоте для обеспечения параллельности оси вала и плоскости плиты

контрольного приспособления, по которой перемещаются стойки с индикаторными головками. В крупносерийном и мелкосерийном производствах контроль собранных валов с зубчатыми колесами производится с помощью приспособлений, в которых используются эталонные зубчатые колеса.

Для правильного зацепления цилиндрических зубчатых колес, оси их валов должны лежать в одной плоскости и быть параллельны, а расстояние между ними должно быть равно полусумме диаметров начальных окружностей зацепляющихся колес. Расстояние между осями валов нередко проверяют перед сборкой зубчатых передач с использованием калиброванных оправок и измерителей: микрометров, индикаторных и микрометрических приборов и специальных калибров. Перекос в зацеплении часто бывает основной причиной обломов, сколов и выкрашивания зубьев и снижения долговечности зацепления. Поэтому допустимые величины не параллельности и перекоса осей отверстий устанавливаются также соответствующими стандартами.

Величину зазора между зубьями проверяют в собранном зацеплении с использованием щупа, если в конструкции изделия для этого предусмотрены специальные окна, либо путем прокатывания между зубьями свинцовых проволочек (3-4 шт.) толщиной в 1,4-1,5 раза большей зазора, которые в виде П-образных скоб устанавливают по длине зуба. Толщину сплюснутых частей проволочек с обеих сторон зуба измеряют микрометром или индикатором. Сумма этих двух замеров дает величину бокового зазора. В крупносерийном и мелкосерийном производствах зазор проверяют более точно при помощи специальных приспособлений.

Плавность хода обычно проверяют, повертывая собранное зацепление от руки, но лучше (точнее) для этих целей использовать динамометры или динамометрические ключи. Если зазор в зацеплении не соответствует требованиям технических условий на сборку или же колеса вращаются не плавно, заклиниваясь при разных положениях, то сборочную единицу разбирают, колеса притирают (в крупных передачах зубья нередко шабруют) или подбирают новую пару и производят повторную сборку зацепления и его проверку.

Зацепления зубчатых колес проверяют также на краску. Основной причиной неприлегания (неправильного пятна краски контакта) зубьев по длине является обычно непараллельность и перекос осей отверстий в корпусе или те же погрешности в сборочной единице, зубчатое

колесо – вал. Нарушение пятна контакта по высоте является по высоте является результатом неправильного их профиля или межосевого расстояния валов.

5.3. Сборка конических зубчатых передач.

Зубчатые колеса этих передач имеют зуб переменной толщины, что усложняет изготовление колеса и сборку передач.

Во время сборки при подборе парных колес встречаются те же погрешности в зацеплении, что и у цилиндрических передач. При этом, отклонения в зацеплении определяются рабочим визуально, на основе своего опыта, также устанавливается и причина этих погрешностей, которая может быть присуща либо обоим колесам, либо одному из них.

Для обеспечения нормальной работы конических передач необходимо выполнение при сборке следующих условий:

- зубчатые колеса должны иметь правильный профиль и точную толщину зуба, оси отверстия колес должны проходить через центр начальной окружности и не иметь перекосов;
- опорные детали передач (подшипники, стаканы и др.) не должны иметь смещений и перекосов осей;
- оси гнезд в корпусе должны лежать в одной плоскости, пересекаться в определенной точке, под требуемым углом.

Порядок сборки конических зубчатых колес на валах и проверки собранных сб. ед. такие же, как и при сборке цилиндрических колес. Регулирование конического зацепления осуществляется перемещением сб. ед. валы-шестерки вдоль их осей путем либо подбора толщины регулировочных колец и прокладок, либо перемещения втулок при помощи специальных регулировочных гаек. За счет этого обеспечивается подлежащее положение пятна контакта зубьев зацепления и величина бокового зазора в зацеплении.

Боковой зазор в зацеплении может быть проверен щупом, либо при помощи свинцовой проволоочки или пластинкой и он определяется соответствующим стандартом в зависимости от точности зубчатых колес и их размеров. При этом, целесообразно воспользоваться зависимостью зазора j_n в зацеплении от величины осевого смещения x сборочной единицы вал-колесо:

$$j_n = x \cdot 2 \sin \alpha \cdot \sin \varphi, \quad (7)$$

где α - угол зацепления,
 φ - угол начального конуса.

Быстроходные конические силовые передачи часто испытывают также на уровень шума.

5.4. Сборка червячных передач.

Червячные передачи обычно начинают собирать со сборочной единицы червячного колеса при отдельно выполненных зубчатых венцах, то есть осуществляется сборка ступицы с зубчатым венцом, как правило, на точно пригнанных болтах.

Монтаж червячных зубчатых колес на валах и проверку их соединения осуществляют также как и в случаях обычных цилиндрических зубчатых колес. Отличительным является обеспечение правильного зацепления червяка с зубьями колес. При сборке необходимо стремиться к тому, чтобы величина угла скрещивания осей червяка и зубчатого колеса и межцентрового расстояния соответствовали чертежу, средняя плоскость колеса совпадала с осью червяка, а боковой зазор в зацеплении соответствовал техническим требованиям на сборку.

Контроль межосевого расстояния в корпусе и на перекося осей отверстий проводят после их растачивания, а при скользящих подшипниках - после запрессовки втулок с помощью контрольных валов, эталонного колеса, измерительного червяка и спец. шаблонов.

В собранном червячном зацеплении контролируют величину зазора между сопряженными боковыми поверхностями витка червяка и зубьев колеса, обеспечивающего сводный поворот червяка при неподвижном колесе. Этот зазор определяется по углу свободного поворота червяка при закрепленном колесе. При этом целесообразно воспользоваться зависимостью угла поворота (φ) и боковым зазором

$$(jn \text{ в мкм}): \varphi = \frac{0,115 \cdot jn}{q \cdot m \cdot \sin \lambda \cdot \cos \alpha gn}; [\text{град}], (8)$$

где $q = \frac{d}{m}$, m - осевой модуль в мм;

d - диаметр длительного цилиндра червяка;

λ - угол подъема витка червяка на длительном цилиндре, который определяется зависимостью $\operatorname{tg} \lambda = \frac{z}{q}$;

αgn - профильный угол прямооточной рейки, сцепляющейся с эквивалентным червяком в нормальном сечении;

z - число заходов червяка.

Гарантированный боковой зазор для червячных передач различной точности, исходя из служебного назначения, регламентируется стандартом. Окончательно собранную червячную передачу зачастую проверяют на легкость проворачивания.

5.5. Сборка цепных передач.

В зависимости от назначения в машиностроении применяют цепи: пластично-зубчатые, втулочные, втулочно-роликовые, пластинчатые блочные со сплошными звеньями и фасоннозвенные.

Пластично-зубчатые цепи (бесшумные) применяются для передачи сравнительно больших мощностей при $v=3-25$ м/с. При работе цепь сопрягается со звездочкой, имеющей трапецеидальные зубья с углами впадин от 32° до 57° при числах зубьев от 13 до 120. Пластинчатые втулочно-роликовые цепи (одно- и многорядные) применяют при $v=1-15$ м/с, а фасоннозвенные - $v=3-4$ м/с (тихоходные), втулочно-роликовые и фасоннозвенные цепи работают в сопряжении со звездочками, профили зубьев которых очерчивают дугами окружности.

Сборка цепной передачи состоит в установке и закреплении звездочек на валах (как и зубчатых колес), надевании цепи и регулировании. После закрепления звездочки на валу ее проверяют на радиальное и торцевое биение, на относительное смещение звездочек при параллельных валах (контролируется и не параллельностью валов). Для устранения смещения звездочек конструкцией часто предусматривается возможность регулирования положения одной из звездочек с последующим закреплением ее винтом.

Кроме приводных звездочек, в цепных передачах применяют также звездочки для натяжения цепи, оси которых при регулировании смещаются. Натяжение ветвей в правильно собранной цепной передаче должно быть строго определенным и предопределяется величиной стрелы провисания (1,5-2% от межосевого расстояния A для горизонтальных и наклонных до 45° передач, а для близких к вертикальным уменьшается до 1%), которая указывает в технических условиях на сборку. При больших межосевых расстояниях провисания цепи изменяют смещением регулировочных звездочек или натяжным роликом.

Для получения бесконечной цепи концы отрезка цепи необходимой длины соединяют при помощи соединительных или переход-

ных звеньев непосредственно на верстаке или на сборном узле с использованием специальных стяжек для стягивания концов цепи.

6. Основы автоматической сборки изделий и их сборочных единиц.

6.1. Основные положения автоматизации сборки и технологичность деталей и изделий.

Трудоемкость узловой и общей сборки в условиях крупносерийного и мелкосерийного производства меньше, чем в условия единичного и мелкосерийного производства, где большой объем пригоночных работ, и составляет от 30% до; 45% и более от всей трудоемкости изготовления машин.

Существует три основных направления ускорении прогресса в области сборки машин: совершенствование технологии и организации сборочного производства, а также механизация и автоматизация сборочных работ. Поэтому основными резервами сборочного производства являются: сведение до минимума пригоночных работ; улучшение технологичности изделий в сборке и разборке; широкое применение поточной сборки, ручных механизированных средств, а также частичной или полной автоматизации сборочного процесса исходя из экономической целесообразности этого.

Технология сборки машин нуждается в проведении ряда исследований и опытных разработок, первоочередными из которых являются:

- изыскание путей оптимизации процессов сборки, разработка методов их математического описания и моделирования с целью использования средств вычислительной техники при проектировании технологических процессов сборки;
- совершенствование методов подготовки типовых и групповых технологических процессов сборки;
- разработка и совершенствование агрегатированного сборочного оборудования;
- исследование экономической целесообразности и областей применения при сборке вакуумных, вибрационных, пневматических, магнитных, ультразвуковых и др. процессов и совмещение сборки с изготовлением деталей, входящих в сборочную единицу;

- разработка новых, более эффективных способов контроля сборочных соединений, в том числе совершенствование технологической диагностики состояния сборочного изделия;

- изучение влияния технологии сборки на повышение надежности машин и механизмов;

- разработка более совершенных методов оценки уровня прогрессивности технологических процессов в сборочном производстве.

В настоящее время большое распространение имеет полуавтоматическая и частично автоматическая узловая сборка. Общая сборка более сложных изделий выполняется на полуавтоматических линиях, на которых часть операций выполняется вручную с применением механизированных средств.

Решение задачи автоматизации сборки упрощается, если обеспечивается полная взаимозаменяемость изделий, которая дает возможность использовать более простые конструкции автоматических сборочных машин. Метод пригонки экономически не оправдывает автоматизации сборочных работ. Методы селективной сборки и регулировки используются крайне редко из-за усложнения, удорожания и снижения надежности функционирования автоматических устройств и их частей.

Основными условиями, которые следует выполнять при выборе элементов автоматизации сборочных процессов, являются:

- максимальное снижение трудоемкости;
- сокращение операций, утомительных для рабочего при ручном выполнении;

- питание деталями рабочих позиций;

- сопряжение деталей;

- закрепление деталей;

- удаление готовых изделий с рабочих позиций.

При этом, составными частями автоматических сборочных устройств являются:

- автоматические загрузочные и ориентирующие устройства;

- накопители и отсекатели;

- питательные механизмы;

- устройства выполняющие специальные функции (смазка, обдувка и др.);

- собственно сборочные позиции;

- устройства, контролирующие правильность выполняемых соединений;

- механизмы для удаления собранного изделия из автомата в тару или на транспортер для подачи на следующий автомат без потерь ориентации (выталкиватель или механическая рука).

При переходе от ручной к автоматической сборке еще большее значение приобретает технологичность конструкции изделия. Однако, требования технологичности при ручной и автоматической сборке различны. Для автоматической сборки технологичность изделия рассматривается с точки зрения возможности и технической целесообразности автоматического выполнения дискретных операций ориентации деталей в пространстве, подачи их в рабочие органы, базирования в рабочей позиции, съема, межоперационного транспортирования, а также уменьшения количества деталей в сборочных единицах и изделиях.

Общими требованиями, предъявляемыми к технологичности деталей для автоматической сборки, выполнение которых в большинстве случаев улучшает и технологичность конструкции в целом, являются следующие:

- блочность конструкции, что позволяет автоматизировать сборку отдельных блоков конструкции сложных изделий и таким образом автоматизировать его сборку в целом;

- простота конструкции. Имеется в виду конфигурация деталей, их число и расположение в конструкции. При автоматической сборке детали более простой формы (шар) требует более простых ориентирующих устройств, меньше ступеней ориентации, проще оказываются питатели и базирующие устройства. Уменьшение числа деталей осуществляется либо заменой, например, методов крепления (деформируемая шайба для стопорения резьбового соединения или использования специальных паст и клеев холодного отвердения в место винта и плоской шайбы), либо объединением деталей, в результате чего образуются более сложные детали, изготавливаемые современными технологическими методами. Наиболее удобным является такое расположение деталей в конструкции, при котором не требуется в процессе сборки изменения положения базовой детали, а присоединяемые к ней детали подаются в одном направлении, лучше сверху;

- точностные требования сводятся к тому, что допуски на сопрягаемые поверхности должны обеспечить сборку методом полной взаимозаменяемости и должны быть обоснованы расчетом допуски на относительное расположение сопрягаемых и базовых поверхностей,

если базирование не м.б. осуществлено по сопрягаемым поверхностям;

- к реальным деталям предъявляются дополнительные требования к их технологичности: отсутствие дефектов, образующих новые элементы формы детали; отсутствие дефектов, мешающих базированию и соединению деталей.

6.2. Связь технологического процесса автоматической сборки с оборудованием и качественная характеристика деталей и средств контроля автоматической сборки.

ТП в значительной мере определяют структуру оборудования, особенно автоматизированный процесс. Причем, пространственная взаимосвязь элементов изделия, оснастки, инструмента и оборудования в процессе сборки является одним из главных факторов, влияющих на содержание и последовательность выполнения сборочных операций. При этом в автоматизированном сборочном оборудовании понятие операция охватывает действия, которые совершаются над объектом сборки на определенно рабочей позиции.

При разработке технологических процессов автоматической сборки вначале разрабатывается наиболее дифференцированный вариант, по которому для каждой операции определяется вид рабочей головки или исполнительного механизма и время выполнения операции. Затем рассматривается целесообразность и возможность концентрации операций автоматического оборудования. Однако это может привести к излишнему усложнению конструкции оборудования на рабочей позиции, снизить надежность работы сб. машины, а также затруднить ее наладку и обслуживание. Необходимо учитывать возможность использования нормализованные агрегатные составные части транспортных устройств, которые рассчитаны на определенное число рабочих позиций. В последнем случае предпочтительно иметь некоторые холостые позиции, что облегчит доступ к рабочим головкам и другим механизмам и будет способствовать возможности рабочих органов в случае изменения технологического процесса сборки при незначительном изменении конструкции изделия.

При разработке операции большого значения имеет выбор рационального метода закрепления деталей, что связано с конструкцией изделия. Предпочтительными являются такие методы закрепления, которые приводят к уменьшению количества или полному устране-

нию крепежных деталей, что повышает вероятность безостановочной работы машины.

Оценивая качество деталей, необходимо учитывать следующие условия:

- точность деталей должна соответствовать автоматическому характеру сборки составных частей всего изделия;
- детали, поступающие на сборку, должны быть чистыми, не иметь заусенцев или каких-либо других дефектов;
- размеры и другие характеристики детали должны находиться в предусмотренных пределах;
- точность деталей следует нормировать не только по тем элементам, которые имеют значение для служебного назначения изделия, но также и по тем, которые определяют положение детали в сборочной машине;
- правильно выбранные элементы контуров, масса, твердость материала детали облегчают и упрощают базирование, фиксацию и сборку.

Автоматизированный процесс сборки включает в себя и контрольные операции, назначение которых, с одной стороны, обеспечить высокое качество изделий, а с другой стороны, свести к минимуму потери, причиной которых являются различного рода отказы возникающие в ходе процесса сборки. Контрольные операции вводятся в автоматизированный процесс сборки с целью определения (отсутствия) детали, контроля размеров собираемой сборочной единицы, измерения деталей при использовании метода селективной сборки, контроля отдельных параметров режима закрепления деталей и т.д.

Существенно влияние на собираемость, производительность и качество сборки оказывают контрольные посты, местоположение которых по ходу ТП весьма различно. Часто перед операцией сборки производят автоматическую проверку наличия и правильность ориентирования собираемых деталей, как правило, косвенным путем – по положению подающего или ориентирующего органа, а не самой детали. Размеры деталей целесообразно контролировать бесконтактным методом с использованием фотоэлектрических, радиоизотопных, оптических и других датчиков.

Для выполнения контрольных операций проектируются специальные устройства, связанные с системой управления сборочного автомата.

6.3. Загрузочно-ориентирующие и транспортные механизмы при автоматической сборке.

Загрузочные устройства, в общем, подразделяются на универсальные, универсально-наладочные и специальные. Для мелких деталей, в том числе и резьбовых соединений они бывают магазинные, штабельные и бункерные.

Важнейшим органом загрузочного устройства является питатель. Установка нескольких питателей у сборочной позиции ведет к ее загромождению. Поэтому целесообразно так сочетать загрузочное устройство со сборочным механизмом, чтобы роль питателя и отсекающего выполняли базирующие элементы, осуществляющие относительное ориентирование сопрягаемых деталей. Если перемещение деталей в лотках самотеком затруднено, то применяйте дополнительное силовое воздействие - продувку воздухом, либо создание разряжения на каком-то участке трубчатого (замкнутого) лотка, либо используя - электромагнитное воздействие. Для снижения противодействующих сил трения и устранения заклинивания практикуется прием возбуждения вибрациями лотков.

Если перемещение деталей в лотках по тем или иным причинам исключается, то используют манипуляторы - перегрузчики, которые передают детали на рабочие позиции от магазинов, с выходных лотков вибробункеров, либо от штабельных или кассетных устройств.

В случае одновременной сборки группы деталей наиболее целесообразна групповая загрузка и ориентирование деталей в кассетах. Однако, при использовании кассет имеет место серьезное противоречие между высокопроизводительной сборкой изделий и загрузкой гнезд кассеты ориентированными деталями. Для ускорения загрузки кассет используют трафареты, то есть промежуточные устройства, на которых непосредственно осуществляется ориентирование деталей.

Из трафаретов ориентированные детали перегружаются в кассеты. При этом гнезда трафарета для деталей располагаются также как и в рабочих кассетах. Перегрузжатели часто имеют воздушные присоски, электромагнитные захваты и тому подобное, что позволяет ускорить процесс перегрузки всех деталей из трафарета в кассету.

Для ускорения процесса загрузки трафаретов используется вибрационный способ воздействия на детали. Существуют также пневматический и электромагнитный способы загрузки трафаретов. Пневматический способ заключается в том, что у трафарета создается переход давления, вызывающий дополнительные силы, удерживающие

детали в гнездах, либо способствующие западанию их в гнезда. При электромагнитном способе детали предварительно ориентируются вдоль магнитных силовых линий, что упрощает и ускоряет заполнение гнезд. Перспективными являются способы аэродинамического, электростатического воздействия на детали, способ центробежной загрузки трафаретов, а также различные сочетания из приведенных способов воздействия на детали.

Транспортные механизмы зачастую являются базовыми составляющими частями специальных и агрегатных станков. Их основные функции - быстрое перемещение собираемых деталей или сб. ед. из позиции в позицию и точная фиксация их на позиции. Они зачастую выполнены в виде агрегатных сборочных единиц со сменными поворотными столами ($\varnothing 400-1200\text{мм}$), на которых закрепляют сборочные приспособления.

Реже применяют линейные и горизонтальные транспортеры.

Для быстрого периодического поворота таких столов используются улитно-цевочные, пневматические, мальтийские механизмы (последние вытесняются предыдущими). Улитно-цевочный выгодно отличается наиболее высокой производительностью, компактностью конструкции, малым числом и значительной жесткостью звеньев. Пневматические механизмы при повороте легких и средних столов достаточно быстроходны, проще по конструкции и более экономичны в изготовлении.

Список литературы

1. Сборка и монтаж изделий машиностроения: Справ. /Под ред. В.С. Корсакова, В.К. Мещерякова. М.: Машиностроение, 1983. Т. 1 694 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 496 с., ил.
3. Егоров М.Е., Дементьев В.И., Дмитриев В.Л. Технология машиностроения. М.: Высшая школа, 1976. 534 с.
4. Маталин А.А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». – Л.: Машиностроение, 1985.-496 с., ил.
5. Киреева Л.Е., Пучков А.А. Практическое пособие к лабораторным работам по теме «Синхронизация загрузки рабочих мест сборщиков» курса «Технология машиностроения (отраслевая)». -Гомель: ГГТУ, 1998.-56с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Сборка неподвижных неразъемных соединений.....	3
1.1. Сборка неподвижных неразъемных соединений с нагревом охватывающей детали.....	3
1.2. Сборка неподвижных неразъемных соединений с охлаждением.....	4
1.3. Сборка продольно-прессовых соединений.....	5
1.4. Сборка соединений, собираемых путем пластической деформации деталей.....	6
1.5. Сборка соединений сваркой.....	7
1.6. Сборка соединений пайкой.....	7
1.7. Сборка соединений склеиванием.....	8
1.8. Сборка заклепочных соединений.....	9
2. Сборка неподвижных разъемных соединений.....	10
2.1. Сборка неподвижных разъемных конических соединений.....	10
2.2. Сборка разъемных шлицевых соединений.....	11
2.3. Сборка разъемных соединений со шпонкой.....	12
2.4. Сборка неподвижных разъемных резьбовых соединений.....	13
3. Сборка подвижных разъемных соединений.....	16
3.1. Сборка сборочных единиц с цельными подшипниками скольжения.....	16
3.2. Сборка сборочных единиц с разъемными подшипниками скольжения (толстостенными и тонкостенными).....	19
3.3. Сборка сборочных единиц с радиальными шарикоподшипниками.....	24
3.4. Сборка сборочных единиц с упорными коническими подшипниками качения.....	29
3.5. Укладка многоопорного вала в подшипники.....	30
3.6. Сборка сборочных единиц с игольчатыми подшипниками качения.....	34
4. Сборка типовых сборочных единиц.....	34
4.1. Сборка сборочных единиц с осями и пальцами.....	34
4.2. Сборка составных валов и муфт.....	36
4.3. Сборка подвижных конических соединений.....	37
4.4. Сборка маховиков и шкивов с валами.....	38

4.5. Сборка соединений с деталями базирующимися на плоскостях.....	39
4.6. Сборка сборочных единиц с цилиндрическими деталями, движущимися возвратно-поступательно.....	40
4.7. Сборка гидравлических и пневматических сборочных единиц.....	43
5. Сборка зубчатых и цепных передач.....	45
5.1. Общие положения сборки зубчатых и цепных передач.....	45
5.2. Сборка цилиндрических зубчатых передач.....	46
5.3. Сборка конических зубчатых передач.....	48
5.4. Сборка червячных передач.....	49
5.5. Сборка цепных передач.....	50
6. Основы автоматической сборки изделий и их сборочных единиц.....	51
6.1. Основные положения автоматизации сборки и технологичность деталей и изделий.....	51
6.2. Связь технологического процесса автоматической сборки с оборудованием и качественная характеристика деталей и средств контроля автоматической сборки.....	54
6.3. Загрузочно-ориентирующие и транспортные механизмы при автоматической сборке.....	56
Список литературы.....	58

**Пучков Анатолий Андреевич
Кульгейко Михаил Петрович
Бабич Кира Борисовна**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ. ТЕХНОЛОГИЯ СБОРОЧНОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

**Пособие
по одноименному курсу
для студентов специальности 1-36 01 01
«Технология машиностроения»
дневной и заочной форм обучения
В двух частях
Часть 2**

Подписано в печать 18.10.10.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 3,49. Уч.-изд. л. 3,52.

Изд. № 18.

E-mail: ic@gstu.by

<http://www.gstu.by>

Отпечатано на цифровом дуплекаторе
с макета оригинала авторского для внутреннего использования.
Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого».
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.