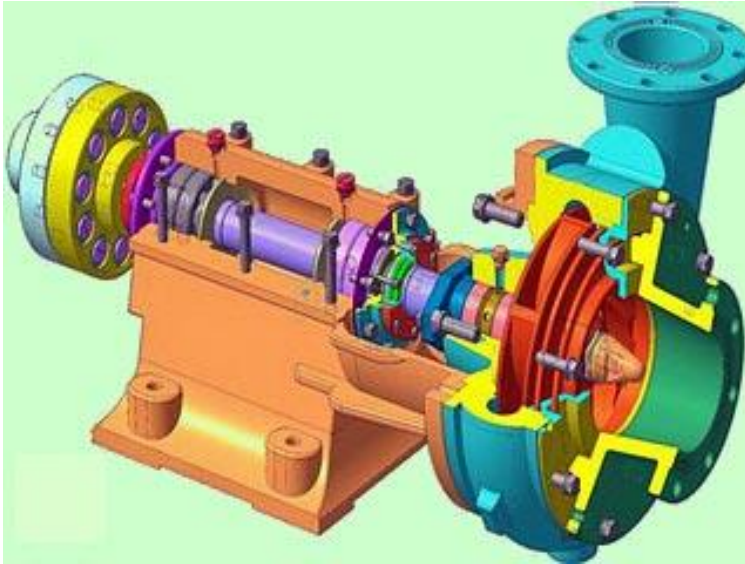


Соединения деталей машин

Понятия и определения соединений деталей машин

Каждая машина состоит из деталей, число которых зависит от сложности и размеров машины. Так автомобиль содержит около 16 000 деталей (включая двигатель), крупный карусельный станок имеет более 20 000 деталей и т.д.



Чтобы выполнять свои функции в машине детали соединяются между собой определенным образом, образуя *подвижные* и *неподвижные соединения*. Например, соединение коленчатого вала двигателя с шатуном, поршня с гильзой цилиндра (подвижные соединения). Соединение штока гидроцилиндра с поршнем, крышки разъемного подшипника с корпусом (неподвижное соединение).

Подвижные соединения определяют кинематику машины, а неподвижные – позволяют расчленить машину на отдельные блоки, элементы, детали.

Соединения состоят из соединительных деталей и прилегающих частей соединяемых деталей, форма которых подчинена задаче соединения. В отдельных конструкциях специальные соединительные детали могут отсутствовать.

С точки зрения общности расчетов все соединения делят на две большие группы: *неразъемные* и *разъемные соединения*.

Неразъемными называют соединения, которые невозможно разобрать без разрушения или повреждения деталей. К ним относятся заклепочные (клепаные), сварные, клеевые соединения, а также соединения с гарантированным натягом. Неразъемные соединения осуществляются силами молекулярного сцепления (*сварка, пайка, склеивание*) или механическими средствами (*клевка, вальцевание, прессование*).

Разъемными называют соединения, которые можно многократно собирать и разбирать без повреждения деталей. К разъемным относятся *резьбовые, шпоночные и шлицевые* соединения, *штифтовые* и *клиновые* соединения.

По форме сопрягаемых поверхностей соединения делят на *плоское, цилиндрическое, коническое, сферическое, винтовое* и т.д.

Выбор типа и вида соединения определяется условиями взаимодействия деталей, требованиями к прочности соединения, условиями работы, требованиями к надежности, долговечности и др.

Область применения различных соединений

Как уже указывалось выше, подвижные и неподвижные соединения деталей машин для различных узлов, агрегатов и механизмов подбираются с учетом наибольшей целесообразности – *прочностных характеристик, особенностей монтажа, экономичности* (стоимости изготовления и эксплуатации) и т. д.

Сварные соединения применяются обычно для соединения деталей, испытывающих значительные по мощности, но постоянные по направлению нагрузки. Получают сварные соединения при помощи сварочных аппаратов различных типов (электродуговая сварка, газосварка и т.д.). Сварные швы могут быть сплошными, прерывистыми, круговыми.

Бывает так же точечная сварка; применяются т.н. "электрозаклепки", представляющие собой сварные швы, уложенные внутри отверстия одной из соединяемых деталей на поверхность другой детали.



Пайка, в общем, по технологии и характеристикам сходна со сваркой, но отличается тем, что для пайки применяются специальные составы (припои), как правило на основе олова, свинца и флюсовых добавок. Наиболее широко пайка применяется в радиотехнике, электронике, при соединении деталей гидравлических систем (пайка трубок и штуцеров) и т.д.

Заклепочное (клепаное) соединение применяется в случаях, когда соединяемые детали испытывают знакопеременные нагрузки малой и средней мощности (в том числе вибрации), или знакопеременные нагрузки большой мощности, исключающие работу на срез. Пример: рамы, корпуса, крепление несъемных облицовок и т.п.

Резьбовые соединения применяются повсеместно и являются наиболее распространенным видом соединения в технике. Суть резьбового соединения в применении пары дополнительных деталей, соединяющихся посредством вворачивания одной детали в другую по резьбе, и тем самым соединяющих основные детали.

Надежность резьбового соединения обеспечивается за счет силы трения в витках резьбы. Коэффициент трения в правильно соединенных деталях должен превышать коэффициент сдвига основных деталей. Величина коэффициента трения зависит от момента затяжки резьбового соединения, размеров и свойств резьбовой пары.

Наиболее распространенными элементами резьбовых соединений являются *болты, винты, шпильки, гайки*.

Шпоночные и шлицевые соединения применяются при соединении деталей совместного вращения. Чаще всего это валы и зубчатые колеса, валы и шкивы, валы и муфты, а так же валы и всевозможные рукоятки, толкатели и т.п. **Шлицевое соединение обеспечивает передачу значительно большего момента, чем шпоночное и применяется в более нагруженных узлах.**

Штифтовое соединение обеспечивает неподвижность и точную ориентацию деталей относительно друг друга и применяется, например, для обеспечения соосности отверстий в деталях разъемных корпусов (корпуса редукторов, коробок перемены передач и т.д.).

Требования к соединениям деталей машин

Проектирование соединений является очень ответственной задачей, поскольку большинство разрушений в машинах происходит именно в местах соединений.

К соединениям в зависимости от их назначения предъявляются требования **прочности, плотности (герметичности) и жесткости.**

При оценке **прочности** соединения стремятся приблизить его прочность к прочности соединяемых элементов, т. е. стремятся обеспечить равнопрочность конструкции.

Требование **плотности** является основным для сосудов и аппаратов, работающих под давлением. Уплотнение разъемного соединения достигается за счет:

- сильного сжатия достаточно качественно обработанных поверхностей;
- введения прокладок из легко деформируемого материала.

При этом рабочее удельное давление q в плоскости стыка должно лежать в пределах

$$q = (1,5 \dots 4) \cdot p,$$

где p – внутренне давление жидкости в сосуде.

Экспериментальные исследования показали, что **жесткость** соединения во много раз меньше жесткости соединяемых элементов, а поскольку жесткость

системы всегда меньше жесткости наименее жесткого элемента, то именно жесткость соединения определяет жесткость системы.

Неразъемные соединения деталей машин

Классификация неразъемных соединений

Неразъемным называют такое соединение деталей и узлов, разборка которого невозможна без повреждения деталей. Часто неразъемные соединения используют для получения деталей сложной формы и геометрии из простых дешевых элементов.

К неразъемным относят *сварные, паяные, заклепочные, клеевые и формовочные соединения* (соединения с гарантированным натягом).

Соединения пайкой

Пайкой называют процесс соединения металлических или металлизированных деталей с помощью дополнительного связующего материала – припоя, температура плавления которого ниже температуры плавления материала соединяемых деталей.

В расплавленном состоянии припой смачивает поверхности соединяемых деталей. Соединение происходит путем межатомного сцепления, растворения и диффузии материала деталей и припоя. В отличие от сварки пайка сохраняет неизменными структуру, механические свойства и состав материала деталей, вызывает значительно меньшие остаточные напряжения. Прочность паяного соединения определяется прочностью припоя и сцепления припоя с поверхностями соединяемых деталей.

В качестве припоя применяют как чистые металлы, так и сплавы. В зависимости от температуры плавления припоя бывают *легкоплавкие* (мягкие) и *среднетугоплавкие* (твердые). К легкоплавким мягким припоям с температурой плавления до 450 °С относятся *оловянисто-свинцовые сплавы* с содержанием олова от 18 до 90%, например ПОС-61 (61% олова). Для понижения

температуры плавления в эти сплавы вводят висмут и кадмий, а для увеличения прочности – сурьму.

Твердые припои содержат в своем составе медь, цинк, никель, серебро и имеют температуру плавления выше 500 °С.

Мягкие припои применяют для получения главным образом надежных электрических контактов при пайке и герметичных соединений.

Твердые припои обеспечивают достаточную прочность шва при температуре свыше 100 °С, устойчивы к вибрациям, ударам и агрессивным средам.

Хорошее соединение пайкой можно получить только при чистых поверхностях спаиваемых деталей, свободных от окислов и загрязнений и при заполнении зазора между деталями припоем. Для очистки и защиты соединяемых поверхностей и припоя от окисления, улучшения смачиваемости и лучшего растекания припоя применяют флюсы. Они способствуют очищению поверхностей от загрязнений, растворяют окисные пленки, улучшают смачиваемость поверхностей припоем, обеспечивают лучшее затекание припоя в зазоры между спаиваемыми деталями.

Флюсы делятся на химически активные (бура, хлористый цинк и др.) и химически неактивные (канифоль и спиртовые растворы). Применение первых требует тщательной промывки деталей после пайки.

Соединения пайкой могут выполняться при различных способах нагрева деталей и припоя. Наиболее распространенными видами пайки являются *пайка паяльником, газовой горелкой, в печи, индукционная, пайка в жидких средах, ультразвуковая, волной припоя, лазером, электронным лучом* и другие. Способ нагрева зависит от конструкции соединения, материала соединяемых деталей, требуемого количества теплоты и температуры нагрева.

Качество соединения определяется величиной зазора и плотностью его заполнения припоем, прочностью припоя и прочностью связи припоя с поверхностями соединяемых деталей.

Достоинствами пайки являются простота и дешевизна технологического процесса, широкие возможности его механизации и

автоматизации, возможность соединения всех металлов и разнородных материалов (металл с керамикой, стеклом, резиной), малые остаточные температурные напряжения и деформации, малое электросопротивление мест соединения.

Так как непосредственная пайка при соединении металлов с неметаллами невозможна, то на поверхности неметаллических материалов создают промежуточный слой из меди, никеля, серебра, который хорошо сцепляется с поверхностью этих материалов и обеспечивает качественную пайку с металлом.

Недостатком соединений пайкой является их невысокая механическая и термическая прочность. Различают паяные соединения *внахлестку* и *встык*. Наибольшую прочность имеет соединение *внахлестку*, но при этом увеличиваются габариты соединения. Соединение *встык* имеет малые габариты, но невысокую прочность.

Клеевые соединения

Склеиванием называют соединение деталей тонким слоем быстротвердеющего раствора – клея.

Процесс склеивания состоит из подготовки соединяемых поверхностей деталей, нанесения клея, соединения деталей и выдержки при определенных давлении и температуре.

Клеевые соединения применяют для скрепления деталей из различных металлических и неметаллических (стекло, керамика, пластмасса) материалов в любом их сочетании. К клеевым соединениям не предъявляют требований высокой прочности, но они должны хорошо сопротивляться вибрациям, воздействию влаги, колебаниям температур.

Соединения бывают чисто *клеевые* и *клеемеханические*, для повышения герметичности (*клеерезьбовые*, *клеесварные*).

Клеевые соединения улучшают герметизацию, снижают стоимость изделия и позволяют проще решать задачи миниатюризации конструкций. Их часто применяют в тех случаях, когда невозможно механическое крепление соединяемых деталей, например, склеивание оптического стекла с помощью

прозрачных и неокрашенных клеев, крепление полупроводникового кристалла с кристаллодержателем.

Прочность клеевого соединения зависит от способа подготовки поверхностей. Желательно, чтобы они были шероховатые. Для этого применяют механическую (абразивную) и химическую (травление в растворах) обработку.

Клеевой слой для повышения прочности должен быть по возможности тонок (0,05 ... 0,25 мм), тепло- и влагостойким, не подвергаться старению.

Для обеспечения необходимого взаиморасположения склеиваемых деталей в конструкции предусматривают фиксирующие элементы – выступы, впадины и т.п.

Клеи подбирают исходя из свойств материала соединяемых поверхностей. Клеи делят на *твердеющие при удалении растворителя*, *твердеющие при охлаждении расплава* и *твердеющие за счет химических процессов*.

Процесс склеивания **клеями первой группы** сводится к нанесению на поверхность деталей раствора клея, сдавливанию деталей и последующему удалению растворителя путем испарения или впитывания в склеиваемый материал. Соединение обладает свойством обратимости, его не применяют для изделий, работающих в условиях повышенной влажности и температуры. К таким клеям относят резиновые, казеиновые и другие виды клеев.

Клеи второй группы перед нанесением разжижают нагреванием, затем наносят на поверхности, которые сдавливают и выдерживают при комнатной температуре. Эти клеи также обратимы, т.е. при нагревании становятся вязкими, и соединения разрушаются.

Клеи третьей группы необратимы, полученное с их помощью соединение обладает большой прочностью, однако процесс склеивания бывает сложным, некоторые клеи твердеют при нагревании соединения. К таким клеям относят синтетические клеи серий БФ, «Момент», клеи на эпоксидной, эпоксидно-кремнийорганической основе и др.

Клеевое соединение лучше работает на сдвиг, хуже – на отрыв. Его прочность зависит от сорта клея, толщины и качества слоя, прочности сцепления клея с поверхностями соединяемых деталей.

Соединения заформовкой

Заформовка заключается в соединении металлических элементов (арматуры) со стеклом, пластмассами, резиной, легкоплавкими цинковыми, алюминиевыми и магниевыми сплавами путем погружения этих элементов в формуемый материал, находящийся в вязкотекучем пластичном или жидком состоянии. После застывания формуемого материала образуется неразъемное соединение.



Таким способом получают различные рукоятки, крышки, сайлент-блоки, клеммовые держатели, детали для электроизмерительных, оптикомеханических и электронных приборов.

Заформовка является единственным способом получения газонепроницаемого соединения металлических электродов со стеклянными баллонами электровакуумных устройств.

Соединения заформовкой имеют следующие достоинства: не требуются высокие точность и чистота обработки погружаемых частей

арматуры; можно получить необходимые, часто не совместимые местные свойства элементов узла – электро- и теплопроводность арматуры при сохранении изоляционных свойств узла; уменьшаются масса изделий и расход металла, стоимость.

При заформовке практически отсутствует сцепление арматуры с формуемым материалом. Прочность и плотность соединений обеспечивают выбором соответствующих форм погружаемой арматуры в виде кольцевых проточек, впадин, уступов, уширений, загибов, увеличивающих поверхности контакта и препятствующих ее выдергиванию.

Соединения запрессовкой

Соединения запрессовкой получают путем создания гарантированного натяга между охватываемой и охватывающей поверхностями при сборке. После сборки вследствие упругих и пластических деформаций на поверхности контакта возникает удельное давление и соответствующие ему силы трения, препятствующие взаимному смещению деталей.

Сборка при соединении запрессовкой может осуществляться одним из трех способов: *прессование без нагрева, с нагревом втулки или с охлаждением вала.*

Наиболее распространены соединения запрессовкой по цилиндрическим поверхностям. Они применяются для соединения зубчатых колес на валиках, при соединении зубчатого венца червячного колеса со ступицей.

Для облегчения сборки на деталях выполняют направляющие фаски.

Сборка с нагревом втулки может вызвать изменение структуры, коробление детали. Предпочтительнее сборка с охлаждением вала. Для охлаждения используют жидкий азот ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$), сухой лед ($-72\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Чем больше натяг и параметры шероховатости поверхности, тем выше надежность соединения.

Выбор необходимой посадки осуществляют из условий прочности по величине удельного давления.

Достоинствами соединений запрессовкой являются: отсутствие дополнительных креплений, простота конструкции, хорошая центровка сопрягаемых деталей, возможность передачи значительных осевых усилий и крутящих моментов.

К недостаткам соединений запрессовкой относятся: высокие точность и стоимость изготовления соединяемых деталей, сложность сборки, влияние величины натяга, коэффициента трения и рабочих температур на прочность соединения.

Контрольные вопросы.

1. Как классифицируются соединения по функциональному назначению?
2. Как классифицируются соединения по форме сопрягаемых поверхностей?
3. Какое соединение называется разъемным? Перечислить.
4. От чего зависит выбор того или иного соединения деталей машин?
5. Какие требования предъявляют к соединениям деталей машин? От чего зависит выбор требований?
6. Какие соединения называются неразъемными? Перечислить.
7. Какие соединения называются паяными? Как получают паяное соединение?
8. Какие соединения называются прессовыми? Как получают такое соединение?
9. Какие соединения называют формовочными? Как их получают?