Ув. студенты! Ознакомиться с лекционным материалом и ответить на контрольные вопросы письменно. Ответы на контрольные вопросы предоставить до **15.03** на электронный адрес преподавателя vika-lnr@mail.ru

Если возникнут вопросы обращаться по телефону 072-106-54-33

ЛЕКЦИЯ

Тема : Разъемные и неразъемные соединения деталей

Цель: изучение разъемных и неразъемных соединений деталей

План

1. Общие сведения о разъемных соединениях
2. Резьбовые, шпоночные и шлицевые соединения
3. Неразъемные соединения, их назначение
4. Общие сведения о сварных, паянных и клеевых соединениях

Список использованных источников:

1 Гузенков П.Г. Детали машин. - Г.: Высшая школа, 1986

2 Олофинская В.П. Детали машин. Краткий курс и тестовые задания: учебное пособие.-2-е изд., исправленное. и дополненное- М.: ФОРУМ, 2008.- 208с.

3 Фролов М.И. Техническая механика. Детали машин. - М: Высшая школа, 1986

1 Общие сведения о разъемных соединениях

Рассматривая любое оборудование, можно заметить, что оно состоит из многих деталей, соединенных в отдельные сборочные единицы (узлы). В процессе сборки деталей, т.е. в процессе получения изделия используют разные способы их соединения, которые образовывают подвижные и неподвижные связи. К *подвижным связям* можно отнести разные шарниры и подшипники, применение которых в той или другой конструкции обусловлено служебным назначением механизма. Например, в пожарном оборудовании лафетный ствол соединяется с основой с помощью шарнира,

который позволяет перемещать его для изменения направления компактной струи жидкости, чтобы направлять его в очаг пожара.

Неподвижные связи используют в тех случаях, когда согласно служебному назначению механизма нет необходимости обеспечивать перемещение его отдельных элементов. Например, неподвижным является размещение водной помпы пожарной автоцистерны пожарного автомобиля.

Неподвижные связи разных элементов (деталей) конструкции называют *соединениями.* Соединения могут быть неразъемными и разъемными. *Неразъемные соединения* (клепанные, сварные, паянные и т.п.) рассмотрены выше. *Разъемные соединения* (резьбовые, шпоночные, зубчатые) позволяют разбирать элементы конструкции без повреждений, например, в процессе выполнения ремонтных работ.

Соединение элементов конструкции выполняют определенные служебные назначения в процессе работы машины или механизма. Поэтому к ним предъявляют определенные технические требования с точки зрения их прочности и надежности, от которых зависит нормальная работа всей машины или механизма. Широчайшее применение при разработке разных конструкций машин и механизмов нашли резьбовые, шпоночные и зубчатые (шлицевые) разъемные соединения.

2 Резьбовые, шпоночные и шлицевые соединения

Резьбовые соединения

Резьбовыми называют разъемные соединения, которые получают с помощью резьбовых деталей для крепления или резьбы, которая выполнена на соединенных деталях. К резьбовым деталям для крепления относятся: болты (рисунок 14.6, а), винты, шпильки (рисунок 14.6, *б)* и т.п.. При соединении конструкции болтом обязательно используют необходимый для этого соединения элемент — гайку *2,* которую навинчивают на болт *1* (рисунок14.6, *а).*

Рисунок 14.6 - Резьбовые крепежные детали

При использовании винтов для соединения элементов конструкции вместо гайки применяют резьбу, размещенную в отверстии детали, с которой соединяют другую деталь. В случае соединения элементов конструкции шпилькой используют, например, одну гайку, которую навинчивают на один

резьбовой конец шпильки, а второй резьбовой конец завинчивают в резьбовое отверстие детали, к которой крепят другую деталь.

Резьбовые детали для крепления изготовляют со следующими типами резьб: метрической, трубной (дюймовой) и круглой. Наибольшее распространение для крепежных деталей (болтов, винтов, шпилек и т.п.) получила метрическая резьба, так как трубная и круглая резьбы используются как крепежно-уплотняющие для герметичного соединения труб арматуры.

Форма и размеры профиля резьбы характеризуются следующими параметрами (рисунок 14.7): шагом резьбы P; рабочей высотой профиля H; углом профиля α; внешним диаметром резьбы болта d; внутренним диаметром d_1, средним диаметром d_2. Кроме этого, рассматривают высоту гайки h. Для стандартных гаек, которые работают в паре с болтами из одного материала, принимают h = 0,8d. Глубину завинчивания h_x стальных винтов и шпилек в стальные детали принимают $h = d$, а в чугунные детали и из алюминиевых сплавов h_x = 1,5d. Для треугольной резьбы размеры ее основы для болта a и для гайки b (рисунок 14.7) равные, т.е. $a = b$ = 0,8P.

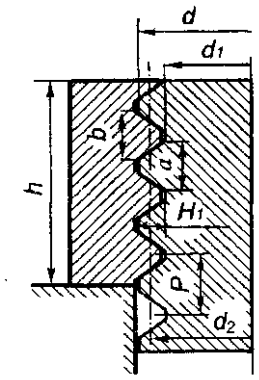


Рисунок 14.7 - Параметры резьбы

Метрическая резьба имеет угол профиля α= 60°, а дюймовая α = 55°. Метрические резьбы бывают с нормальным и мелким шагом. С нормальным шагом (P = 0,2...6 мм) используют при диаметрах d = 1...68 мм. Метрическую резьбу с нормальным шагом обозначают буквой М с указанием диаметра резьбы в миллиметрах (например, М16). В обозначении резьбы с мелким шагом указывают дополнительно величину шага (например, М16 х 1,25).

Диаметр дюймовой резьбы измеряют в дюймах, а шаг — количеством нитей на 1". Эта резьба используется для внешних диаметров d = 3/16"...4" и количеством нитей на 1" от 28 до 3. Для трубной резьбы используют дюймовую резьбу с мелким шагом (число нитей на 1" от 28 до 11), которую нарезают на трубах и арматурах трубопроводов с внутренним диаметром трубы от 1/8" до 6". Поэтому условное обозначение дается в дюймах по внутреннему диаметру трубы, на которой она нарезана. Например, трубная

резьба 3/4" означает, что дюймовая резьба нарезана на трубе с внутренним диаметром 3/4".

Резьбовые детали изготовляют из углеродистых сталей обычного качества (Ст3, Ст4, Ст5), качественных конструкционных (20, 30, 35, 45), а ответственные соединения - из легированных конструкционных сталей (40Г, 40Х, 30ХГС и прочие). Механические свойства стальных крепежных деталей нормируются стандартом, согласно которому болты, винты и шпильки разделяют на 11 классов прочности, а гайки разделяют на 7 классов. Наиболее низкий класс прочности для болтов, винтов и шпилек - класс 3.6, а самый высокий - 12.9. Соответственно для гаек - 4 класс (наиболее низкий), а 12 класс (самый высокий). Согласно стандарту, для каждого класса прочности даются рекомендации выбора материалов для изготовления крепежных деталей.

Шпоночные и зубчатые (шлицевые) соединения

Шпоночные соединения.

Шпонкой *3* (рисунок 14.8) называют деталь, с помощью которой закрепляются на валу (или оси) детали (с использованием ступицы), что вращаются (зубчатые колеса, шкивы, муфты и т.п.), и передается вращающийся момент от вала *1* к ступице детали *2*, или наоборот. Конструкция шпоночного соединения очень простая, но надежная, удобная в процессе выполнения сборочных операций, имеет относительно низкую себестоимость изготовления, которое дало возможность широко применять ее в разных конструктивных элементах. К недостаткам таких соединений следует отнести ослабление вала и ступицы за счет размещения на этих деталях шпоночных пазов для установления в них шпонок. Шпоночные пазы уменьшают площадь сечения и значительно повышают концентрацию напряжений.

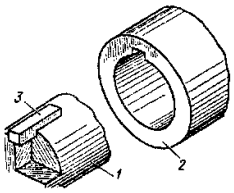


Рисунок 14.8 - Шпоночное соединение

Шпоночные соединения могут быть ненапряженными и напряженными.

К *ненапряженным* шпоночным соединениям относится соединение призматическими и сегментными шпонками.

Призматические шпонки изготовляют с закругленными или плоскими торцами. Шпонку закладывают в паз вала. В радиальном направлении между

шпонкой и основой паза в ступице предусматривают зазор. На рисунке 14.9 изображено соединения призматической шпонкой с закругленными торцами. Ширину b и высоту h выбирают из стандарта в зависимости от диаметра вала d. Рабочая длина призматической шпонки со скругленными торцами $l_0 = L - b$, а с плоскими торцами $l = L$. Кроме этого, стандартом также установленная глубина паза на вале t_1 и в ступице t_2. Длину шпонки L принимают за длиной ступицы, которая размещается на вале, и проверяют на прочность с одновременным согласованием этой длины со стандартом. Можно делать и наоборот — сначала определить L исходя из прочности, а потом принимать длину ступицы.

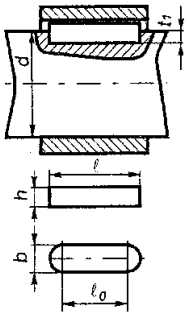


Рисунок 14.9 - Соединение призматической шпонкой

Сегментные шпонки представляют собой пластины в виде сегмента, который закладывают в паз на вале. По принципу действия эти шпонки подобны призматическим, но имеют некоторые технологические преимущества сравнительно с ними. Значительный недостаток сегментных шпонок - ослабление вала вследствие глубокого врезания шпоночного паза (рисунок 14.10).

Размеры сегментных шпонок также стандартизированы. их определяют в зависимости от диаметра вала d. Выбранные размеры сегментной шпонки проверяют только на прочность. Если выбранная длина шпонки не отвечает прочности, то необходимо даже изменить диаметр вала.

К *напряженным* шпоночным соединениям относят клиновые и тангенциальные.

Клиновые шпонки согласно стандарту разделяют на шпонки без головки и шпонки с головкой (рисунок14.11). Эти шпонки изготовляют с уклоном 1:100, который размещается в пазу ступицы. При запрессовке шпонки в паз возникает напряженность соединения. Величина момента, которая передается соединением клиновой шпонки, зависит от сил трения, которые образуются на рабочих поверхностях. Клиновые шпонки называют врезными, если пазы выполнены на вале и ступице.

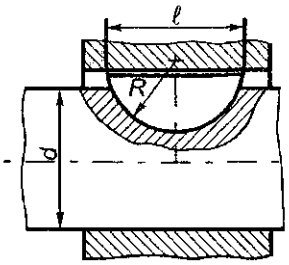


Рисунок 14.10- Соединение сегментной шпонкой

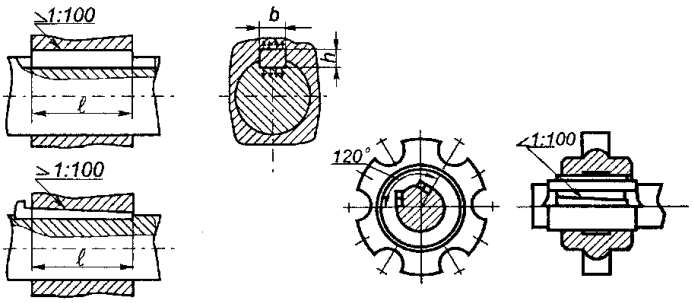
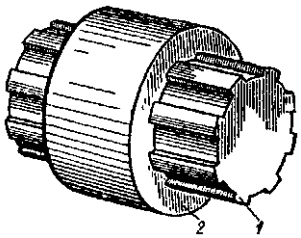


Рис. 14.11. Соединение деталей клиновыми врезными и тангенциальными шпонками

Тангенциальные шпонки представляют собой призматические бруски, которые состоят из двух односкосных клиньев. Эти клинья вставляют в паз вала по касательной к цилиндрической поверхности вала. Внешние грани двух клиньев, которые образуют тангенциальную шпонку, параллельны друг другу. Тангенциальные шпонки устанавливают под углом 120° с образованием натяга между валом и ступицей (рисунок 14.11). Эти шпонки обеспечивают также передачу вращающего момента в процессе реверсирования.

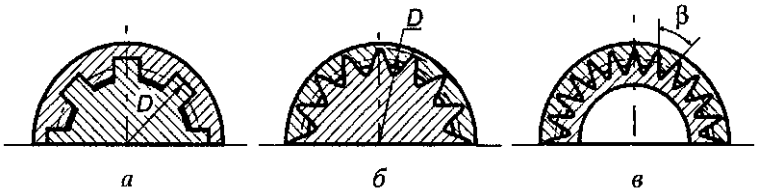
Для изготовления шпонок используют углеродистые стали обычного качества Ст4, Ст5; углеродистые качественные стали 35, 40, 45, 50; легированные стали 50Г, 40Х, 40ХН. Основным условием для выбора материала шпонки есть то, чтобы предел прочности выбранного материала $\sigma_в$ > 500 МПа.

Зубчатые соединения. Если шпоночные соединения не могут обеспечить прочность в процессе передачи вращающего момента, то используют зубчатые (шлицевые) соединения. Зубчатые соединения образуются выступами (зубцами) на валу (или оси), которые входят во впадины (пазы) в ступице (рисунок 14.12).



: *1* — зубчатый (шлицевый) вал; *2* — ступица (втулка)

Рисунок 14.12.- Зубчатое соединение



а — прямоугольное; *б* — эвольвентнеое; *в* — треугольное

Рисунок 14.13 - Зубчатые соединения:

По сравнению со шпоночными зубчатые соединения имеют большую нагрузочную способность за счет увеличения поверхности контакта; они лучше центрируют сопряженные детали и обеспечивают более высокую усталостную прочность вала. Зубчатые соединения в зависимости от профиля зубьев делятся на три основных типа соединений (рисунок 14.13): прямоугольные, эвольвентные и треугольные.

Стандартом для прямоугольных зубчатых соединений предусмотрены три серии соединений: легкая, средняя и тяжелая. Наибольшую несущую способность имеет тяжелая серия. Количество зубьев для прямоугольных и эвольвентных зубчатых соединений находится в пределах 4...20, а для треугольных — до 70. Материалом для изготовления этих соединений преимущественно является сталь с пределом прочности $\sigma_в > 500$ МПа.

3 Неразъемные соединения, их назначение

Неразъемными соединениями называют такие, которые не допускают разборки сборочной единицы (например, узла) на отдельные детали без их повреждения. К таким соединениям принадлежат заклепочные, сварные, паянные и клеевые. К неразъемным соединениям условно относят также соединения с гарантированным натяжением (прессовые). Эти соединения допускают разборку деталей для их замены (например, подшипников) в процессе ремонта сборочной единицы, но могут возникнуть незначительные повреждения посадочных поверхностей и ослабления прессовой посадки. Главным критерием работы всех этих соединений является прочность, но для некоторых конструкций главным критерием может быть износоустойчивость, жесткость или герметичность и т.п.. Рассмотрим основные конструкции неразъемных соединений.

Заклепочные соединения применяются для соединения нескольких деталей с помощью заклепки, которую вставляют в отверстия соединенных деталей, а после этого ее свободный противоположный конец расклепывают благодаря пластическому деформированию для образования неразъемного соединения.

Сварные соединения. Сварными называют соединение деталей, которые в зоне их контакта соединяются за счет местного расплавления или совместного пластического деформирования, которое основано на использовании межатомных сил сцепления. Если в заклепочном соединении соединительным элементом является заклепка, то в сварных - расплавленный металл, который после остывания образует неразъемное соединение. Сравнительно из клепанными сварные конструкции обеспечивают существенную экономию металла и значительно снижают трудоемкость изготовления.

Паянные соединения. Паянием называют процесс соединения деталей расплавленным припоем. В процессе пайки материал детали не расплавляется, вместе с тем нагревается и расплавляется припой, температура плавления которого ниже температуры плавления деталей, которые соединяются. Припой в расплавленном состоянии смачивает поверхности, которые подлежат соединению, и заполняет зазор между ними. Для повышения качества соединения, а также для уменьшения влияния окисления поверхности используют специальные флюсы на основе буры и канифоли. После затвердения припоя образовывается неразъемное соединение, прочность которого после качественно выполненного паяния равняется прочности основного материала детали.

Клеевые соединения подобны паянным, но отличаются тем, что вместо припоя на соединенные поверхности наносят слой клея. В основу процесса склеивание положено явление адгезии, т.е. способность клеющих веществ прилипать к поверхностям материалов, которые должны быть склеены. Процесс склеивания происходит при определенных для каждого клея условиях: температуре, давлении и времени выдержки.

Прессовые соединения. Прессовым соединением называют соединение, которое образовывается с помощью сборки деталей с использованием при их соединении посадки с гарантированным натягом. Как указывалось выше, эти соединения с гарантированным натягом допускают разборку деталей для их замены в процессе ремонта сборочной единицы, но могут возникнуть повреждение посадочных поверхностей и послабление прессовой посадки. При больших натяжениях могут возникнуть значительные повреждения и даже разрушение поверхностей соединений и других элементов.

Основным недостатком прессового соединения является невозможность точного учета его несущей способности. Поэтому на практике очень часто применяют комбинацию прессового и шпоночного соединения.

4 Общие сведения о сварных, паянных и клеевых соединениях

Сварные соединения. Сварными называют соединение деталей, которые в зоне их контакта соединяются за счет местного расплавления или совместного пластического деформирования, которое основано на использовании межатомных сил сцепления. Если в заклепочном соединении соединительным элементом является заклепка, то в сварных - расплавленный металл, который после остывания образует неразъемное соединение. По сравнению с клепанными сварные конструкции обеспечивают существенную экономию металла и значительно снижают трудоемкость изготовления.

Основными способами сварки деталей является сварка плавлением и контактная сварка. Из разных способов сварки плавлением чаще всего используют дуговую сварку металлическими электродами. При прикосновении электрода к деталям, которые подключены к источнику электрического тока, возникает электрическая дуга, которая плавит материал соединенных деталей и материал электрода с образованием сварного шва.

Контактная сварка базируется на местном нагревании зоны контакта соединенных деталей в процессе прохождения через эту зону электрического тока. Стык деталей размягчается, и в результате сжатия образуется прочное соединение.

Преимущества сварных соединений по сравнению с заклепочными:

1. простота конструкции сварного шва и меньшая трудоемкость;
2. уменьшение массы конструкции;
3. герметичность соединения;
4. возможность соединения деталей разной формы;
5. легкая возможность автоматизации процесса;
6. небольшой уровень шума технологического процесса сварки.

Недостатки сварных соединений:

1. возникновение остаточных напряжений в сварных элементах;
2. коробление деталей;
3. недостаточная надежность при значительных вибрациях и ударных нагрузках.

Сварные швы классифицируют по таким признакам.

1. По назначению: прочные (обеспечивают передачу усилий от одного элемента на другого) и плотно-прочные (обеспечивают передачу усилий и герметичность для жидкостей и газов).

2. По размещению сварного шва в пространстве (рисунок 14.1): ***а***— нижний шов; ***б*** — горизонтальный шов; ***в*** — вертикальный шов; ***г*** — потолочный шов. При всех других равных условиях нижний шов является самым прочным. Наименьшую прочность имеет потолочный.

3.По взаимному размещению элементов, которые свариваются: стыковое соединение (рисунок 14.2); нахлесточное соединение; соединение с накладками (рисунок 14,3) (накладки могут быть односторонними и двусторонними); тавровое соединение (рисунок 14.4, а); угловое соединение (рисунок 14.4, *б)***;** соединение прорезными и проплавленными швами.

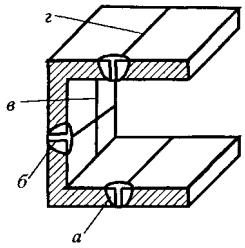


Рисунок 14.1 - Виды сварных швов

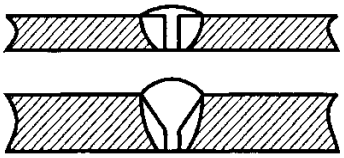


Рисунок 14.2 - Стыковая сварка деталей

Рисунок 14.3 - Сварка с накладками

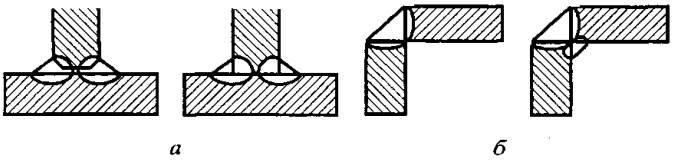


Рисунок 14.4 - Тавровая и угловая сварка деталей

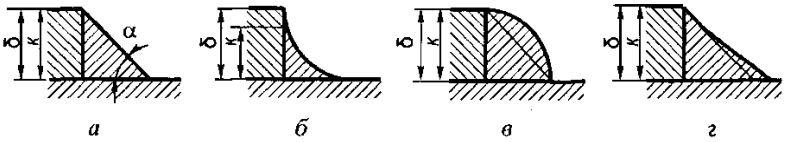


Рисунок 14.5 - Конструкция угловых швов

Стыковые соединения выполняют стыковыми швами, а все другие (кроме проплавленных) - угловыми швами. Конструкция угловых (валковых) швов изображена на рисунке 14.5.

По форме поперечного сечения они делятся на:

- нормальные (рисунок 14.5, а), для которых катет шва принимается равным толщине листа, т.е. *К* = 8;
- вогнутые (рисунок 14.5, *б)* с условным катетом шва *К* = 0,85;
- выпуклые (рисунок 14.5, *в)***;**
- специальные (рисунок. 14.5, *г),* профиль которых - неравнобедренный прямоугольный треугольник (один из катетов *К* = 5).

Для всех форм сечений условно принимают высоту шва Ksinα =

Ksin45° = 0,7 *K*.

Паянные соединения. Пайкой называют процесс соединения деталей расплавленным припоем. В процессе пайки материал детали не расплавляется, вместе с тем нагревается и расплавляется припой, температура плавления которого ниже температуры плавления деталей, которые соединяются. Припой в расплавленном состоянии смачивает поверхности, которые подлежат соединению, и заполняет зазор между ними. Для повышения качества соединения, а также для уменьшения влияния окисления поверхности используют специальные флюсы на основе буры и канифоли. После затвердения припоя образовывается неразъемное соединение, прочность которого после качественно выполненного паяния равняется прочности основного материала детали.

Пайки разделяют на высокотемпературные (серебряные и медные припои) и низкотемпературные (оловянно-свинцовые припои). При высокотемпературном паянии соединения нагревают газовыми горелками, током высокой частоты, в печах. При низкотемпературном паянии используют медные паяльники, газовые горелки и т.п.. Механические характеристики наиболее распространенных припоев приведены в таблице 14.1.

При паянии главным образом используют нахлёсточное соединение или соединение с накладками, подобно сварным соединениям.

Клеевые соединения подобны паянным, но отличаются тем, что вместо припоя на соединенные поверхности наносят слой клея. В основу процесса склеивание положено явление адгезии, т.е. способность клейких веществ прилипать к поверхностям материалов, которые должны быть склеены. Процесс склеивания происходит при определенных для каждого клея условиях: температуре, давлении и времени выдержки.

Таблица 14.1

Механические характеристики припоев

Марка припоя	Основа	Предел прочности, МПа
ВПр1	медь	840 …900
ВПр2		330 … 440
ПСр40	серебро	380 … 440
ПОС90	Олово и свинец	43
ПОС61		41
ПОС40		36

Контрольные вопросы:

1 Как происходит процесс паяния?
2 Какие существуют разъемные соединения деталей?
3 Какие существуют резьбовые крепежные детали?
4 Из каких материалов изготовляют резьбовые детали?
5 Какое служебное назначение шпоночных и зубчатых соединений?
6 Какие Вы знаете основные типы шпоночных и зубчатых соединений?
7 Что представляют собой неразъемные соединения деталей?
8 Каково назначение заклепочных соединений?
9 Что называется заклепкой?
10 Какие заклепочные швы Вам известны и как они классифицируются?
11 Какие соединения деталей называют сварными?
12 В чем преимущества и недостатки сварных соединений?
13 Каково назначение паянных и клеевых соединений?
14 Когда целесообразно использовать прессовые соединения?
15 Что называют сварным соединением?
16 По каким признакам можно классифицировать сварные швы?
17 Какие Вы знаете виды сварки?
18 В чем преимущества и недостатки сварных соединений?