***Конструкции резьбовых деталей и применяемые материалы***

***Традиционные конструкции***

К этой группе отнесены хорошо известные и широко применяемые – болты с нормальной и уменьшенной шестигранной головкой, винты и винты самонарезающие с полукруглой, потайной, полупотайной, плоской головками, прямым и крестообразным шлицем типа *Н*, шпильки, гайки шестигранные нормальные, низкие и высокие, гайки прорезные и корончатые, гайки и болты приварные, гайки неподвижные (клинч) и закладные квадратные,  пальцы, штифты, заклёпки, разнообразные виды шайб – плоские нормальные и увеличенные, пружинные, стопорные зубчатые, с лапками, с носиком и др.

*Основные резьбовые крепежные детали — болты, винты, шпильки, гайки, а также шайбы и устройства, предохраняющие резьбовые соединения от са­моотвинчивания, гаечные ключи.*

***Болтом***(см. рис. 14, *а)*назы­вается резьбовое изделие цилиндриче­ской (или конической) формы, снабжен­ное на одном конце головкой, а на дру­гом резьбой, на которую навинчивается *гайка.*На рис. 14, *б*показан винт.



**Рис. 14. Типы резьбовых соединений: *а —*болтовое;**

***б —*соединение винтом; в, г — соединение шпилькой**

Резьбовое изделие цилиндрической формы, снабженное на одном конце го­ловкой, а на другом резьбой (гайкой слу­жит деталь), называется ***винтом.***

Болты ГОСТ 7798-70 и др. применяются:

- для скрепления деталей не очень большой толщины при наличии места для головки болта и гайки.

- для скрепления деталей, не обеспечивающих достаточную надёжность и долговечность резьбы; при необходимости частого завинчивания и отвинчивания.

Отвер­стия в соединяемых болтами деталях выполняют несколько большего диаметра, чтобы можно было легко вставить болт, не повредив резьбы. С торца го­ловку болта обтачивают на конус (снимают фаску), чтобы срезать вершины углов призмы, которые могут создавать затруднения при захватывании ключом. Болт требует для размещения гайки много места что увеличивает габариты и вес конструкции. Зато, при обрыве он легко заменяется.

Винт может иметь головку разной формы, в частности и шестигранную. Винт ввертывается в корпус и поэтому требует мало места для размещения,  что сокращает размеры и вес конструкции. Однако, при сборке, резьба в корпусе (в особенности чугунном или алюминиевом) может быть повреждена. При обрыве трудно извлечь оставшуюся в резьбе часть винта.

Применять винтовое и шпилечное соединения необходимо, когда установка болтов нерациональна. При многократных разборках-сборках соединений винтовое соединение применять не следует.

Резьбу у болтов накатывают или нарезают на заготовках, полученных горячей высадкой из прутка. Болты также изготовляют из фасонного прут­ка (шестигранного или другого профиля) на токарно-винторезных станках или автоматах.

Болты и винты находят широкое применение во всех отраслях маши­ностроения для получения разъемных соединений. Они стандартизованы.

***Конструктивные формы болтов и винтов***

По форме головки болты и винты бывают с шестигранной головкой (рис. 15, *а),*квадратной (рис. 15, *б),*цилиндрической (рис. 15, *в),*полукруглой (рис. 15, *г),*по­тайной (рис. 15, *д)*с углублением под шестигранный ключ (рис. 15, *е)*или специальную отвертку (рис. 15, *ж).*Имеются и другие конструкции головок.

Болты, как правило, имеют головку, захватываемую снаружи инстру­ментом — гаечным ключом, рис. 15, *а, б,*винты — специальным торцо­вым ключом (рис. 15, *в—ж) и с головками,* препятствующими провороту винта.

***Головки винтов с наружным захватом.*** Обеспечивают наиболь­шую силу затяжки, но при этом требуется больше места для захва­та ключом. Широкое распространение получила шестигранная головка (рис. 15, *а,б*), для которой требуется поворот гаечного клю­ча на 1/6 оборота до перехвата за следующие грани (при условии, что ключ не переворачивается). Для уменьшенной шестигранной головки нужно меньше места для раз­мещения. Это позволяет снизить массу конструкции. В условиях частого завинчивания и отвинчивают и при наличии свободного пространства для поворота ключа применяют квадратные головки, которые при тех же габаритах имеют более широкие грани.

***Головки с торцовым захватом.*** Можно размещать в углублениях, что улучшает внешний вид, уменьшает габариты и создает удобства обслуживания машины. В зависимости от формы применяе­мого инструмента такие головки выполняют: о внутренним шести­гранником (см. рис. 15,*е*). шлицем под обычную отвертку (см. рис.15,*в*) или с крестовым шлицем под специальную отвертку (см. рис.15, *ж*). Винты с внутренним шестигранником обслуживаются простым ключом в виде изогнутого под прямым углом прутка шестигранного профиля. Широкое применение винтов с внутренним шестигранником объясняется тем, что проч­ность граней шестигранного отверстия меньше прочности стержня винта, и его невозможно оборвать при затяжке, а процесс затяж­ки легко поддается автоматизации. Головки винтов для завинчи­вания отверткой (см. рис. 15,*е*) могут быть цилиндрическими, полукруглыми, потайными или полупотайными. Головки с крестовым шлицем (см. рис.15,*ж*) более совершенны, так как такой шлиц луч­ше сопротивляется обмятию.

***Головки, препятствующие провороту.***Подразделяют на голов­ки специальной формы, закладываемые в гнезда, или головки с двумя параллельными рабочими гранями, закладываемые в пазы, и круглые головки с усиком, вызывающие обмятие детали.



**Рис. 15. Виды болтов и винтов**

Концы болтов и винтов выполняют плоскими (рис. 16, *а),*с кониче­ской фаской (рис. 16, *б)*или сферическими (рис. 16, *в).*



**Рис. 16. Конструктивные эле­менты болтов, винтов и шпилек**

В зависимости от формы стержня болты и винты бывают с *нормальным стержнем*(рис. 17,а); с *подголовком*(рис.17,б); с точно обработанным *утолщенным стержнем*для постановки без зазора в отверстие из-под развертки (рис.17, в); со *стержнем уменьшенного диаметра*ненарезанной части для повышения упругой податливости и выносливости при динамических нагрузках (рис.17, г)*.*



**Рис. 17. Формы стержня болтов и винтов**

В зависимости от точности изготовления болты и винты выполняют *нормальной, повышенной и грубой*точности.

В зависимости от назначения болты и винты бывают *общего назначения, установочные и специальные*.

***Винты, показанные на*рис. 18, *называются установочными.***Их приме­няют для фиксации положения деталей и предотвращения их сдвига, например, при соединении двух валов с помощью втулки и шпонок, осевая фиксация втулки относительно вала осуществляется с помощью установочных винтов. Винты с плоским торцом (рис. 18, *а)*можно применять при малой толщине дета­лей; с коническим (рис. 18, *б*) и ступенчатыми (рис. 18, *в, г)*— для деталей, имеющих предварительное засверливание. Установочные винты изготавливаются небольшой длины с резьбой по всей длине. Винты с засверленным концом (рис. 18, *д)*используют совместно с шариком).



**Рис. 18. Установочные винты**

***К специальным болтам*** относят ***фундаментные***болты (рис.19,а) для соединения машин с фундаментом; болты конусные для отверстий из – под развертки (рис. 19, б), грузовые винты (рым-болты, рис. 19, в), ***распорные***болты для сохранения постоянного расстояния между соединяемыми деталями; ***анкерные***болты для укрепления станин машин, работающих с динамическими (ударными) нагрузками, к фундаменту;***откидные***болты для закрепления и освобождения деталей в часто разбираемых соединениях; ***установочные***винты для закрепления на валу установочных колец, небольших шкивов, указателей и т. д. с целью предотвратить их смещение вдоль оси вала при небольших осевых силах.



**Рис.19. Примеры специальных болтов**

***Шпильки***

На рис. 14, *в, г*пока­зана шпилька. Шпильки применяют, когда по конструктивным особенностям соедине­ний установить болт или винт нельзя и когда по условию эксплуатации требуется частая разборка и сборка соединения деталей, одна из которых имеет большую толщину. Применение винтов в этом случае привело бы к преждевременному износу резьбы детали при многократном отвинчивании и завинчивании. При динамических нагрузках прочность шпилек выше, чем прочность болтов. Шпильку ввинчивают в деталь при помощи гайки, навинченной поверх другой гайки или при помощи специального шпильковерта.

***Шпилька*** — резьбовое изделие цилинд­рической формы, имеющее с обоих концов резьбы, один конец которой (головка) ввинчивается в деталь, для чего имеет с этой стороны тугую нарезку, а на другой навин­чивается гайка. Резьбовое изделие, показан­ное на рис. 14, *г,*можно назвать бол­том-шпилькой.

При разборке свинчивается только гайка и тугая резьба в корпусе не повреждается. Шпильки рекомендуется применять при чугунных или алюминиевых корпусах.

Шпильки делят на два типа по ГОСТ 11765-81: с проточ­кой (рис. 20, *а);*без проточки, со сбегом резьбы на посадочном конце (рис. 20, *б).*Один конец шпильки ввинчива­ется в тело детали до отказа с затяжкой на сбег резьбы (шпилька ввинчива­ется, например, с помощью двух гаек, рис. 37, *а).*Диаметр резьбы на обоих концах шпильки, как правило, одинаков. Глубина ввинчи­вания *l*ш зависит от материала детали, определяется по табл. 5.



**Рис. 20. Конструкции  шпилек**

**Таблица 5. Минимальная относительная длина завинчивания *l*ш в корпус шпилек (винтов),**

**изготовленных из различных материалов**

|  |  |
| --- | --- |
| σвстальной шпильки (винта), МПа | lw/dпри материале корпуса (σв, МПа) |
| Сталь(300-400) | Дюралюминий (360-400) | Бронза(250-200) | Чугун (180-250) | Силумин (160-200) |
| 400-500 | 0,8-0,9 | 0,8-0,9 | 1,2-1,3 | 1,3-1,4 | 1,4-2,0 |
| 900-1000 | 1,6-2,0 | 1,6-2,0 | 1,8-2,2 | 1,8-2,2 | 2,0-2,5 |

***Гайки***

Болты и шпильки снабжены гайками.

Гайки имеют различную форму. Наиболее распространены шестигран­ные гайки. На рис. 21 показаны шестигранные гайки, применяемые в ма­шиностроении: *а —*с одной фаской; *б*— с одной фаской и проточкой; *в —* прорезные; *г —*корончатые. У корончатых гаек для установки стопорных шплинтов выполнены прорези. Имеются и другие конструктивные разно­видности шестигранных гаек. В зависимости от высоты шестигранные гайки бывают нормальные, высокие и низкие. Высокие гайки применяют при частых разборках и сборках для уменьшения износа резьбы. Прорезныеи корончатые гайки также выполняют высокими. В зависимости от точности изготовления шестигранные гайки, аналогично болтам, бывают нормальной и повышенной точности. Для крепления подшипников качения, руле­вого устройства в велосипедах, мотоциклах и других машинах применяют круглые гайки со шлицами (рис. 21, *д).*При частом отвинчивании и за­винчивании с небольшой силой затяжки применяют гайки-барашки (рис. 21, *е, ж).*



**Рис. 21. Конструктивные формы гаек**



**Рис. 22. Гайки**

На рис. 22: *в*— шестигранная гайка с двумя фасками для больших осевых нагрузок*; г*— шестигранная гайка с одной фаской для незначительных осевых нагрузок; *ж*— шестигранная гайка с глухим резьбовым отверстием; *з —*шестигранная гайка с буртиком; *и*— круглая гайка с накаткой и углублением под ключ; к — круглая гайка с от­верстиями на торце под ключ.

***Резьбовое соединение нестандартными деталями***

Помимо резьбовых соединений, осуществляемых при помощи стандартных крепежных деталей, находят широкое применение резьбовые соединения, в которых резьба выполня­ется непосредственно на деталях, входящих в соеди­нение.

На рис.23 представлено соединение трубы *1*со штуцером *2*, осуществляемые при помощи накид­ной гайки *3*и втулки *4*, прижимающей коническую развальцованную часть трубы к штуцеру.

  

**Рис.23**

***Крепёжные детали с фланцем***

В  США в 60-х годах прошедшего столетия  шайбы соединили с головками болтов и гайками. Диаметр фланцев примерно равен наружному диаметру нормальных шайб и выбран неслучайно – было установлено, что оптимально контактные напряжения под головками болтов класса прочности 8.8 должны быть в пределах 170…180 МПа. В соединениях стало меньше деталей, снизилась трудоёмкость сборки узлов, стали возможными переход на крепёжные детали более высокого класса прочности и уменьшение их размеров. Расчёты и испытания показывают, что при использовании фланцевого крепежа существенно повышается надёжность резьбового соединения, так как под головкой от прилагаемых усилий затяжки и рабочих нагрузок не возникают пластические деформации в соединяемой детали. Увеличение площади опорной поверхности обеспечивает ещё и значительно лучшие стопорящие свойства.

Имеются: ГОСТ Р 50592-93 Гайки шестигранные с фланцем класса точности А. Технические условия; ГОСТ Р 50274-92  Болты с шестигранной уменьшенной головкой и фланцем. Технические условия. На болты с шестигранной  (нормальной) головкой и фланцем российского стандарта пока нет, можно пользоваться стандартом  ДИН 6921.

На болтах и гайках с фланцем классов прочности 8.8 – 8 и выше часто применяют конструкцию опорной поверхности фланца с поднутрением, направленным от наружной части в сторону стержня. Это повышает стопорящие свойства.

На рис. 24 приведена диаграмма контактных напряжений под головками болтов класса прочности 8.8. При затяжке соединения контактные напряжения σ*Н* под головкой болтов с шестигранной уменьшенной головкой существенно превышают напряжения течения σт материала соединяемых деталей (пунктирные линии). Усилие затяжки при переходе с болтов класса прочности 6.8 на 8.8 возрастают в 1,6…3,2 раза. Это в большинстве  случаев  приводит  к местным деформациям на соединяемых деталях и в результате ускоряет ослабление соединения.



**Рис. 24**

В зарубежном машиностроении (автомобили и двигатели, тракторы и сельхозмашины, станки и другая техника) применяют болты и винты повышенных классов прочности – не ниже 8.8, мелкие винты и неответственные детали могут иметь классы 4.8, 5.6, 6.8. Например, структура болтов по прочности в автомобилях Западной Европы такова: размеры М6 – М10:  8.8 – 90%, 10.9 – 8%, 12.9 – 1%, а размеры  М12 и выше:  8.8 – 31%, 10.9 – 61%, 12.9 – 2%. Болтов с прочностью ниже 8.8 очень мало. Таковы же характеристики болтов в автомобилях АвтоВАЗа.

Казалось бы, что вместо болтов с шестигранной уменьшенной головкой можно применять болты с нормальной головкой по ГОСТ 7805. Но это почти всегда сопряжено с отсутствием места для размещения монтажного инструмента. Можно под уменьшенную головку  болта повышенной прочности поставить закалённую плоскую шайбу. Но такое соединение дороже, трудоёмкость сборки выше. Повышение класса прочности крепежной детали требует изменять конструкцию соединения.

***Резьбовыдавливающие крепёжные детали***

Общепринятый способ  соединения деталей и узлов, осуществляемый обычными болтами, винтами и шпильками, связан с необходимостью использования гаек или нарезания резьбы в отверстии, и для этого нужен резьбонарезной и контрольный инструмент, трудовые и иные затраты. Это обстоятельство способствовало изобретению крепёжных деталей, способных во время сборки выдавливать резьбу в гладком отверстии и при этом обеспечивать стопорение соединений. Отверстия под резьбовыдавливающие детали можно получать сверлением, пробивкой или при отливке. Эффективно применение резьбовыдавливающихвинтов в отбортованных отверстиях листовых деталей: прочность соединения по сравнению с нарезкой резьбы увеличивается на 20-30%. Диаметр отверстия под  винт делают несколько больше среднего диаметра резьбы (≈1,03*d*ср). Он  зависит от материала и глубины ввинчивания в отверстие. Установка в гладкое отверстие осуществляется теми же винтовёртами, что и обычные винты, так как вращающий момент формообразования резьбы всегда меньше момента затяжки резьбового соединения.

Резьбовыдавливающие крепёжные детали подлежат термообработке. Минимальное требование – нитроцементация на глубину 0,08…0,28 мм (зависит от диаметра винта), твёрдость не менее 450 НV.

Наиболее применяемая  конструкция резьбовыдавливающих винтов и болтов  имеет метрическую резьбу на стержне  трёхгранной (лобулярной) формы.  В мировой практике такой вид крепёжных деталей называют  «Taptite» (Тептайт). На рис. 25  показано поперечное сечение стержня и заходная часть на его конце, где *D* – диаметр окружности, описывающей профиль, равный номинальному диаметру резьбы и имеющий допуск близкий к полю допуска гайки – 6Н; *C* – размер трёхгранного профиля сечения стержня, замеренный по любой   произвольной   оси,  равен  сумме  радиусов,  образующих  профиль:  *C*= *R*1+*R*2 ( *R*1– радиус вершины профиля, *R*2 – радиус основания профиля); *k* – некруглость профиля, характеризующая отклонение профиля от круга. Большей величине *k* соответствуют меньшие вращающие моменты образования резьбы и, наоборот, чем больше отклонение профиля от круга, тем меньше поверхность контакта резьбы винта с резьбой, сформированной в изделии, и ниже прочностные характеристики соединения.



**Рис. 25**

Важным элементом резьбовыдавливающих крепёжных деталей является заходная часть с плавным сбегом резьбы. Она может иметь разные исполнения. На рис. 25 приведено сечение  наиболее  применяемого  вида с постепенным  уменьшением  высоты вершин резьбы, где *D*1 – внутренний,  а *D*2 – средний диаметр резьбы. Такой заход обеспечивает меньший момент образования резьбы.

В отечественной промышленности такие крепёжные детали начали выпускать и применять в конце 80-х годов в автомобильной промышленности, было выпущено 7 стандартов ОСТ 37.001.315…321-88 на болты, винты и  шпильки резьбовыдавливающие. Их приёмка производится в соответствии с  ТУ 37.103.040-96 «Резьбовыдавливающие крепёжные изделия».  Международные стандарты: ДИН ЕН ИСО 887, 7046…7048.

Резьбовыдавливающий крепёж многофункционален – его применяют в автомобилях, в автокомпонентах, в том числе для крепления к деталям из алюминиевых сплавов, нарезка резьбы в которых – очень трудоёмкая операция. Этот вид  крепёжных деталей применяют в других отраслях, они удобны в быту: могут быть применены вместо метчика, исправляют испорченную резьбу в отверстии, зачищают в ней краску и т. д.

***Болты и винты со звездообразным приводом***

Звездообразный привод, известный под товарным названием «TORX», в РФ начали применять в начале 90-х годов. Надёжность и прочность резьбовых соединений в значительной степени зависит  от обеспечения требуемого усилия затяжки при сборке узла. Большое значение для передачи вращающего момента имеет величина площади контакта рабочей части монтажного инструмента и привода крепёжной детали.  Наибольшую поверхность контакта имеет звездообразный привод (рис. 26), он реже выходит из строя по сравнению с другими формами и способен передавать наибольший крутящий момент. Несомненными преимуществами такого привода в сравнении с шестигранной головкой  являются экономия металла и снижение веса головок (рис. 27), существенное уменьшение габаритов конструкции для размещения головки болта и монтажного инструмента (рис. 28). Применение звездообразного привода открывает наилучшие возможности для унификации конструкций резьбовых соединений.

Наибольшее распространение болты и винты со звездообразным приводом получили для соединений повышенной прочности и высокими усилиями затяжки, например, в автомобильной технике: в креплениях головки к блоку цилиндров двигателей, крышек подшипников распределительного и коленчатого валов, замков и петель дверей, автокомпонентах –  в приборах, фарах и многих других узлах.  Много таких винтов в  зарубежной бытовой технике – в газовых и электрических плитах, холодильниках, стиральных машинах. Только такой привод специальных винтов обеспечивает надёжное  крепление твёрдосплавных пластин сборных фрез и резцов.

В РФ введены  три стандарта.  ГОСТ Р ИСО 10664-2007 Звездообразное углубление под ключ для винтов. Конструкция и размеры. Методы контроля. Винты с таким шлицем могут иметь любую из применяемых головок.   ГОСТ Р 52854-2007 Болты со звездообразной головкой и малым фланцем. Технические условия. Эти болты имеют площадь опорной поверхности как болт с шестигранной нормальной головкой.  ГОСТ Р 52855-2007  Болты со звездообразной головкой и большим фланцем. Технические условия.



**Рис. 26                                                                              Рис. 27**



**Рис. 28**

Сравним разные формы приводов по следующим показателям:

- вращающий момент, передаваемый от отвёртки или ключа;

- площадь поверхности контакта инструмента с головкой и связанная с ней долговечность привода и инструмента при многократных сборках-разборках;

- величина пространства, требующегося для расположения монтажного инструмента на головке крепёжной детали;

- технологичность и экономичность изготовления головки;

- обеспечение возможности контроля качества затяжки по моменту страгивания при отвинчивании;

- осевые нагрузки на инструмент при сборке и разборке и др.

Итоговая оценка приводов позволяет расположить их по возрастанию надёжности и выгодности применения. По 10-балльной системе имеем: прямой шлиц – 1 балл, крестообразные шлицы типа *Н* и *Z* – 1,5…2 балла соответственно, внутренний шестигранник – 3 балла,  наружный шестигранник и внутренний звездообразный – по 6 баллов, звездообразная головка – 9 баллов.

***Винты самонарезающие***

Соединения, образуемые самонарезающими винтами, широко распространены в машиностроении и других отраслях и продолжают динамично развиваться. Их отличает высокая технологичность работ по выполнению соединений – не требуется нарезки резьбы в отверстии, можно обойтись без гайки, имеется возможность получать отверстие во время сборочной операции. Самонарезающие винты применяются с деталями из низкоуглеродистых сталей, сплавов на основе алюминия и меди, из пластмасс. В порядке информации: название «самонарезающий» не соответствует фактическому характеру образования резьбы таким винтом. Резьба винта не срезает материал, а вдавливается в него, то есть имеет место пластическая деформация.

При проектировании следует руководствоваться стандартами:

ГОСТ Р ИСО 1478-93 Резьба винтов самонарезающих,  ГОСТ Р ИСО 2702-93  Винты самонарезающие стальные термически обработанные. Общие технические условия, ГОСТ Р ИСО 7049; 7050 и 7051-93 Винты само-нарезающие с цилиндрической головкой и сферой с крестообразным шлицем. Технические условия  (соответственно с потайной и полупотайной головками). Российских стандартов на винты с фасонной головкой и фланцем, а также винтов со звездообразным приводом пока нет, хотя это одни из наиболее прогрессивных конструкций.

 Применение новых видов самонарезающих винтов в РФ осложнено из-за разных размеров резьбы. В табл. 6 приведены параметры резьбы – наружный диаметр *ST*  и шаг *Р*  (в мм) по трём, одновременно действующим в настоящее время стандартам. Соответственно различаются  стандарты на конструкции и размеры винтов.

**Таблица 6**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ГОСТ 10618-80 | *ST**Р* | 31,25 | 41,75 | 52,0 | 62,5 |
| Нормы  Фиат-ВАЗ табл.01531,СТП 37.101.7506-76 | *ST**Р* | 2,91,058 | 3,61,411 | 4,31,693 | 4,92,177 | 5,62,309 | 6,52,540 |
| ГОСТ Р ИСО 1478-93ИСО 1478-2005 | *ST**Р* | 2,91,1 | 3,51,3 | 4,21,4 | 4,81,6 | 5,51,8 | 6,31,8 |

В таблице 9 приведена новая форма конца винтов самонарезающих, согласно стандарту ИСО 1478-2005 - скруглённый - тип *R*. В ближайшее время ожидается, что все российские стандарты на самонарезающие винты будут приведены в соответствие с последними версиями стандартов ИСО. Это необходимо учитывать при новом проектировании.

Для соединений с самонарезающими винтами важно правильно назначить диаметр отверстия в зависимости от толщины листа, глубины отверстия и марки материала детали. На рис.29 показаны основные варианты соединений листовых деталей. При соединении листов толщиной *S*больше шага резьбы *Р* в верхнем листе выполняют отверстие диаметром  *D*> *d*1, где *d*1 – наружный диаметр резьбы,  а в нижнем – диаметр  *d*отв, который зависит от толщины этого листа. Если толщина металлического листа  *S*< *Р*, то отверстие может быть проколото самонарезающим винтом с конусным концом  сразу в обоих листах. Одно из наиболее рациональных решений – выполнить в нижнем листе отверстие с отбортовкой – прочность соединения на вырывание винта возрастает в 1,5…1,8 раза.  Популярностью пользуются соединения с одновитковой  *U*-образной пластинчатой гайкой (таблица 9), обладающей стопорящими свойствами.



**Рис. 29**

При определении размеров отверстий детали под винт надо стремиться обеспечить наибольшую прочность соединения. При *S* < (1-2)*Р* диаметр отверстия должен лишь незначительно превышать внутренний диаметр резьбы винта *d*2. Такие детали образуют соединения типа «одно- или двухвитковая гайка». ГОСТ Р ИСО 2702-93 устанавливает минимальное сопротивление скручиванию (отрыву) головки винта *М*скр, которое служит ориентиром при проектировании соединений: вращающий момент, необходимый для установки винтов, не должен превышать 70…75% от момента скручивания.

За критерий оценки прочности соединения можно принять осевую силу вырывания винта. Её можно определить по формуле  *F*= 1,4*d*1∙σв∙*S* + 150.

В табл. 7 приведены данные о ввинчивании самонарезающих винтов  в испытательную пластину и по испытаниям прочности головки винтов на минимальное сопротивление скручиванию по данным, взятым из ГОСТ Р ИСО 1478 и 2702-93.

**Таблица 7**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Резьба, мм | Диаметр резьбы, мм | Толщиналиста *S,* мм | Диаметр отверстия*d*отв, мм | Сопротивлениескручиванию,миним., Нм |
| размер  | шаг*Р* | наружный *d*1 | внутренний*d*2 |
| *ST* 2,9 | 1,1 | 2,76…2,9 | 2,08…2,18 | 1,2…1,3 |  2,4…2,5 | 1,5 |
| *ST*3,5 | 1,3 | 3,35…3,53 | 2,51…2,64 | 1,85…2,1 | 2,7 |
| *ST* 3,9 | 1,4 | 3,73…3,91 | 2,77…2,92 | 3,4 |
| *ST*4,2 | 4,04…4,22 | 2,92…3,10 | 4,4 |
| *ST* 4,8 | 1,6 | 4,62…4,8 | 3,43…3, 53 | 3,1…3,2 | 4,0…4,1 | 6,3 |
| *ST* 5,5 | 1,8 | 5,28…5,46 | 3,99…4,17 | 4,74…4,78 | 10,0 |
| *ST* 6,3 | 6,03…6,25 | 4,79…4,88 | 4,7…5,1 | 5,48…5,52 | 13,5 |

Данные табл. 7 могут быть использованы при проектировании. В отечественной технической и справочной литературе материалов по расчётам и проектированию соединений с самонарезающими винтами крайне мало. Поэтому разработка научно-обоснованных норм и решений является актуальной задачей.

Имеются крепёжные детали с метрической резьбой на стержне трёхгранной (лобулярной) формы. Подобная форма стержня с успехом применяется на самонарезающих винтах, например, для установки в глухие отверстия пластмассовых деталей. Винты с таким стержнем называют «Plastite»  (Пластайт).

*Примечание.* Широко употребляемое сокращённое название винтов «саморез», конечно, неверное. В технической литературе и документации надо писать «Винт самонарезающий».

***Винты сверлящие***

Сверлящими могут быть крепёжные детали с самонарезающей и метрической резьбой. На конце резьбовой части имеется сверло (сверлящий конец), способное просверлить отверстие в процессе сборки соединения. Основные характеристики сверлящих самонарезающих винтов и процесса сборки приведены в табл. 8. Получение сверла производится методом штамповки до накатки резьбы. Для этой операции применяют специальные автоматы. Длина сверла назначается (выбирается), исходя из толщины пакета соединяемых (просверливаемых) листов. Важно, чтобы отверстие было просверлено раньше, чем витки резьбы войдут в контакт с отверстием. У метрических винтов канавка сверла должна заходить на 3-4 витка в зону резьбы. Поверхностная твёрдость сверлящей части винтов должна быть не менее 560 НV 0,3, а твёрдость сердцевины 240…425 НV.

**Таблица 8**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначение резьбы (*d*1) | *ST* 2,9 | *ST* 3,5 | *ST* 3,9 | *ST*4,2 | *ST*4,8 | *ST* 5,5 | *ST* 6,3 |
| Внутренний диаметр резьбы, *d*2, мм | 2,18 | 2,64 | 2,92 | 3,10 | 3,53 | 4,17 | 4,88 |
| Диаметр сверла, *d*р, мм | 2,3 | 2,8 | 3,1 | 3,6 | 4,1 | 4,8 | 5,8 |
| Диаметр отверстия, *d*отв,мм | 2,4 | 2,9 | 3,2 | 3,7 | 4,2 | 4,9 | 5,9 |
| Суммарная толщина листов, от…до, мм | 0,7…1,9 | 0,7…2,2 | 0,7…2,4 | 1,8…3 | 1,8…4,4 | 1,8…5,2 | 2…6 |
| Толщина испытат. листа  *S*, мм | 1,4 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 |
| Осевое усилие сверления, Н | 150 | 250 | 350 |
| Время испытания на сверление, с | 3 | 4 | 4,5 | 5 | 7 | 11 | 13 |
| Скорость вращения, об/мин | 1800…2500 | 1000…1800 |

***Гайки и шпильки приклёпываемые***

Этот вид крепёжных деталей пока не стандартизован, их выпускают и применяют под торговым (фирменным) знаком  Rivkle®, не установлено и единое название на российском рынке – приклёпываемые, заклёпочные, резьбовые и винтовые заклёпки и др. Эти детали удачно решают задачи получения на тонкостенных деталях элементов конструкции  внутренней или наружной резьбы. Они могут быть установлены в детали из металлов, пластмасс, керамики, в местах с односторонним доступом. При постановке не повреждается уже обработанная поверхность детали, например, с покрытием, окраской. В отличие от приваривания гаек, болтов и шпилек контактные детали не подвергаются температурному воздействию, не нарушаются требования экологии, не создаётся очагов коррозии. При установке гаек и шпилек можно одновременно произвести соединение нескольких тонкостенных деталей.

Шпильки состоят из двух частей – резьбового стержня с головкой и деформируемой гильзы. Гайка и гильза шпильки имеют под головкой тонкостенный участок, который при приложении осевого усилия деформируется и обеспечивает надёжную фиксацию. Гайки могут иметь сквозное отверстие или закрытый конец (таблица 9). Внешний вид шпильки представлен там же. Гайки и шпильки имеют плоские, потайные или иного вида головки, а наружную часть – шестигранную или цилиндрическую с насечкой (рифлением).  Соответственно отверстия в  деталях имеют шестигранную или круглую форму. Толщина соединяемого пакета деталей определяется длиной осаживаемого утонённого участка гайки или гильзы шпильки. На рис. 30 показана последовательность установки гаек. Установка шпильки - аналогична.  На рис. 31 показаны примеры соединений.

Для мелкосерийной сборки может применяться ручной цанговый инструмент для размеров до М5 или электроинструмент – до М10 (производительность до 5 штук в минуту). Автоматизированный пневмо-гидравлический инструмент производительностью 20…30 шт./мин рассчитан на крупные партии и размеры от М3 до М14, имеет автоматический подвод  их в зону установки,  контроль усилия постановки.



**Рис. 30**



**Рис. 31**

***Крепёжные изделия комбинированные***

К таким крепёжным изделиям относят болты, винты и гайки с невыпадающей шайбой (шайбами). Для болтов и винтов изготавливают специальные шайбы с внутренним диаметром чуть больше диаметра стержня под накатку резьбы, но меньше номинального (наружного) диаметра резьбы. Шайбы собирают с болтом перед накаткой резьбы. У гаек на опорном торце делают кольцевой выступ высотой больше толщины шайбы и наружным диаметром несколько меньше внутреннего диаметра шайбы. Шайбу надевают на выступ гайки и завальцовывают её. Названные конструкции применяют в случаях  установки шайб увеличенных размеров по диаметру и толщине, термообработанных, тарельчатых и иных конструкций, когда не удаётся сделать деталь с фланцем. Ещё одна причина – фланец может испортить покрытие или окраску. Сборку с шайбами, как правило, производят на заводе-изготовителе крепёжных изделий. На автосборочный (или иной) завод поступает одна деталь, а не 2-3, снижаются расходы на транспортировку, складирование, учёт и сборку.



**Рис. 32**

Ещё один пример сборной детали – гайки с резьбовой  пружинной вставкой рис. 32. Вставки известны под торговым названием HeliCoil®, их применяют в высоконагруженных соединениях. Резьбовая вставка это спираль, имеющая наружную и внутреннюю  резьбу с полем допуска 6Н или 4Н, навитая  из пружинной проволоки  ромбовидного сечения, с твёрдостью не менее 425 HV 0,2 и временным сопротивлением не менее 1400 Н/мм2. В корпусе гайки специальным метчиком нарезают резьбу, в которую завинчивается резьбовая вставка. Нормальный вариант резьбовой вставки называют HeliCoil® plus free running (для свободного навинчивания). Соединения с резьбовыми вставками отличаются высокой износостойкостью при многократных разборках, качеством поверхности резьбы, коррозионной и термостойкостью. Резьбовые вставки устанавливают для повышения прочности резьбовых соединений в корпусных деталях, в том числе из сплавов на основе алюминия, магния и других цветных металлов, а также в ремонтных целях в узлах с изношенной или повреждённой резьбой.

**Таблица 9. Крепёжные детали и их составные части (жирным шрифтом выделены прогрессивные решения)**

|  |
| --- |
| **1.  Винты и винты самонарезающие. Формы головок** |
| № | Эскиз | Наименование |
| 1.1 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image534.gif | Цилиндрическая  (низкая) |
| 1.2 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image535.gif | Цилиндрическая со сферой |
| 1.3 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image537.gif | Плоская скруглённая |
| 1.4 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image541.gif | Потайная |
| 1.5 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image543.jpg | Полупотайная |
| 1.6 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image545.gif | Полукруглая |
| **1.7** | **img042** | **Фасонная с фланцем** |
| **2. Винты и винты самонарезающие.****Формы внутреннего привода** |
| 2.1 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image548.gif | Прямой (шлиц)  |
| 2.2 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image549.gif |  Крестообразный, тип Н (Филлипс)  |
| 2.3 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image551.gif |  Крестообразный, тип Z (Позидрив)  |
| 2.4 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image555.gif |  Шестигранный внутренний  |
| 2.5 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image557.gif | Квадратный внутренний  |
| **2.6** | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image559.gif | **Звездообразный****внутренний****ГОСТ Р ИСО 10664-2007** |
| 2.7 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image561.jpg | Двенадцатигранный внутренний |
| 2.8 | img040 | Комбинированный(крестообразный-прямой,звездообразный-прямой) |
| 2.1 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image548.gif | Прямой (шлиц)  |
| **3. Болты. Формы головок** |
| 3.1 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image564.gif | Шестигранная, шестиграннаяуменьшенная  |
| 3.2 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image590.gif | Шестигранная с опорным выступом (с мёртвой шайбой)  |
| 3.3 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image592.gif | Шестигранная с буртом  |
| **3.4** | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image594.gif | **Шестигранная с фланцем****ДИН 6921, ГОСТ Р 50274-92** |
| **3.5** | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image596.gif  | **Звёздообразная с малым фланцем  (с буртом)****ГОСТ Р 52854-2007** |
| **3.6** | img031 | **Звёздообразная с большим фланцем****ГОСТ Р 52855-2007** |
| 3.7 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image601.gif | Двенадцатигранная с фланцем |
| 3.8 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image602.jpg | Квадратная  |
| 3.9 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image604.gif | Квадратная с буртом  |
| 3.10 | img015 | Цилиндрическая плоскаяприварного болта  |
| **3.11** | img016 | **Приклёпываемая (болта), Rivkle®** |
| 3.12 | img058 | Цилиндрическая с насечкойна подголовке  |
| 3.13 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image611.gif | Т – образная (с квадратнымподголовком)  |
| 3.14 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image612.gifhttp://www.detalmach.ru/lect2.files/image614.jpg | Полукруглая (или потайная)с квадратным подголовком(или с усом) |
| **4. Болты и винты. Формы стержней** |
|  4.1 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image615.gifhttp://www.detalmach.ru/lect2.files/image616.gif    http://www.detalmach.ru/lect2.files/image618.jpghttp://www.detalmach.ru/lect2.files/image620.gif |  Нормальный  (диаметр стержня = диаметру резьбы)  |
| 4.2 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image621.jpg | Уменьшенный(диаметр стержня ≈ среднему диаметру резьбы)  |
| 4.3 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image623.gif | Утонённый(диаметр стержня <  внутреннего диаметра резьбы) |
| 4.4 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image624.gif  http://www.detalmach.ru/lect2.files/image626.jpg | Ступенчатый  |
| 4.5 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image628.gifhttp://www.detalmach.ru/lect2.files/image642.jpg | Резьбозачищающий,резьбонарезающий  |
| **4.6** | 3 | **Резьбовыдавливающий** |
| **5. Болты, винты, шпильки, винты самонарезающие. Формы концов стержневой части** |
| 5.1 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image645.gif | Без фаски  |
| 5.2 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image646.gif | С фаской  |
| **5.3** | **http://www.detalmach.ru/lect2.files/image648.gifhttp://www.detalmach.ru/lect2.files/image650.gif** | **Конический, с усечённым конусом** |
| **5.4** | **http://www.detalmach.ru/lect2.files/image652.gifhttp://www.detalmach.ru/lect2.files/image654.gif** | **Цилиндрический** |
| **5.5** | **http://www.detalmach.ru/lect2.files/image656.gifhttp://www.detalmach.ru/lect2.files/image658.gif** | **Цилиндрический с конусом,****с усечённым конусом** |
| **5.6** | **http://www.detalmach.ru/lect2.files/image660.gif** | **Резьбовыдавливающий**  |
| **5.7** | **http://www.detalmach.ru/lect2.files/image662.gif** | **Конический с метрической** **резьбой**  |
| **5.8** | **http://www.detalmach.ru/lect2.files/image664.gif** | **С режущей кромкой** |
| **5.9** | **img041** | **Со сверлом (сверлящий)** |
| 5.10 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image668.gif | Коническийвинта самонарезающего (тип *С*)ГОСТ Р ИСО 1478-93 |
| **5.11** | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image669.gif | **Конический скруглённый****винта самонарезающего****(тип *R***),  **ИСО 1478-2005** |
| 5.12 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image671.gif | Плоскийвинта самонарезающего (тип *F*),ГОСТ Р ИСО 1478-93 |
| **6. Крепёжные детали с внутренней резьбой.  Гайки** |
| 6.1 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image673.jpghttp://www.detalmach.ru/lect2.files/image675.jpg | Шестигранная (низкая, высокая)С опорным выступом (выступами) |
| 6.2 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image676.gif | Шестигранная с буртом  |
| **6.3** | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image677.gif | **Шестигранная с фланцем**ГОСТ Р 50592-93 |
| **6.4** | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image679.gif | **12-гранная с фланцем**  |
| 6.5 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image681.jpghttp://www.detalmach.ru/lect2.files/image683.gif | Шестигранная прорезная, корончатая  |
| **6.6** | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image684.gif | **Самостопорящаяся**с **кольцевой вставкой****из полимера**,**ГОСТ Р 52273-92** |
| **6.7** | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image686.gif | **Самостопорящаяся****цельнометаллическая****с деформированной резьбой****ГОСТ Р 52272-92** |
| 6.8 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image687.gif | Квадратная (закладная)  |
| 6.9 | img064 | Неподвижная (клинч) |
| 6.10 | http://www.detalmach.ru/lect2.files/image690.gifhttp://www.detalmach.ru/lect2.files/image691.gif | Приварные  |
| 6.11 | img035 | Пластинчатая *U*-образнаяодновитковая, многовитковая |
| **6.12** | img053 | **Приклёпываемая****(заклёпочная),  Rivkle®** |