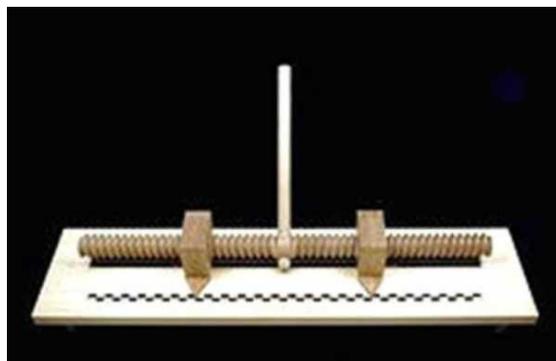


Изобретения, изменившие мир. История винтовой резьбы.

Спиралевидная геометрия винта уникальна. Звучит странно, но предмет с такой формой уже сам по себе является многофункциональным устройством. Подобную геометрию можно использовать для надежного крепления отдельных элементов конструкции, вращающуюся винтообразную деталь можно применять для передаточного сцепления или в качестве транспортного конвейера. Последний вариант использования винтовой геометрии более известен как винт Архимеда.

Если главным изобретением человечества в технике является колесо, то второе место по праву принадлежит резьбе. Пробраз современного винтового тела известен со времен строительства египетских пирамид (3 тыс. лет до н.э.) и представляет собой водоотливное приспособление. Это было гладкое бревно с прикрепленными к его поверхности планками, которые последовательно облегали бревно и образовывали спираль. При вращении бревна вода по этой спирали поднималась вверх.

История развития резьбы известна с античных времен. Историки считают, что винтовая нить, которая является прародителем современного резьбового соединения, была изобретена примерно в 400-м году Архитом Тарентским (428 до н.э. — 350 г. до н.э.). Архита иногда называют основателем механики. Одним из первых применений винтового принципа стал пресс для извлечения масел из маслин и соков из винограда. Гораздо раньше, Архимед (287 г. до н.э. — 212 г. до н.э.) разработал принцип винтов и использовал его для создания устройств для поднятия воды из водоемов. Механизм был построен из дерева и использовался для орошения земель и удаления трюмной воды с кораблей. Римляне применяли винт Архимеда в первых системах водопроводов.



Процесс изготовления изделий требует соединения их составных частей между собой. Большое распространение в промышленности получили резьбовые соединения деталей, осуществляемые при помощи резьб. Такие соединения характеризуются универсальностью, высокой надежностью, способностью воспринимать большие нагрузки; они удобны для сборки и разборки, просты в изготовлении.

Дату появления резьбы можно считать датой начала промышленной революции.

Обычная вещь, не имеющая аналогов в живой природе, без которой были невозможны станки и промышленное производство. Но хитрость заключается в том, что изготовить резьбу без станка невозможно, как невозможно использовать станок, не имея винта подачи.

Аналогично, твердость материала инструмента для нарезки резьбы в металле (метчика или плашки) должна быть выше твердости обрабатываемого материала. А чтобы изготовить этот обрабатывающий инструмент, нужны еще более твердые материалы и, опять же, образец резьбы.

Практически все современные машины имеют в своем составе резьбовые соединения деталей. Резьба является главным элементом в соединении деталей, выполняя функцию собственно соединения или преобразования поступательного движения во вращательное. По-настоящему широкое применение резьбы началось лишь в Средневековье. Первые резьбовые соединения, стали применять в ювелирных украшениях, медицинских инструментах и других дорогостоящих изделиях. Изготовление наружной резьбы происходило следующим образом: на цилиндрическую заготовку наматывалась смазанная мелом или краской верёвка, затем по образовавшейся винтовой разметке нарезалась канавка. Вместо гаек с внутренней резьбой использовались втулки с двумя или тремя радиально расположенными штифтами. В XV-XVI веках началось изготовление трёх- и четырёхгранных метчиков для нарезания внутренней резьбы. Обе сопрягаемые детали (с наружной и внутренней резьбой) перед свинчиванием подгонялись друг под друга вручную. Какая-либо взаимозаменяемость деталей полностью отсутствовала. Значительный вклад в развитие резьбы внес Леонардо да Винчи.

В списке изобретений Леонардо да Винчи резьба нашла себе место, но считается, что его



Генри Модели

любимое детище - винт Retrosa.

Британский изобретатель Генри Модели (1771-1831) считается одним из создателей токарно-винторезного станка, с помощью которого стало возможным нарезание точной резьбы. Ходовой винт и гайку для своего первого станка он изготовил вручную. Затем он выточил на станке винт и гайку более высокой точности. Заменив первый винт и гайку новыми, более точными, он выточил еще более точные детали. Так продолжалось до тех пор, пока точность резьбы не перестала увеличиваться. Модели впервые изобрёл микрометр с точностью измерения до одной десятичной доли дюйма (0.0001 дюйма ~ 3 мкм). Он назвал его «лорд-канцлером», поскольку им пользовались, чтобы уладить любые вопросы относительно точности измерения деталей в его мастерских.



Джозеф Уитворт

Джозеф Витворт (Уитуорт) (Whitworth) (1803-1887) - британский инженер-механик и изобретатель предложил профиль винтовой канавки и разработал систему стандартизации резьбы (резьба Витворта) и калибров, а также создал мерительную машину большой точности. После принятия резьбы Витворта английскими железнодорожными компаниями, она стала национальным стандартом для Великобритании - стандарт Витворта (BSW), который явился основой для создания различных национальных стандартов, например, стандарта Селлерса (Sellers) в США, резьбы Лёвенгерц (Lowenherz) в Германии и т.д.

Количество национальных стандартов в тот период было очень велико. Так, в Германии в конце XIX века насчитывалось 11 систем резьбы с 274 разновидностями. В 1898 году Международный Конгресс по стандартизации резьбы в Цюрихе определил новые международные стандарты метрической резьбы на основе резьбы Селлера, но с метрическими размерами. В Российской империи стандартизация резьб на государственном уровне отсутствовала. Каждое предприятие, выпускающее резьбовые детали, использовало собственные стандарты, основанные на зарубежных аналогах. Первые мероприятия по стандартизации резьб были предприняты в 1921 году Наркоматом путей сообщения РСФСР. На основе немецких стандартов метрической резьбы.

Наркоматом были выпущены таблицы норм НКПС-1 для резьбы, используемых на железнодорожном транспорте. Таблицы включали в себя метрические резьбы диаметром от 6 до 68 мм. В 1927 году на основе данных таблиц комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны был разработан один из первых государственных стандартов СССР - ОСТ 32. В этом же году для резьбы по стандарту Витворта был разработан ОСТ 33А. К началу 1932 года были разработаны ОСТ для трапецеидальных резьб на основе модернизированных американских стандартов Акме (Acme).



В 1947 году была основана Международная организация по стандартизации (ISO). Стандарты резьбы ISO в настоящее время являются общепринятыми во всем мире, в том числе и в России. Современное состояние развития техники не исключает возможность создания новых профилей резьбы, несмотря на кажущуюся простоту проблемы.

Классификация и основные признаки резьб:

Единица измерения диаметра (метрическая, дюймовая, модульная, питчевая резьба)

Расположение на поверхности (наружная и внутренняя резьбы)

Направление движения винтовой поверхности (правая, левая)

Число заходов (одно- и многозаходная), например, двузаходная, трёхзаходная и т. д.

Профиль (треугольный, трапецеидальный, прямоугольный, круглый и др.)

Образующая поверхность, на которой расположена резьба (цилиндрическая резьба и коническая резьба)

Назначение (крепежная, крепежно-уплотнительная, ходовая и др.)

вывинчиванием. Нанесение резьбы разных видов на отдельных участках одного крепежного элемента привело к созданию двухзаходной переменной резьбы, профиль которой состоит из чередующихся высоких и низких витков.



Нарезают фактически две резьбы, только одна резьба нанесена посередине между витками другой. Разница в высоте между высокой и низкой резьбой обычно составляет от 40 до 50% от высоты высокой резьбы. Двухзаходную переменную резьбу используют в соединениях, в которых закрепляемый элемент монтируется в ПВХ и подвержен опасности выдергивания, а также тогда, когда необходимо достичь прочного закрепления крепежной детали в разнородных материалах. Разрезанная резьба предназначена для закрепления в мягкие или пористые материалы, такие, как мягкие породы дерева, шаг такой резьбы сопоставимы с размером диаметра крепежной детали. В последние годы возрос интерес к творческому наследию Леонардо да Винчи. В разных странах мира организуются выставки машин и механизмов, созданные современными инженерами по эскизам изобретателя эпохи Возрождения.

Винтовые резьбы имеют несколько применений:

Крепление:

Крепежные детали, такие как шурупы для дерева, шурупы для пластмассы, крепежные винты, гайки и болты.

Соединение труб с резьбой и шлангов друг с другом, а также с заглушками и приспособлениями.

Редуктор через червячные передачи.

Линейное перемещение объектов, преобразование вращательного движения в линейное движение, как в ходовом винте домкрата.

Измерение путем соотнесения линейного движения с вращательным движением (и одновременного его усиления), как в микрометре.

Оба движущихся объекта линейно и одновременно измеряют перемещение, комбинируя две вышеупомянутые функции, как в ходовом винте токарного станка.

Во всех этих случаях резьба винта выполняет две основные функции:

- она преобразует вращательное движение в прямолинейное;
- предотвращает линейное движение без соответствующего вращения.

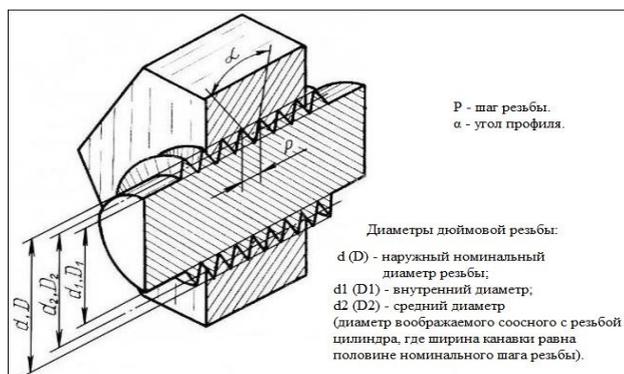
Можно описать каждую согласованную пару резьбы, внешнюю и внутреннюю как мужчину и женщину. Например, винт имеет наружную резьбу, а соответствующее отверстие (в гайке или подложке) имеет внутреннюю резьбу. Это свойство называется гендером. В шарико-винтовой передаче пары «папа-мама» имеют между собой шарики подшипника. Роликовые винты используют обычные формы резьбы и резьбовые ролики вместо шариков.

Угловая характеристика формы поперечного сечения часто называется **углом резьбы**. Для большинства V-образных резьб это стандартное значение 60 градусов, но можно использовать любой угол. Поперечное сечение для измерения этого угла лежит в плоскости, которая включает ось цилиндра или конуса, на котором производится резьба.

Шаг и шаг для двух резьб; один с одним началом и один с двумя запусками.

Lead / 'li:d / и шаг - тесно связанные понятия. Их можно перепутать, потому что они одинаковы для большинства винтов. **Шаг** - это расстояние вдоль оси винта, которое проходит за один полный оборот винта (360 °). **Шаг** - это расстояние от вершины одной нити до следующей. Поскольку подавляющее большинство форм резьбы винтов являются однозаходными, их шаг и шаг одинаковы.

В то время как метрическая резьба обычно определяется их шагом, то есть расстоянием на резьбу, в дюймовых стандартах обычно используется обратная логика, то есть количество резьбы на заданном расстоянии. Таким образом, **дюймовая резьба** определяется в единицах резьбы на дюйм (TPI). Pitch и TPI описывают одно и то же лежащее в основе физическое свойство - только в разных терминах. Когда дюйм используется в качестве единицы измерения шага, TPI является величиной, обратной величине шага, и наоборот.



Как расстояние от вершины одной резьбы до следующей, шаг можно сравнить с длиной волны волны. Другая аналогия с волной заключается в том, что высота тона и TPI инвертируются друг с другом аналогично тому, как период и частота инвертируются друг с другом.

Крупная резьба - это резьба с большим шагом (меньше резьбы на осевое расстояние), а **мелкая резьба** - это резьба с меньшим шагом (больше резьбы на осевое расстояние). **Грубая резьба** имеет большую форму резьбы относительно диаметра винта, тогда как мелкая резьба имеет меньшую форму резьбы относительно диаметра винта. Это различие аналогично различию между крупными и мелкими зубьями на пиле или пилке, или между крупными и мелкими зубьями на наждачной бумаге.

Единицы измерения диаметра.

Метрическая резьба — с шагом и основными параметрами резьбы в миллиметрах.

Дюймовая резьба — все параметры резьбы выражены в дюймах ("), шаг резьбы в долях дюйма. Для трубной дюймовой резьбы размер в дюймах характеризует условно просвет в трубе, а наружный диаметр на самом деле существенно больше. Метрическая и дюймовая резьба применяется в резьбовых соединениях и винтовых передачах.

Модульная резьба — шаг резьбы измеряется модулем (m). Чтобы получить размер в миллиметрах, достаточно модуль умножить на число пи (π).

Питчевая резьба[неизвестный термин] — шаг резьбы измеряется в питчах[неизвестный термин] (p). Для получения числового значения (в дюймах) достаточно число пи (π) разделить на питч. Модульная и питчевая резьба применяется при нарезании червяка червячной передачи. Профиль витка модульного червяка может иметь вид архимедовой спирали, эвольвенты окружности, удлиненной или укороченной эвольвенты и трапеции.

Имеются три характерных диаметра (\varnothing) резьбы: **большой диаметр, малый диаметр и делительный диаметр**: отраслевые стандарты определяют минимальные (мин.) и максимальные (макс.) пределы для каждой из них для всех признанных размеров резьбы. Минимальные пределы для внешней (или болтовой, в терминологии ISO) и максимальные пределы для внутренней (гайка) размеров резьбы существуют для того, чтобы гарантировать, что резьба не разорвется на пределе прочности на разрыв для основного материала. Минимальные пределы для внутренней и максимальные пределы для внешней резьбы существуют, чтобы гарантировать совместимость резьбы.

Наибольший диаметр резьбы является большим из двух крайних диаметров, ограничивающих высоту профиля резьбы, так как поперечный разрез сделан в плоскости, содержащей ось резьбы. Для винта это его внешний диаметр (OD). Наибольший диаметр гайки нельзя измерить напрямую, но его можно проверить с помощью манометров.

Наибольший диаметр внешней резьбы обычно меньше, чем наибольший диаметр внутренней резьбы, если резьба предназначена для совместной работы. Но само по себе это требование не гарантирует, что болт и гайка с одинаковым шагом будут подходить друг к другу: такое же требование должно выполняться отдельно для малого и делительного диаметров резьбы. Помимо обеспечения зазора между вершиной резьбы болта и основанием резьбы гайки, необходимо также обеспечить, чтобы зазоры не были настолько чрезмерными, чтобы вызвать выход крепежа из строя.

Базовый профиль всех резьбы UTS такой же, как и у всех метрических резьб ISO. Только обычно используемые значения для D maj и P различаются между двумя стандартами.

Малый диаметр - это нижний крайний диаметр резьбы. Большой диаметр минус малый диаметр, разделенный на два, равняется высоте резьбы. Меньший диаметр гайки - это ее внутренний диаметр. Меньший диаметр болта можно измерить с помощью

манометров, работающих / непроходимых, или напрямую с помощью оптического компаратора.

Классы посадки.

Способ, которым охватываемая и охватываемая части подходят к другу, включая люфт и трение, классифицируется в стандартах резьбы. Для достижения определенного уровня класса посадки требуется способность в пределах допуска для размера и чистоты поверхности. Определение и достижение классов соответствия важны для взаимозаменяемости. Классы включают 1, 2, 3 (от слабого до плотного); А (внешний) и В (внутренний); и различные системы, такие как пределы Н и D.

Взаимозаменяемость.

Для достижений предсказуемо успешное совмещение внешней и внутренней резьбы и гарантированной взаимозаменяемости между формами мужчинами и женщинами, стандартами, размера и отделки должны существовать и соблюдаться.

Глубина резьбы.

Винтовая резьба почти никогда не бывает идеально острой (без усечения на гребне или корне), а вместо этого усекается, давая конечную глубину резьбы, которая может быть выражена как часть значения высоты тона. Стандарты UTS и ISO кодифицирует степень усечения, допускаются диапазоны допусков.

Стандартизация винтовой резьбы развивалась с начала девятнадцатого века для облегчения совместимости между различными производителями и пользователями. Процесс стандартизации все еще продолжается; в особенности, все еще широко используются (в остальном идентичные) конкурирующие стандарты метрической и дюймовой резьбы. Стандартные резьбы обычно обозначаются короткими буквенными кодами (M, UNC и т. Д.), Которые также образуют префикс стандартных обозначений отдельных резьб.

Дополнительные стандарты продукции определяют предпочтительные размеры резьбы для винтов и гаек, а также соответствующие размеры головок болтов и гаек, чтобы облегчить совместимость между гаечными ключами и другими инструментами.

Что же касается саморезных конструкций, то здесь всё очень запутано. Данный тип был изначально востребован только для деревянных конструкций и неизменным считался французский тип фланца резьбы 52.5 и отклонением формы резьбы по системе Генри Модсли, известного британского изобретателя и автора системы обратной резьбы. Но с появлением новых материалов, требовались и новые крепежные элементы, способные стать альтернативой для систем «гайка-болт». Упомянуть как минимум две сотни инженеров, принявших участие в изобретении «народного самореза» технически и с точки здравого смысла не представляется возможным. На сегодняшний день существует около 350 типов саморезных болтов, применяющихся повсеместно, начиная от производства мебели и заканчивая космической промышленностью.

Применяются следующие **способы получения резьб**:

- лезвийная обработка резанием;
- абразивная обработка;
- накатывание;
- выдавливание прессованием;
- литьё;
- электрофизическая и электрохимическая обработка.

Достоинства и недостатки резьбовых соединений.

Соединения, получаемые с ее помощью, пожалуй, самые распространенные среди резьбовых. В отличие от прочих видов резьбовых соединений они обладают следующими достоинствами:

- надежностью;
- простотой монтажа и демонтажа;
- низкой стоимостью, которая обусловлена унификацией и массовым изготовлением крепежных деталей. Для производства применяют как точение, так и накатку.

В то же время, использование резьбового соединения сопряжено с некоторыми недостатками, в частности, наличие впадин, в конструкции резьбы, приводит к появлению зон повышенного напряжения. Это соответственно снижает прочностные параметры соединения. Довольно часто, в узлах, где использована резьба, приходится применять дополнительные устройства для предотвращения самораскручивания. Разумеется, средства стопорения применяют исходя из назначения узла, например, колесо автомобиля.

С конца XIX века и до настоящего времени массовый выпуск болтов и гаек производится преимущественно с использованием холодным методом непрерывного формообразования. В качестве исходного материала используется проволока или прутки, из которых сначала вырезается стержень необходимой длины, а далее при помощи ряда штампов формируется головка, делаются фаски, а затем на полученную заготовку накатывается резьба.

Вообще-то винт относится к такой категории вещей, которые крайне сложно как-то усовершенствовать и сделать лучше. Винтообразная форма сама по себе идеальна, и, чтобы придумать что-то более совершенное, нужно проявить настоящий талант изобретателя. Тем не менее изредка находят люди, которым по плечу задачи любой сложности. Эти энтузиасты запросто могут заново открыть велосипед или изобрести винтик по-новому.

Главный недостаток или, правильнее будет сказать, неудобство, которое несет в себе винт, — привязка к стандартам шлица. Каждый винт имеет свой шлиц, определенной формы и размера. Все это приводит к необходимости использования инструмента определенного стандарта. В арсенале любого уважающего себя мастера обязательно имеется целый набор отверток, с помощью которых он может закручивать и откручивать детали разных размеров. По большому счету это очень непрактично и неудобно, особенно

когда речь идет о промышленных масштабах. А, между тем, решение проблемы очень простое, и нашли его американские изобретатели и основатели компании Outlaw Fasteners из Шарлотт в штате Северная Каролина.

Команда дизайнеров запатентовала новый универсальный шлиц, который практически лишен подобного недостатка. Он имеет форму утопленной ступенчатой пирамиды с шестигранным основанием. По утверждению создателей революционного шурупа, такая странная форма шлица несет в себе массу преимуществ. Во-первых, отпадает необходимость искать отвертку нужного размера. Во-вторых, сила сцепления на такой форме шлица гораздо выше, а потому бита не срывает резьбу. Кроме того, особая система фиксации шурупа предотвращает колебания. Данный проект был анонсирован на популярной площадке Kickstarter и собрал нужную сумму для продвижения «универсального стандарта» — более ста тысяч долларов. Жаль только, что новаторская идея не решает проблему с горой отверток старых стандартов, которые по-прежнему придется держать под рукой, даже если новый шлиц приживется.

Винт — очень простой и надежный крепежный элемент. Однако и он может «слопаться». Его шлиц может быть разбит от чрезмерных усилий, приложенных в процессе откручивания, а сама резьба может быть сорвана. Давать прогнозы — занятие неблагодарное, но все-таки есть надежда на то, что в будущем подобных проблем станет намного меньше. Еще в 2002 году японские ученые компании Mitsubishi Heavy Industries продемонстрировали «улучшенный» вариант винта. Они использовали для его создания полимерный материал с эффектом памяти.

В обычном состоянии этот элемент имеет классическую геометрию с винтовой резьбой. Но стоит его нагреть, и винтовая насечка исчезает — винт распрямляется, превращаясь в стержень, который можно легко вытащить из паза. Стоимость данного элемента выше обычного стального винта — вероятно, по этой причине «вечный» винт пока не получил широкого распространения. Тем не менее, изобретение японских инженеров дает представление о том, что нас ждет в будущем.

Кажущаяся простота конструкции и доступность привычного нам болтика это богатейшая история человечества.