08.04.2020г. Лекция №57. ***Червячные передачи.***

***Общие сведения, устройство передачи***

*Червячная передача (или зубчато-винтовая передача)* (рис. 1) — механизм для передачи вращения ме­жду валами посредством винта (червяка 1) и сопряженного с ним червячного колеса 2. Червяк и червячное колесо, образуют совместно высшую зубчато-винтовую кинематическую пару, а с третьим, неподвижным звеном, низшие вращательные кинематические пары. Отсюда следует, что червячная передача обладает свойствами как зубчатой (червячное колесо на своем ободе несет зубчатый венец), так и винтовой (червяк имеет форму винта) передач. На рис.1.1 показан привод от электродвигателя 3, соединенного муфтой 2 с ведущим валом червячного редуктора.



**Рис. 1. Червячные передачи: *1* — червяк; *2—*червячное колесо**



**Рис.1.1. Привод червячного редуктора**

Геометрические оси валов при этом скрещиваются под углом 90°. Возможны и другие углы, отличные от 90°, но такие передачи встречаются редко. Веду­щим элементом здесь обычно является червяк (как правило, это винт с трапецеидальной резьбой), ведомым — червячное колесо с зубьями особой формы, получаемыми в результате взаимного огибания с витками червяка. При вращении червяка вокруг своей оси его витки перемещаются вдоль образующей своей цилиндрической поверхности и приводит во вращательное движение червячное колесо. Для увеличения длины контактных линий в зацеплении с червяком зубья червячного колеса имеют дугообразную форму.

Червячные передачи относят к передачам зацеплением. Червячная передача — это зубча­то-винтовая передача, движение в ко­торой осуществляют по принципу вин­товой пары, которой, как известно, присуще повышенное скольжение. Направление витков червяка и зубьев колеса **одинаковое**. Ведущим является червяк. Вращение определяется по типу завинчивания винта и гайки. При этом направление вращения колеса зависит от расположения червяка (верхний, нижний).

***Классификация червячных передач***

Различают два вида червячных передач: цилиндрические (с цилиндри­ческими червяками, см. рис. 1, *а, в);*глобоидные (с глобоидными червя­ками, см. рис.1,*б*).

*Червячную передачу, у червяка и колеса которой делительные и на­чальные поверхности цилиндрические, называют****цилиндрической червячной пе­редачей.***

*Червячную передачу, показанную на*рис. 2, *называют****глобоидной.***



**Рис. 2**

Витки ее червяка расположены на глобоидной (торовой) поверхности. Эта передача появилась сравнительно недавно, имеет повышенную нагру­зочную способность (в 1,5—2 раза больше, чем у обычных червячных пере­дач), так как линия контакта в глобоидных передачах располагается благо­приятно, что улучшает условия для образования масляных клиньев, и в за­цеплении находится большее число зубьев колеса и витков червяка.

Глобоидные передачи требуют повышенной точности изготовления и монтажа, искусственного охлаждения. Эти передачи применяют реже, чем цилиндрические.

В зависимости от направления линии витка червяка червячные пе­редачи бывают с правым (предпочтительнее для применения) и левым направлением линии витка.

В зависимости от расположения червяка относительно колеса передачи бывают с ***нижним, верхним и боковым червя­ками*** (рис.2.1). Расположение червяка определяет общая компоновка изделия и принятый способ смазывания зацепления. При картерном способе сма­зывания и окружной скорости червяка *v*1<5 м/с обычно применяют нижнее расположение червяка. При больших скоростях во избежание повышенных потерь на перемешивание и разбрызгивание масла приме­няют верхнее расположение червяка.



**Рис.2.1. Расположение червяка относительно колеса: *а* – верхнее, *б* – боковое, *в* - нижнее**

По пространственному положению вала колеса:

- ***с горизонтальным валом*** червячного колеса;

- ***с вертикальным валом*** червячного колеса.

В зависимости от способов нарезания винтовой поверхности червяка различают ***линейчатые*** (*винтовые поверхности могут быть образованы прямой линией*) и ***нелинейчатые червяки****.*

Нарезание линейчатых червяков осуществляют прямолинейной кромкой резца на токарно-винторезных станках.Это **архимедов**(его обозначают *ZA*), **конволютный**(*ZN*) и **эвольвентный** **червяки** (*ZI*).

Нелинейчатые червяки  нарезают дисковыми фрезами**конусной** (червяки *ZK*) *или***тороидальной**(червяки *ZT*) *формы*. Витки нелинейчатых червяков во всех сечениях имеют криволинейный профиль: в нормальном к витку сечении выпуклый, в осевом сечении - вогнутый.

- Архимедов червяк (ZA) (рис. 3, *а)*— образуется при нарезании его витков резцом, вершина которого установлена по оси заготовки. В поперечном сечении такого червяка получим Архимедову спираль. В сечении осевой плоскостью – прямые образующие боковых сторон профиля витка (трапецеидальный профиль в осевом сечении). Боковая поверхность витков такого червяка представляет собой Архимедову винтовую поверхность. Архимедовы червяки широко распространены, т.к. наиболее просты в изготовлении и обеспечивают достаточно высокую точность червячной передачи.

- Эвольвентный червяк (ZI) (рис. 3, *6);*можно рассматривать как косозубое цилиндрическое колесо с очень большим углом наклона зуба к образующей цилиндра и с малым числом зубьев. Профиль витков - зубьев очерчен эвольвентой.



*а)                                                                            б)*

**Рис. 3. Конструкции цилиндрических червяков: *а*— архимедов; *б*— эвольвентный**



**Рис. 4. Основные разновидности червяков и принцип образования профиля:**

***а*— архимедов; *б*— конволютный; *в —*эвольвентный**

- Конволютный червяк (ZN1 или ZN2) - образуется при нарезании его витков резцом, главная режущая кромка которого устанавливается перпендикулярно направлению впадины или витков червяка (рис.4, б). Это удобно при массовом производстве червяков, так как позволяет производить одновременную шлифовку двух сторон профиля зубьев. В поперечном сечении червяка получим конволюту (удлиненная, или укороченная эвольвента), а в сечении плоскостью, номинальной к направлению впадины или витков – прямые линии, которые являются образующими боковых сторон профиля витков в этом сечении. Боковая поверхность витков такого червяка – представляет собой конволютную винтовую поверхность.

Нелинейчатые цилиндрические червяки, образо­ванные конусом и шлифуемые конусными кругами:

ZK – червяк, у которого главная поверхность витка является огибающей производящего конуса при его винтовом движении относительно червяка с осью винтового движения, совпадающей с осью червяка.

ZK1 червяк, ось которого скрещивается с осью производящего конуса под углом, равным делительному углу подъёма линии витка червяка.

ZK2 червяк, образованный производящим конусом, выполненным в виде пальцевого инструмента, где ось червяка пересекается с осью производящего конуса под прямым углом.

ZK3 червяк, образованный производящим конусом, выполненным в виде чашечного инструмента, где ось червяка пересекается с осью производящего конуса под прямым углом.

ZK4 червяк, образованный производящим конусом, выполненным в виде кольцевого инструмента, где ось червяка пересекается с осью производящего конуса под углом, равным делительному углу подъёма линии  витка червяка.

***Достоинства и  недостатки червячных передач***

***Достоинства червячных передач:***

- возможность осуществления передачи (одноступенчатой) с большими передаточными числами: в кинематических передачах *i* = 500 и более, а в силовых передачах *i*= 8...80, в виде исключения до 120.

- плавность и бесшумность работы;

- возможность выполнения самотормозящей передачи (ручные грузо­подъемные тали) (у такой передачи КПД меньше 50%);

- демпфирующие свойства снижают уровень вибрации машин;

- возможность получения точных и малых перемещений;

- компактность и сравнительно небольшая масса конструкции пере­дачи.

***Недостатки:***

- в отличие от эвольвентных зацеплений, где преобладает контактное качение, виток червяка скользит по зубу колеса. Следовательно, червячные передачи имеют "по определению" один фундаментальный недостаток: высокое трение в зацеплении;

- сравнительно невысокий КПД (0,7—0,92), в самотормозящих переда­чах — до 0,5 вследствие больших потерь мощности на трение в зацеплении;

- сильный нагрев передачи при длительной работе вследствие  потерь мощности на трение, который вызывает значительное выделение тепла, которое необходимо отводить от стенок корпуса. Это обстоятельство ограничивает мощность практически применяемых передач пределом 10-20 кВт, зато для малых мощностей эти передачи нашли самое широкое применение;

- необходимость применения для колеса дорогих антифрикционных материалов (бронзы) и инструмента для нарезания зубьев червячных колес (червячные фрезы), а также шлифовки червяка;

- повышенное изнашивание и заедание;

- необходимость регулировки зацепления.

Кроме того, помимо достоинств и недостатков, червячные передачи имеют важное свойство:*движение передаётся только от червяка к колесу,* а не наоборот. Никакой вращающий момент, приложенный к колесу, не заставит вращаться червяк. Именно поэтому червячные передачи находят применение в подъёмных механизмах, например в лифтах. Там электродвигатель соединён с червяком, а трос пассажирской  кабины намотан на вал червячного колеса  во избежание самопроизвольного опускания или падения. Это свойство не надо путать с реверсивностью механизма. Ведь направление вращения червяка может быть любым, приводя либо к подъёму, либо к спуску той же лифтовой кабины.

Червячные передачи применяют в механизмах деления и подачи зуборезных станков, продольно-фрезерных станков, глубоко расточных станков, грузоподъемных и тяговых лебедках, талях, механизмах подъема грузов, стрел и поворота автомобильных и железнодорожных кранов, экскаваторах, лифтах, троллейбусах и других машинах.

Червячные передачи во избежание их перегрева предпочтительно использовать в приводах периодического, а не непрерывного действия.

***Материалы червячной передачи***

Материалы в червячной передаче должны составлять антифрикционную пару и иметь в сочетании низкий коэффициент трения, обладать повышенной износостойкостью и пони­женной склонностью к заеданию *в условиях больших скоростей скольжения при значительных нормальных силах между контактирующими поверхностями.*Обычно это разнородные материалы. Выбор материала для изготовления червяка и червячного колеса определяется, в основном, скоростью скольжения зубьев и витков.

*Червяки* при работе испытывают большие напряжения изгиба и кручения, а также напряжения растяжения (сжатия). Вследствие этого, а также из-за высоких требований к жесткости их обычно изготовляют из углеродистых или легированных сталей.

Для изготовления червяков применяют все три типа сталей, распространенных в машиностроении:

1. Качественные среднеуглеродистые стали марок 40, 45, 50. Из них изготавливают малоответственные червяки. Заготовку перед механической обработкой подвергают улучшающей термической обработке (HRCэ≤36). Червяк точат на токарном станке с последующей ручной или механической шлифовкой и полировкой рабочих поверхностей витков.

2. Среднеуглеродистые легированные стали марок 40Х, 45Х, 40ХН, 40ХНМА, 35ХГСА. Из этих сталей изготавливают червяки ответственных передач. Улучшающей термообработке (HRCэ≤ 45) подвергают деталь после предварительной обработки на токарном станке. После термообработки рабочие поверхности витков шлифуют на специальных червячно-шлифовальных станках или на токарном станке с применением специальной шлифовальной головки.

3. Мало- и среднеуглеродистые легированные стали марок 20Х, 12ХН3А, 25ХГТ, 38ХМЮА. Из этих сталей изготавливают червяки высоконагруженных передач, работающие в реверсивном режиме. Деталь, изготовленная с минимальным припуском под окончательную обработку, подвергается поверхностной химико-термической обработке (цементация, азотирование и т.п.) глубиной до 0,8 мм, после чего закаливается до высокой поверхностной твердости (HRCэ 55…65). Рабочая поверхность витков червяка шлифуется и полируется (иногда шевингуется).

Для получения высоких качественных показателей передачи применяют закалку до твердости  HRCЭ, шлифование и полирование витков червяка. Это обеспечивает наибольшую стойкость зубьев червячных колес против изнашивания и усталостного разрушения, а также способствует повышению КПД передачи.

В старых редукторах нашли применение эвольвентные червяки типа *ZI*, а перспективными  являются нелинейчатые: образованные конусом типа *ZK* или тором типа *ZT* (по изобретению проф. Г. Ниманна). Рабочие поверхности витков нелинейчатых червяков шлифуют с высокой точностью конусным или тороидным кругом. Передачи с нелинейчатыми червяками характиризует повышенная нагрузочная способность.

Термообработку – улучшение применяют для передачи малой мощности до 1,1 кВт. После термообработки рабочие поверхности червяка шлифуют и полируют.

Таким образом, для силовых передач следует применять эвольвентные нелинейчатые червяки.

В связи с тем, что для изготовления венцов червячных колес используют дефицитный цветной металл, лишь колеса малых диаметров (до 100 мм) изготовляют цельными. Колеса большого диаметра – преимущественно бандажированные(с венцом). Червяки бандажированными делают очень редко.

***Вопросы для самопроверки***

- Назовите область применения червячных передач.

- Какие различают виды червяков?

 - Почему в червячной передаче возникает скорость скольжения, как она направлена и как влияет на работу передачи?

 - В чём заключается принцип конструкции червячной передачи?

- Каковы достоинства и недостатки червячных передач?

- Какое свойство червячной передачи отличает её от других передач?

- Почему червячные передачи не рекомендуют применять при больших мощностях?

- Как осуществляют модификацию зацепления в червячных передачах?

- Каковы материалы и виды термообработки для деталей червячных передач?

- Каковы способы изготовления червячных передач?

- Почему червячная передача работает с повышенным скольжением? Как скольжение влияет на работу передачи?

- Из каких материалов изготовляют червяки и зубчатые венцы червячных колес? Ка­кие факторы определяют выбор материала?

- Каковы основные виды разрушения зубьев червячных колес?

- Из каких соображений выбирают диаметр червяка?

- Какие силы действуют на червяк и колесо?

- Из каких материалов изготовляют червяк и колесо?

- Каковы основные виды разрушений червячной передачи?

- Какой зуб прочнее: у червяка или червячного колеса?

- Как вычисляют КПД червячной передачи? Назовите основные факторы, влияю­щие на КПД.

- Что вызывает нагрев червячной передачи?

- Чем отличается кинематика червячной передачи от зубчатой?