21.03.2020г Лекция №62. **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.

В машиностроении из цилиндрических червяков наиболее распростра­нены *архимедовы*червяки, как наиболее близкий к обычному винту с трапецеидальной резьбой. Их можно нарезать на обычных токарных или резьбофрезерных станках. Однако шлифование его витков затруднено, что снижает точность изготовления и нагрузочную способность червячной передачи. Поэтому их используют при твердости материала червяка не превышающей 350 HB. Эвольвентные червяки можно шлифовать, что повышает точность изготовления, обеспечивает более полный контакт витков червяка с зубьями колеса, более высокую нагрузочную способность передачи. Но для изготовления эвольвентных червяков требуются специальные шлифовальные станки. Эвольвентные червяки применяются сравнительно редко при необходимости высокой твёрдости (*HRС*>45) и малой шероховатости поверхности. Конволютные червяки шлифуют плоским торцом шлифовального круга на обычных резьбошлифовальных станках. Конволютные червяки обладают некоторыми технологическими преимуществами перед архимедовыми. При точении резьбы двусторонним резцом и при нарезании зубьев колеса летучим резцом по обеим боковым граням получаются одинаковые углы резания.

Глобоидные червяки появились сравнительно недавно и вследствие повышенной нагрузочной способности получают все большее распространение, но в изготовлении и монтаже значительно сложнее и сильно нагреваются. Поэтому по-прежнему преимущественное распространение имеют цилиндрические червяки с прямолинейным профилем в осевом сечении.

Зубья на червячном колесе чаще всего нарезают червячной фрезой, которая представляет собой копию червяка, с которым будет зацепляться червячное колесо. При нарезании заготовка колеса и фреза совершают такое же взаимное движение, какое имеют червяк и червяч­ное колесо при работе.

Форма боковой поверхности червяка мало влияет на работоспособность червячной передачи и, в основном, связана с выбранной технологией изготовления червяка (рис. 4.1).



**Рис. 4.1. Установка резца при нарезании архимедовых (1), конволютных (2) и эвольвентных (3) червяков.**

Если резец, имеющий в сечении форму трапеции, установить на станке так, чтобы верхняя плоскость резца А-А проходила через ось червяка (положение 1 на рис. 4.1), то при нарезании получится винтовая поверхность, которая в сечении, перпендикулярном оси червяка, даст кривую — архимедову спираль. Червяк с такой винтовой поверхностью называют архимедовым. Архимедов червяк в осевом сечении имеет прямолинейный профиль витка, аналогичный инструментальной рейке. Угол между боковыми сторонами профиля витка у стандартных червяков 2α = 40°.

Если тот же резец повернуть на угол подъема винтовой линии червяка ψ (положение 2 на рис. 4.1) так, чтобы верхняя плоскость резца А-А была перпендикулярна винтовой линии, то при нарезании получится винтовая поверхность, которая в сечении, перпендикулярном оси червяка, даст кривую — конволюту, а червяк соответственно будет называться конволютным.

Если резец установить так, чтобы верхняя плоскость резца А-А (положение 3 на рис. 4.1), смещенная на некоторую величину е, была параллельна оси червяка, то при нарезании получится винтовая поверхность, которая в сечении, перпендикулярном оси червяка, даст кривую - эвольвенту окружности, а червяк будет называться эвольвентным. Эвольвентный червяк представляет собой цилиндрическое косозубое колесо с эвольвентным профилем и с числом зубьев, равным числу витков червяка.

Практика показала, что при одинаковом качестве изготовления форма профиля нарезки червяка мало влияет на работоспособность передачи. Выбор профиля нарезки червяка зависит от способа изготовления и связан также с формой инструмента для нарезания червячного колеса.

По направлению линии витка червяка –

- ***правые***(при наблюдении с торца червяка и его вращении по часовой стрелке червяк вкручивается в пространство - уходит от наблюдателя);

- ***левые*** (при наблюдении с торца червяка и его вращении по часовой стрелке червяк выкручивается из пространства - идёт на наблюдателя);

По числу заходов червяка делят:

- ***с однозаходным червяком***, имеющим один гребень, расположенный по винтовой линии, наложенной на делительный цилиндр червяка;

- ***с двух-, трёх-, четырёх-, многозаходным червяком***, имеющим соответственно 2, 3, 4 или более одинаковых гребней расположенных по винтовой линии, наложенной на делительный цилиндр червяка;

Наиболее распространено правое направление с числом витков червяка z1, зависящим от передаточного чис­ла u; z1 выбирают так, чтобы обеспечить число зубьев колеса z2:  z1u>z2min.

Очевидно, что однозаходный червяк даёт наибольшее передаточное отношение. Однако, с увеличением числа заходов (витков) червяка угол подъема винтовой линии возрастает, что повышает КПД передачи, что связано с уменьшением трения за счёт роста угла трения. Поэтому однозаходные (одновитковые) червяки не всегда рекомендуется применять.

По степени точности изготовления червячные передачи имеют **12 степеней точности.**

По назначению:

-***силовые***с нерегулируемым взаимным расположением червяка и колеса.

-***кинематические*** с регулируемым взаимным расположением червяка и колеса.

В большинстве случаев червяки изготовляют за одно целое с валом, реже — отдельно от вала, а затем закрепляют на нем.

*Червячное колесо 2*(см. рис. 1, а) *в отличие от косозубых зубча­тых колес имеет вогнутую форму зуба, способствующую облеганию витков червяка.*

Направление и угол подъема зубьев червячного колеса соответствуют направлению и углу подъема витков червяка.

Червячные колеса нарезают червячными фрезами и в редких случаях резцами, укрепленными на вращающейся оправке (летучими резцами).

Червячные колеса изготовляют цельными (см. рис. 1, *а, б)*или сбор­ными (на рис. 1, *в*показан венец червячного колеса). Минимальное чис­ло зубьев колеса z2min определяют из условия отсутствия подрезания и обес­печения достаточной поверхности зацепления. Для силовых передач реко­мендуется принимать z2min=28, во вспомогательных кинематических передачах z2min=1718. Максимальное число зубьев не ограничено, но в силовых передачах чаще принимают 50—60 (до 80). В кинематических пе­редачах *z2*может доходить до 600—1000.

*Червячные передачи, как и зубчатые, могут быть корригированными.*

Корригирование червячных передач осуществляется так же, как и зуб­чатых, т. е. радиальным смещением инструмента относительно оси заго­товки при нарезании.

Корригирование передачи осуществляют только за счет колеса. Корри­гированные колеса нарезают на тех же станках и тем же инструментом, что и некорригированные. Корригирование в основном применяют для вписы­вания передачи в заданное межосевое расстояние.

В машиностроении преимущественно применяют некорригированные червячные передачи.

***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.

Вопросы:

Где применяются червячные передачи?

Достоинства и недостатки этих передач.