

ГЛАВА VIII. ДРУГИ ВИДОВЕ ПРЕДАВКИ

8.1. Верижни предавки

8.1.1. Същност, предназначение и видове

Верижните предавки са механични предавки с междинно гъвкаво звено /верига/. Предавката се състои от два вала, върху които са монтирани две верижни колела, върху които е поставена веригата. Последната се зацепва с верижните колела и предава мощност на определено разстояние.

Верижните предавки се употребяват за предаване на въртящ момент и движение на големи разстояния, когато е необходимо да се спази точно *средно предавателно отношение*, което е невъзможно да се осъществи с ремъчна предавка.

При съвременните верижни предавки предавателното отношение $i_{\max} = 15$, линейната скорост на веригата $V_{\max} = 40 \text{ m/s}$, междуваловото разстояние между валовете е $L \leq 8 \text{ m}$, а предаваната мощност $P \leq 120 \text{ kW}$. Линейната скорост на веригата /респективно честотата на въртене на верижното колело. предавателното отношение се ограничава от габаритите на предавката, ъгъла на обхвата и броя на зъбите.

Предимствата на верижните предавки в сравнение с ремъчните са:

1. Натоварването върху валовете при верижната предавка е много по-малко от това при ремъчните предавки /не е необходимо толкова голямо предварително опъване/.

2. Верижните предавки не са чувствителни към температурни изменения, влага и замърсявания, затова с успех се употребяват при автомобилите, подемно-транспортните, металорежещите и др. машини.

3. Предават движение и въртящ момент на по-големи разстояния от ремъчните или зъбните предавки.

4. Липса на преплъзване-постоянна средна стойност на предавателното число.

5. Еластичност на конструкцията.

6. Равномерно натоварване на зъбите на верижното колело /5 до 6 звена са натоварени/.

7. Бързоходност на предавката.

- при бавноходни $V \leq 10 \text{ m/s}$

- при средноходни $V \leq 15 \text{ m/s}$

- при бързоходни $V = 25 \dots 40 \text{ m/s}$, но се изисква специална конструкция на веригата.

8. Компактност на предавката в сравнение със зъбните предавки, особено при големи междувалови разстояния.

9. Възможност за задвижване на няколко вала едновременно.

10. Висок к.п.д.

Недостатъци на верижните предавки

1. Висока цена.

2. Сложна технология на изработване.

3. Недостатъците на верижната предавка са преди всичко недостатъци на конструкцията на веригата, понеже тя се състои от отделни звена и се свързва с верижното колело не по дъга от окръжност, а по многоъгълник. Това води до износване на шарнирите и създаване на допълнителни динамични натоварвания.

4. При постоянна скорост на задвижващия вал задвижваните валове имат променлива моментна скорост, което предизвиква динамични натоварвания.

5. Източник са на шум и вибрации.

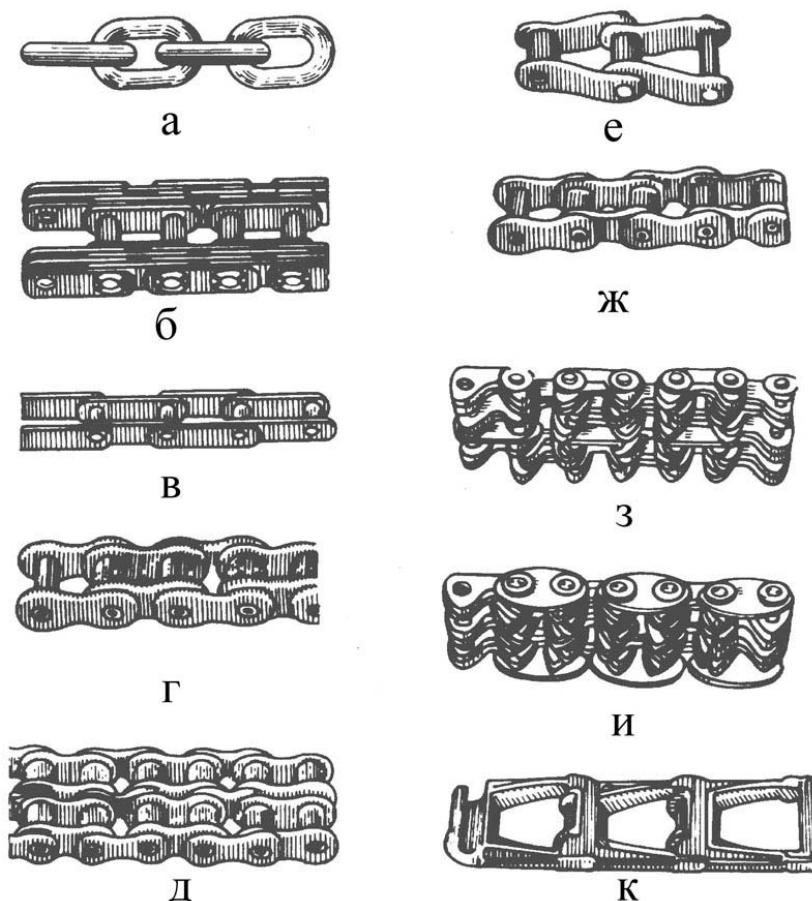
В зависимост от предназначението си верижните предавки биват: *товароподемни, теглителни и преводни*. *Първите* се използват в повдигателни съоръжения, *вторите* – в транспортните, а *третите* – в механичните предавки.

8.1.2. Елементи на верижните предавки

Тук се разглеждат само специфичните за верижната предавка елементи- верига, верижни колела и опъващо устройство.

А/ Вериги – видове, материали.

В зависимост от конструктивното изпълнение на веригите по-известните вериги, намиращи практическо приложение в машиностроенето са показани на фиг.8.1.



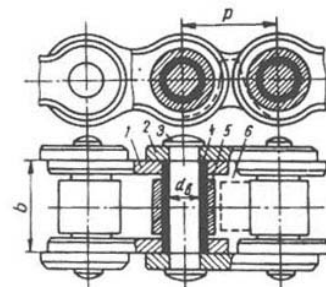
Фиг.8.1. Видове вериги

а-кръглозвенна; б-пластинкова; в-втулкова; г-едноредна ролкова; д-двуредна ролкова; е-ролкова с огънати пластини; ж - втулкова; з - зъбна с централни водещи пластини; и -зъбна с външни водещи пластини; к –разглобяема шампована

Най-голямо разпространение имат *ролковите и зъбните преводни вериги*, които са стандартизирани.

При *втулко-ролкова верига* /фиг. 8.2/ втулката е неподвижно свързана с вътрешните пластини и движението е между втулката и оста. Ролката намалява триенето и износването във веригата и се използва за скорости на движение на веригата до 15 m/s.

Зъбните вериги /по DIN8190/ работят по-плавно и безшумно /фиг. 8.3/. Използват се при скорости до 35m/s. Профилните пластини на веригата са свързани шарнирно със съседните оси и се зацепват със зъбите на верижното колело чрез



челните си повърхнини, склучващи по между си ъгъл $\delta = 60^\circ$. Пластините се зацепват със зъбите на колелото по челните си повърхнини. Направляващите пластини 1 са в средата или двата края на веригата и служат за странични ограничители.

Зъбните вериги се отличават с висока кинематична точност, тъй като увеличаването на стъпката в следствие на износването е равномерно. Те предават по-големи мощности при една и съща стъпка за сметка на изменение на широчината на веригата. Те се изготвят с шарнири, обезпечаващи търкаляне или плъзгане /фиг. 8.4/.

Основните размери и изисквания за якост на преводните вериги са регламентирани от БДС 6211-82.

Най-важният геометричен параметър на веригата е стъпката p . Обикновено преводните вериги имат стандартизирана стъпка в цолове, а товароподемните и теглителните – в милиметри. Товароносимостта на веригата се определя от стъпката, но при голяма стъпка се намалява плавността и дълготрайността на предавката.

Обикновено пластините на веригата се изработват от стомана 40X и се закаляват до HRC=40...50. Осите, втулките, ролките и призмите се изработват от нисковъглеродни стомани 15, 20, 20X и се подлагат на цементация и закаляване до HRC=52...65.

Б/ Верижни колела.

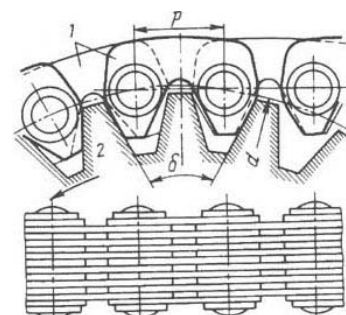
Конструкцията на верижните зъбни колела зависи от вида на веригата. Геометричните параметри на верижните зъбни колела са стандартизирани /БДС 7822-81 и БДС 2899-82/.

Основния диаметър на верижното зъбно колело е делителния му диаметър. Това е диаметъра на окръжността по която се разполагат центрите на осите, когато веригата е зацепена с колелото. Той се определя в зависимост от стъпката "P" на веригата и броя на зъбите "Z". От правоъгълния три-

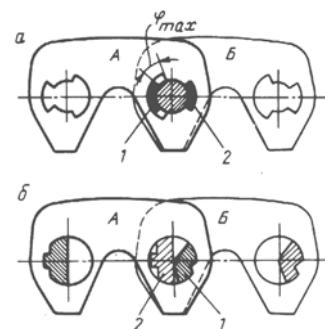
ъгълник "BCO" /фиг.8.5/ следва, че $\frac{CB}{OB} = \sin \frac{180^\circ}{Z}$, откъдето

$$d = \frac{P}{\sin \frac{180^\circ}{Z}} \quad (8.1)$$

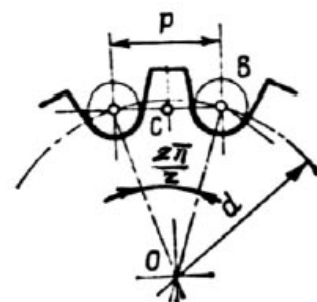
Верижните колела се различават от зъбните по работния профил на зъба. При зъбните вериги винаги профилът е линеен /фиг. 8.3/. При ролковите, втулковите и пластинковите вериги зъбите се оформят така, че допускат влизане и излизане на ставите на веригите от зацепване и същевременно да осигуряват сигурен контакт между веригата и верижното колело. Тук профилът на зъба може да бъде линеен /фиг.8.7/, изпъкнал /фиг. 8.6а/ или вдлъбнат /фиг. 8.6б/. *Най- благоприятен от гледна точка на зацепването и технологията на изработване е вдлъбнатият*



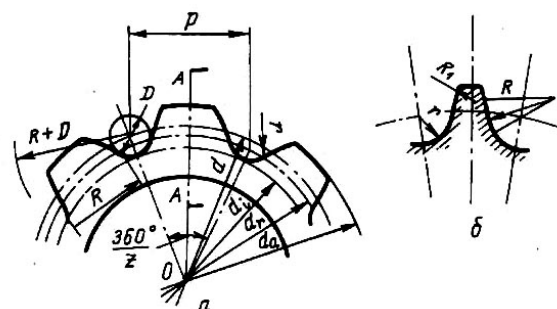
Фиг.8.3. Зъбна верига



Фиг.8.4. Стави с триене
а- при плъзгане; б- при търкаляне



Фиг.8.5



Фиг.8.6. Нелинейни профили на зъбите на верижно зъбно колело

профил.

Верижните колела се изработват от въглеродни и легирани стомани 45, 40Х и др., от чугун и пластмаси.

В. Картер

Служи за предпазване на веригата от външно влияние / попадане на прах, влага и др./, за съхраняване на мазилното вещество, което маже на веригата при преминаването на съставните звена на същата през зоната на картера. Вътрешните размери на картера трябва да осигуряват провисване на веригата, а също така и удобно обслужване на предавката. За наблюдаване на състоянието на предавката и нивото на маслото картерът обикновено е снабден с прозорец и маслоуказател.

Г. Опъващо устройство

Поради износване на ставите на веригата стъпката ѝ непрекъснато нараства, което води до повишаване на вътрешните динамични сили и шума в процеса на работа и задълбочаване на процеса на износване на ставите. За обезпечаване на условия за нормална работа на веригата се предвиждат в конструкцията на предавката устройства за опъване на веригата /фиг.8.8/.

8.1.3. Критерии за работоспособност на верижните предавки.

Верижните предавки излизат от строя по следните причини:

- износване на шарнирите, водещо до удължаване на веригата и нарушаване на нейното зацепване с верижното колело поради промяна на стъпката (основен критерий за работоспособност за по-голяма част от веригите);

- разрушаване на пластините от умора на материала (основен критерий за бързоходни тежко натоварени ролкови верижни предавки, работещи в закрити картери с добро мазане);

- нарушаване на пресовата връзка на осите и втулките с пластините (разпространена причина, свързана с недостатъчно високо качество на изработване на веригата);

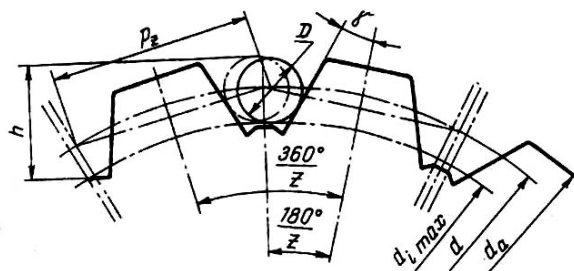
- откътрване и разрушаване на работните повърхнини на ролките;

- достигане на пределно провисване на не натоварения клон на веригата (един от критериите за предавки с не регулируемо междусово разстояние, работещи без устройство за опъване на веригата;

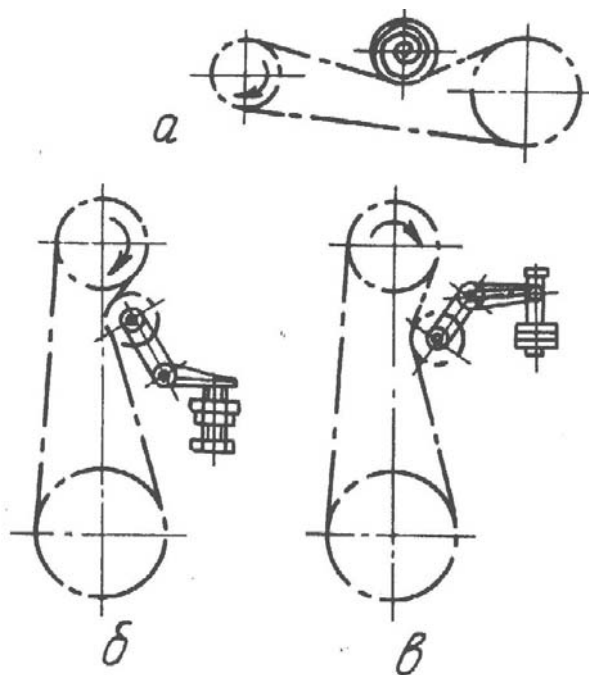
- износване на зъбите на верижното колело.

В съответствие с приведените причини за излизане от строя на верижните предавки може да се направи извод, че срока на службата на верижните предавки се ограничава преди всичко от дълговечността на веригата.

Дълговечността на веригата от своя страна зависи от износоустойчивостта на шарнирите.



Фиг.8.7. Линеен профил на зъбите на верижно зъбно колело



Фиг.8.8. Опъване на веригата
а-автоматично; б-периодично; в-постоянно

8.1.4. Геометрия и кинематика на верижните предавки.

А. Геометрични елементи и геометрично изчисляване на верижните предавки.

- междуосово разстояние “а”

Минималното междуосово разстояние се избира така, че ъгълът на опасване $\alpha \geq 120^\circ$ при малкото верижно колело

$$\text{При предавателно отношение } i \leq 3 \quad a_{\min} = \frac{d_{a1} + d_{a2}}{2} + (30 \div 50) \quad (8.2)$$

$$\text{При } i \geq 3 \quad a_{\min} = \frac{d_{a1} + d_{a2}}{2} \cdot \frac{i + 9}{10}$$

d_{a1} и d_{a2} – външни диаметри на верижните колела

Необходимият брой звена се определя от предварително избрани междуосово разстояние “а”, стъпка “Р” и брой на зъбите z_1 и z_2 на верижните колела.

Най-напред се определя дължината на веригата “L” с помощта на фиг.8.9.

$$\begin{aligned} L &= (\pi - 2\beta) \frac{d_1}{2} + (\pi + 2\beta) \frac{d_2}{2} + 2a \cdot \cos \beta \\ &= \frac{\pi \cdot d_1}{2} - \frac{2\beta \cdot d_1}{2} + \frac{\pi \cdot d_2}{2} + \frac{2\beta \cdot d_2}{2} + 2a \cdot \cos \beta \\ L &= \frac{d_2 + d_1}{2} \cdot \pi + (d_2 - d_1) \beta + 2a \cos \beta \end{aligned}$$

$$\text{понеже } \sin \beta = \frac{d_2 - d_1}{2a} \rightarrow \beta \approx \frac{d_2 - d_1}{2a},$$

защото β е много малък и $\cos \beta \approx 1$, а $\sin \beta \approx \beta$ следователно

$$L \approx 2a + \frac{d_2 + d_1}{2} \pi + \frac{(d_2 - d_1)^2}{2a} \quad (8.3)$$

От $\pi \cdot d = z \cdot p \rightarrow d = \frac{z \cdot p}{\pi}$, откъдето се определя, че

$$L \approx 2a + \frac{z_2 + z_1}{2} \cdot p + \left(\frac{z_2 - z_1}{\pi} \right)^2 \cdot \frac{p^2}{2a} \quad (8.4)$$

- определяне на необходимия брой звена ω

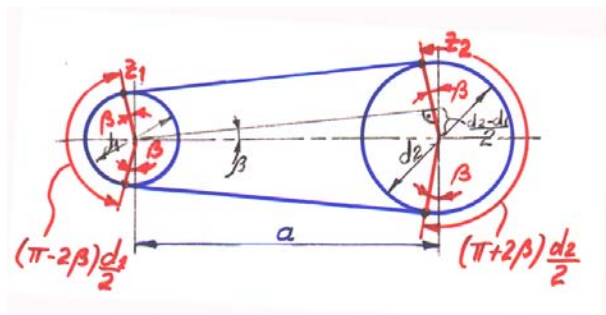
$$\omega \approx \frac{L}{P} = \frac{2a}{P} + \frac{z_2 + z_1}{2} + \left(\frac{z_2 - z_1}{\pi} \right)^2 \cdot \frac{P}{2a} \quad (8.5)$$

С изчисления брой звена се уточнява междуосовото разстояние “а”, като се реши уравнение (8.5) “а”.

$$a = \frac{P}{4} \left(\omega - \frac{t_2 + t_1}{2} + \sqrt{\left(\omega - \frac{t_2 + t_1}{2} \right)^2 - 4 \left(\frac{t_2 - t_1}{2\pi} \right)^2} \right) \quad (8.6)$$

За да се осигури провисване на веригата, междуосовото разстояние се намалява с $0,002 \div 0,004/a$

Стъпката “Р” на веригата е най-важният и параметър. Колкото по-голяма е тя, толкова и товароносимостта на веригата е по-голяма, но заедно с това шумът, неравномерността и ударите са по-големи, затова е необходимо да се намалява честотата на въртене.



Фиг.8.9. Схема за определяне на дължината на веригата.

Препоръчва се стъпката да се избира в границите $\frac{a}{80} \leq P \leq \frac{a}{25}$. Намаляването ѝ може да се постигне, като се увеличават широчината, броят на редовете и др.

Б. Предавателно отношение и неговото изменение.

Средната скорост на веригата, изчислена чрез задвижващото и задвижваното колело е:

$$V_1 = z_1 \cdot p \cdot n_1; \quad V_2 = z_2 \cdot p \cdot n_2$$

От равенството на скоростите ($V_1 = V_2$) за средното предавателното отношение се получава

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \quad (8.6)$$

При работа на верижната предавка движението на веригата се определя от движението на шарнира на звеното, което последно се е зацепило с водещото верижно колело. Всяко звено води веригата при завъртане на верижното колело на една стъпка. Вследствие на това скоростта на веригата, при равномерно въртене на водещото верижно колело, не е постоянна.

Скоростта на веригата е максимална в положение на верижното колело, при което радиуса, прекаран през центъра на верижното колело е перпендикулярен на водещата пластина на веригата.

В произволно ъглово положение на верижното колело, когато водещият шарнир е завъртян на ъгъл Q

$$V = \omega_1 R_1 \cos Q$$

където ω_1 е постоянна ъглова скорост на водещото верижно колело;

R_1 – радиус на разположение на шарнирите

Q_1 – ъгъл на завъртане на шарнира

$$-\frac{\varphi_2}{2} \leq Q_2 \leq +\frac{\varphi_2}{2}, \text{ а } \left(\frac{\varphi_2}{2} = \frac{\pi}{z_2} \right)$$

Тъй като векторът на скоростта V_1 при въртене на верижното колело ще променя непрекъснато направлението си, проекцията му V_{1x} (по направление на движение на веригата) ще се променя също непрекъснато което ще води до неравномерно движение на веригата. Следователно мигновеното предавателно отношение е непостоянно

$$i_M = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{d_2}{d_1} \cdot \frac{\cos Q_2}{\cos Q_1} \quad (8.7)$$

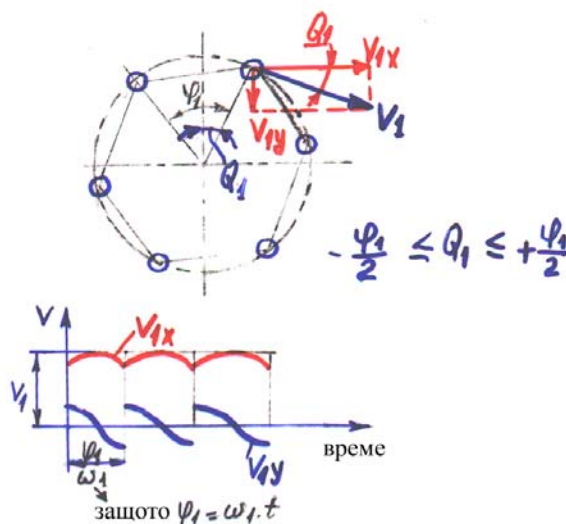
За да се повиши равномерността на движението във верижната предавка, трябва да се увеличат броя на зъбите z_1 и z_2 понеже това ще намали ъглите Q_1 и Q_2 , а $\cos Q$ ще нарасне и ще се доближи до 1. Съществено значение има увеличаването на броя на зъбите z_1 (на малкото колело).

Ако се направи така, че задвижващият клон на веригата да съдържа цяло число звена, равномерността ще се повиши значително.

При $z_2 = z_1$ се получава $i_M = \text{const.}$

8.1.5. Експлоатация на верижни предавки.

Експлоатационната дълготрайност на веригата зависи от качествено и мазане, правилния монтаж и поддържане и защита от замърсяване на триещите се повърхнини с абразивни материали.



Фиг.8.10. Скорост на ставите на зъбите

Мазането намалява триенето в шарнирите, от там и износването им и повишава к.п.д. на предавката. Средното значение на к.п.д. на предавката при добро мазане е 0,96...0,98.

За отговорни силови предавки следва да се прилага непрекъснато мазане:

- чрез потапяне в маслена вана – потапянето на веригата не трябва да превишава широчината на пластината.
- разпръскване на маслото със специални дискове и отразяващи щитове, насочващи маслото към веригата.
- циркуляционно струйно мазане от помпа използва се за бързоходни предавки.
- циркуляционно центробежно с подаване на масло чрез канали във вала.
- циркуляционно мазане с въздушно-маслена мъгла.
- чрез използване на пластични мазилни вещества – перитодично на 120-180 ч. чрез потапяне на веригата в разтопена консистентна смазка.
- капково мазане.

Верижните предавки обикновено се разполагат така, че веригата да се движи във вертикална плоскост (осите на валове на верижните колела са хоризонтално разположени), при това взаимното разположение на верижните колела може бъде произволно. Оптималното разположение на верижната предавка се явява хоризонтално или наклонено под 45^0 към хоризонта (по отношение на клоновете на верижната предавка). Водещ може да бъде както горният клон, така и долният клон на верижната предавка.

Във връзка с неизбежното удължаване на веригата (в резултат от износването на шарнирите) е необходимо периодично да се извършва опъване на веригата, ако предавката не е снабдена с устройство за автоматично поддържане на оптимална стойност на опъване на веригата.