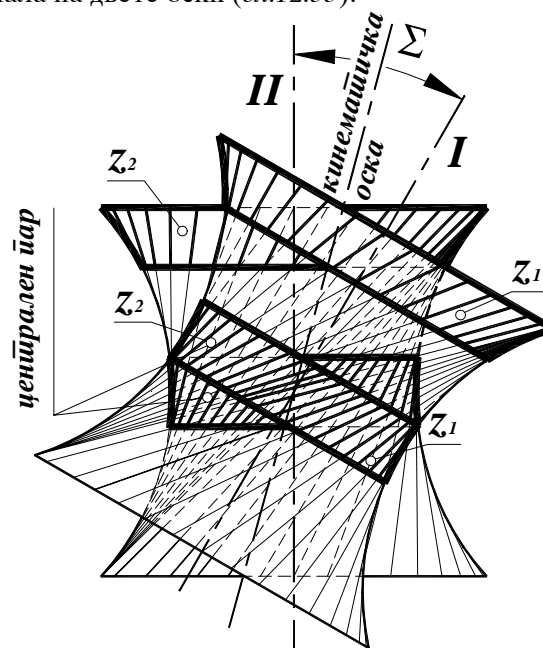


12.4 Хиперболоидни зајчестии парови

Хиперболоидните парови претставуваат кинематички парови чии оски на вртење се разминуваат во просторот под агол $\Sigma \neq 0$ односно $\Sigma \neq \pi$. Кинематичките површини на хиперболоидните зачести парови со непроменлив преносен однос се едногранкови ротациони хиперболоиди опишани околу оските на ротација што се разминуваат, со грло во точката на заедничката нормала на двете оски (сл.12.55).



Сл.12.55 Ротациони хиперболоиди на среѓнај хиперболоиден зајчестии пар

Кинематичките хиперболоиди се допираат по должината на заедничката праволиниска изводница, што истовремено претставува кинематичка оска. Двата хиперболоида се тркалаат еден по друг во правец нормален на кинематичката оска, а истовремено се лизгаат во правец на кинематичката оска. Спрегнатите хиперболоиди би можеле да се искористат како фактички заченици на кое и да било место, со тоа што ќе се искористат само тесни делови на хиперболоидите. Поради проблеми во идеално точната изработка (профилирани глодала), хиперболоидните заченици не се изработуваат во точниот геометриски облик. Ваквите намерни отстапувања што се прават

заради поедноставување на изработката се во толку поголеми во колку што е назабувањето подалеку од грлото и во колку запчениците се пошироки. Така, во практиката се користи делот околу грлото на хиперболоидите, при што таквиот пар се изведува како цилиндричен, а паровите што се подалеку од грлото се изведуваат како конични запчести парови (сл.12.51).

Така според обликот на запците и положбата на спрегнатите запченици, хиперболоидните запчести парови можат да бидат: *еволвентни, сџецијални, хипоидни и полжавестни*.

Хипоидните запчести парови се добиваат со апроксимација на оддалечените делови од грлото на хиперболоидите со попраста за изведба конична форма и изработка на конични запчести парови. Боковите од запците имаат сличен облик на боковите од запците на коничните запченици со криви запци и меѓу нив не може да се забележи некаква визуелна разлика. Оските на вртење можат да се вкрстуваат под агол $\Sigma \neq 0^\circ$, но најчесто се вкрстуваат под агол $\Sigma = 90^\circ$. Најголема примена имаат во автомобилската индустрија, каде што со замена на коничниот со хипоиден запчест пар се овозможува спуштање на тежиштето на возилото, со што истото станува постабилно. Тие се применуваат и во алатните, текстилните, рударските, градежните и другите видови машини.

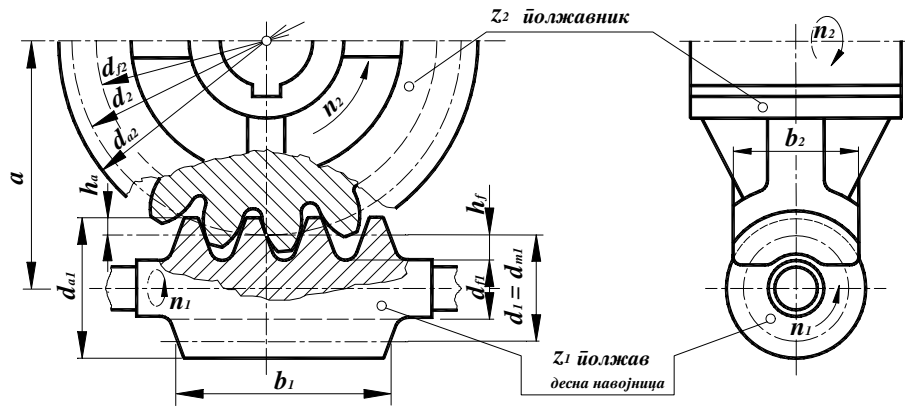
Во продолжение, во кратки црти, ќе стане збор само за полжавестите запчести парови.

12.4.1 Полжавестни запчести парови

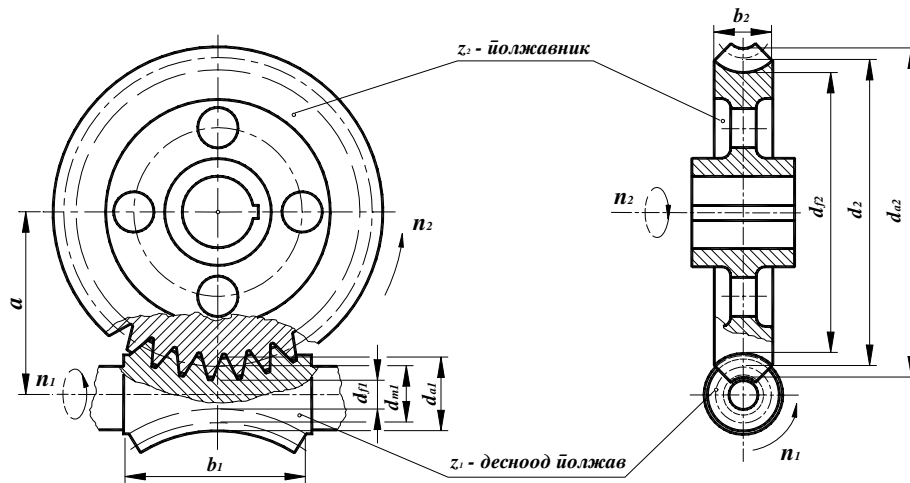
Полжавестиот запчест пар е хиперболоиден пар чии оски може да се вкрстуваат под произволен агол $\Sigma \neq 0^\circ$, но најчесто е $\Sigma = 90^\circ$. Обично, погонското тркало е полжавеста завртка (*полжав*), а гонетото е полжавест запченик (*полжавник*), чија форма е приспособена на онаа на полжавот. Најчесто се врши смалување на зачестеноста на вртежите од погонското на гонетото тркало (*редукција*), а многу ретко се врши *мултипликација* т.е. зголемување на вртежите на полжавот кога двете тркала ги заменуваат улогите; погонско е полжавникот, а гонето тркало е полжавот.

Полжавестиот преносник претставува спрег од завртка и навртка во кој полжавот најчесто е изработен во форма на навој сличен на трапезниот, а полжавникот претставува збир на сегменти од навртки по обемот на тркалото, што се само делумно спрегнати со навојот на полжавот.

Според формата на темената и подножната површина на полжавот, полжавестите запчени парови можат да бидат: цилиндрични (сл.12.56) или глобоидни (сл.12.57), при што полжавникот речиси редовно се изведува глобоиден, а ретко како цилиндричен запченик со хеликоидни запци.



Сл.12.56 Цилиндричен полжавест пар



Сл.12.57 Глобоиден полжавест пар

Со оглед на тоа што глобоидните полжави тешко се изработуваат, најчесто се во примена цилиндричните полжавести парови. Глобоидните полжавести парови овозможуваат пренос на поголеми оптоварувања, а имаат

и поголем степен на искористување како и поголем век на траење во однос на цилиндричните полжавести парови. Во однос на другите преносници, кај полжавестите преносници може да се постигнат поголеми преносни односи што во нормални прилики достигнуваат и до $i = 80$, а при специјални конструктивни решенија и до 500.

12.4.1.1 Преносен однос кај полжавестите парови

Со ротацијата на полжавот околу сопствената оска доаѓа до аксијално поместување на неговите профили, така што спрегнувањето на полжавот и полжавникот од кинематичка гледна точка може да се разгледува како спрегнување на рамнински цилиндричен пар, при што полжавот ја има улогата на запчестата летва, а полжавникот на запченикот. Ваквиот цилиндричен пар се нарекува *еквивалентен рамнински цилиндричен пар* при што поделбената рамнина, односно поделбената права на полжавот и поделбениот цилиндар, т.е поделбениот круг на полжавникот се тркалаат еден по друг без лизгање од каде што произлегува дека периферните брзини на допирните точки од профилот на полжавот и полжавникот се еднакви, па може да се напише:

$$v_{x1} = n_1 p_z = n_1 z_1 p_{x1} = n_2 p_2 z_2 = v_2 \quad 12.155$$

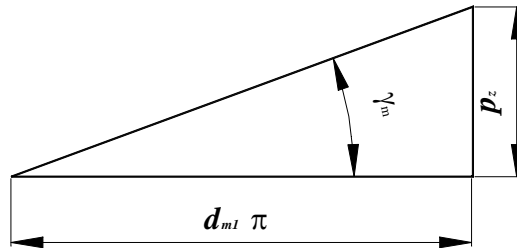
при што

- v_{x1} е аксијална брзина на допирната точка на полжавот;
- n_1 е зачестеност на вртежите на полжавот;
- p_z е \odot д на навојницата на полжавот;
- z_1 е број запци (\odot дови) на полжавот;
- p_{x1} е аксијален чекор на полжавот;
- n_2 е зачестеност на вртежите на полжавникот;
- p_2 е поделбен чекор на полжавникот;
- z_2 е број запци на полжавникот;
- v_2 е периферна брзина на допирната точка на полжавникот.

За вредноста на преносниот однос кај полжавестите парови при $p_2 = p_{x1}$, според 12.155 се добива

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \quad 12.156$$

Бројот запци (бдови) на полжавот најчесто изнесува $z_1 = 1$ до 4. Врската помеѓу средниот пречник на полжавот d_{m1} и одот на навојницата на полжавот p_z е прикажана на сл.12.58,



Сл.12.58 Развиен облик на средниџа навојница на полжавоџ

од каде може да се напише

$$\operatorname{tg} \gamma_m = \frac{p_z}{d_{m1} \pi} = \frac{z_1 p_{x1}}{d_{m1} \pi} = \frac{z_1 m \pi}{d_{m1} \pi} = \frac{z_1 m}{d_{m1}} \quad 12.157$$

па за пречникот на средниот круг на полжавот се добива изразот

$$d_{m1} = \frac{z_1}{\operatorname{tg} \gamma_m} m = q m \quad 12.158$$

каде што

$$q = \frac{z_1}{\operatorname{tg} \gamma_m} - \text{број на обликот на полжавот чии стандардни вредности се дадени}$$

во таб.12.14 и

m - стандарден модул на полжавестиот пар чии вредности се дадени во иста-та табела.

За обемот на поделбениот круг на полжавникот може да се напише изразот

$$O = d_2 \pi = p_2 z_2 \quad 12.159$$

од каде за поделбениот круг на полжавникот се добива следниот израз

$$d_2 = \frac{p_2 z_2}{\pi} = m z_2 \quad 12.160$$

така што за преносниот однос кај полжавестите парови важи и следниот образец

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2 m}{m d_{m1} \operatorname{tg} \gamma_m} = \frac{d_2}{d_{m1} \operatorname{tg} \gamma_m} = \frac{\pi d_2}{\pi d_{m1} \operatorname{tg} \gamma_m} = \frac{\pi d_2}{p_z} \quad 12.161$$

Таб.12.14 Стандардни броеви на обликој на полжавој и стандардни модули

q	I сѐйен на п̀риориѝей		8,0		10,0		12,0		16,0		20,0				
	II сѐйен на п̀риориѝей	7,0		9,0		11,0		14,0		18,0					
m [mm]		1,00	1,25	1,50	2,00	2,50	3,00	4,00	5,00	6,00	8,00	10,0	12,0	16,0	20,0

12.4.1.2 Главни димензии на полжавесѝийѝе п̀арови

Покрај поделбените кругови на полжавот (12.158) и на полжавникот (12.160), другите пречници се определуваат според следните изрази:

- за темените кругови односно цилиндри

$$d_{a1} = d_{m1} + 2m = m(q + 2) \quad \text{и} \quad d_{a2} = d_{m2} + 2m = m(z_2 + 2) \quad 12.162$$

- за подножните кругови односно цилиндри

$$d_{f1} = d_{m1} - 2 \cdot (1,1 \text{ до } 1,3)m = m[q - 2 \cdot (1,1 \text{ до } 1,3)]$$

$$d_{f2} = d_{m2} - 2(1,1 \text{ до } 1,3)m = m[z_2 - 2(1,1 \text{ до } 1,3)] \quad 12.163$$

како и меѓуоскиното растојание

$$a = \frac{d_{m1} + d_{m2}}{2} = \frac{mq + mz_2}{2} = m \frac{q + z_2}{2} \quad 12.164$$

Должината на полжавот се пресметува според приближната формула

$$b_1 \approx 2,5m\sqrt{z_2 + 1} \quad 12.165$$

а широчината на полжавникот исто така според приближната формула

$$b_2 \approx 2m(0,5 + \sqrt{q + 1}) \quad 12.166$$

На крајот од ова излагање е потребно да се напомене дека сите наведени изрази важат во најчестите случаи кога оските на двете тркала се разминуваат под агол $\Sigma = 90^\circ$ и кога назабените венци на двете тркала се изведени без поместување на профилите (види [6]).

За да не дојде до ослабување на пречникот на вратилото, потребно е да се води сметка подножниот пречник на полжавот d_{f1} да не биде помал од пречникот на вратилото на тоа место.

Значењето на сите димензии на полжавестиот пар се прикажани на сл.12.56 и сл.12.57.

12.4.1.3 Форма и поделба на боковите од зајчестите на пољжавите

Како што е веќе наведено, боковите од зајчестите на пољжавите се делови од хеликоидни површини, чиј облик зависи од начинот на изработка, т.е. од формата на алатот, неговата положба и движењето во однос на пољжавите.

Според формата на хеликоидот, како и според начинот на изработка, кај пољжавестите парови се разликуваат неколку стандардни типови пољжави и тоа:

- **ZA (Archimed -ов)**

Archimed -овиод пољжав наоѓа најчеста примена. Аксијалниот профил се состои од прави линии, а пресекот на бокот од пољжавите со рамнина нормална на неговата оска дава *Archimed* -ова спирала.

- **ZI (еволвентен)**

Боковите од зајчестите се во форма на еволвентен хеликоид како и боковите од зајчестите на цилиндричните зајчестеници со коси зајци, и

- **ZK и ZN** типовите пољжави кај кои аксијалните профили им се криви линии.

12.4.1.4 Одлики и примена на пољжавестите парови

Како што е веќе нагласено, пољжавниот преносник се употребува, главно, како редуктор и ретко како мултипликатор, бидејќи загубите се значителни, а навојницата на пољжавите мора да биде многу стрмна. Потребата од многу голем преносен однос (над $i = 8$ па и до $i = 300$) диктира првенствено примена на пољжавестите зајчестени парови, кај кои се добиваат и најмали габаритни димензии на преносникот. Ваквите преносници се одликуваат со рамномерна, мирна и тивка работа без удари, а шумовите се незначителни.

Како недостатоци на пољжавестите преносници можат да се сметаат: тешката и прецизна изработка, монтажата и интензивното затоплување при работата при што често се јавува потреба од разладни системи, како и ограниченоста на силината што можат да ја пренесат (до 100 kW). Покрај тоа, големото триење осетно го намалува степенот на искористувањето кој обично се движи од $\eta = 0,75$ до $\eta = 0,9$, којшто е значително понизок во однос на сите други зајчестени преносници, како последица на релативно големото затоплување на преносникот.

Пољжавестите преносници наоѓаат широка примена во машиноградбата и тоа кај возилата, дигалките, алатните машини, мелниците и други.

12.5 Степен на искористување кај запчестите парови

При работа на запчестите парови секогаш има лизгање во радијален правец, при што запците се загреваат и абат. Поради ваквото лизгање дел од силината се троши на совладување на триењето, при што се претвора во топлотна енергија. Доколку запчестите парови се потопени во масло, дел од енергијата се троши и на совладување на отпорите од триење помеѓу запчениците и маслото за подмачкување.

Според тоа, вредноста на степенот на искористување и кај запчестите преносници се пресметува според веќе познатиот израз

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \quad 12.167$$

при што

P_1 е силина на погонското и

P_2 е силина на гонетото вратило.

Постоечките емпириски равенки за пресметка на степенот на искористување на запчестите парови даваат само нивни приближни вредности. Определување на точната вредност на степенот на искористување кај запчестите парови не е можно бидејќи коефициентот на триење μ се избира со приближни вредности, а тешко може да се определи и точното влијание на подмачкувањето врз неговата вредност. Затоа аналитичките методи за определување на неговата вредност се само приближни.

Вистинската вредност на степенот на искористување може да се добие само со мерење на вредноста на влезната и излезната силина на изведен конкретен запчест пар и како вистинска важи само за тој пар.

Инаку, со мерења на изведени прости (едностепени) запчести преносници се добиени следните вредности:

- $\eta = 0,95$ до $0,99$ за брусени и лепувани и
- $\eta = 0,92$ до $0,94$ за глодани и рендосувани запци на запчениците.

Поголемите вредности се земаат за подобро изработени и добро подмачкани запци. По подолга работа кога запците многу ќе се изабат, вредноста на степенот на искористувањето на таквиот запчест пар може да падне дури и до $\eta = 0,85$.