

12. Sraigto-veržlės pavara

Sraigto-veržlės pavara skirta sukimo judesį transformuoti į slenkamąjį judesį arba atvirkščiai. Šioje pavaroje gali būti ašine kryptimi nejudrus besisukantis sraigtas su slenkančia veržle arba veržlė nejudama, o sraigtas sukdamasis slenka. Šiose pavarose naudojama slydimo arba riedėjimo sraigto-veržlės pora (12.1 pav.).

Sraigto-veržlės pavaros *privalumai*:

1. Perduodama didelė jėga.
2. Didelis pastūmos tikslumas.
3. Didelis perdavimo skaičius.
4. Maži gabaritai.
5. Nesudėtinga slydimo pavaros konstrukcija.

Sraigto-veržlės pavaros *trūkumai*:

1. Nedidelis slydimo pavaros naudingumo koeficientas.
2. Sudėtinga riedėjimo pavaros konstrukcija.

Slydimo sraigto-veržlės pavarose paprastai naudojamas trapecinio, atraminio arba kvadratinio profilio sriegis (12.2 pav.). Trapeciniai ir atraminiai sriegiai yra standartizuoti.

Trapeciniai sriegiai (GOST 9484-81, DIN 103) naudojami, kai veikia abiejų krypčių jėga. Pagal standartą trapeciniai sriegių žingsniai skirstomi į: smulkius, vidutinius ir stambius. Plačiausiai naudojami vidutinio žingsnio sraigčiai. Smulkaus žingsnio sraigčiai naudojami, kai reikalingas padidintas pastūmos tikslumas, o stambaus – kai pavara dirba padidinto dilimo sąlygomis (nešvari aplinka, pvz., žemės ūkio mašinos).

Atraminiai sriegiai (GOST 10177-82, DIN 513, DIN 2781) naudojami pavarose, kurias veikia didelės vienos krypties jėgos, pvz., keltuvuose, presuose ir pan.

Kvadratinis sriegis naudojamas, kai reikalingas ypatingai didelis poslinkių tikslumas. Neišvengiami radialiniai sraigto mušimai šiuo atveju turi mažesnės įtakos poslinkių tikslumui. Šiuose sriegiuose mažesnė trintis. Tačiau kvadratiniai sriegiai naudojami retai, nes jie blogai centruoja ir sunku juos pagaminti.

Kai reikalingas didesnis slinkimo greitis naudojami daugiapradžiai sriegiai.

Trapecinio sriegio sąlyginis žymėjimas brėžinyje pagal GOST 9484-81:

Tr 50 × 8 - 7e – sriegio išorinis skersmuo $d = 50$ mm, žingsnis $p_s = 8$ mm, skersmens tolerancija 7e;

Tr 50 × 8 LH - 7e – tas pats, tik sriegis kairinis;

Tr 50 × (3 × 8) - 7e – tripradis sriegis, kurio išorinis skersmuo $d = 50$ mm, žingsnis $p_s = 8$ mm, skersmens tolerancija 7e.

Atraminio sriegio sąlyginis žymėjimas brėžinyje pagal GOST 10177-82:

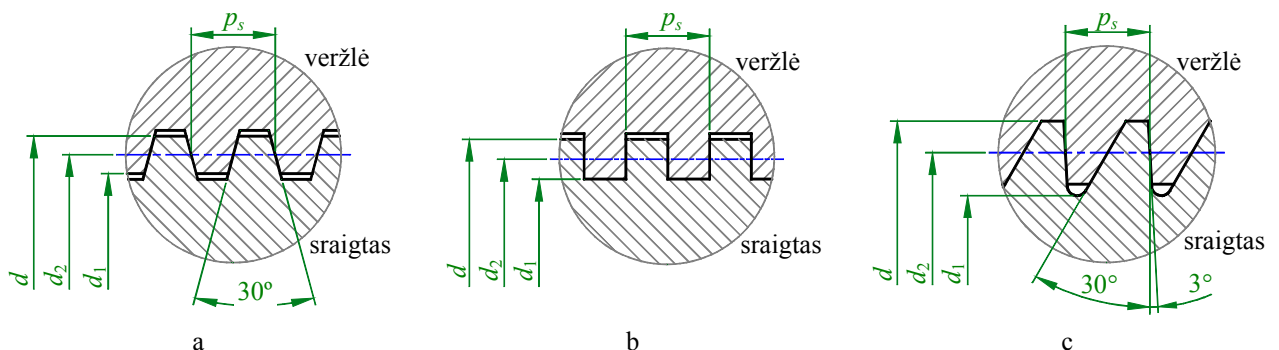
S 80 × 10 - 7h – sriegio išorinis skersmuo $d = 80$ mm, žingsnis $p_s = 10$ mm, skersmens tolerancija 7h.

Kvadratinis sriegis brėžinyje vaizduojamas iškeltiniame elemente padidintu masteliu užrašant visus jo matmenis. Taip pat galima pavaizduoti detalės projekcijoje išlauža (12.2 pav., b).

Riedėjimo sraigto-veržlės pavara naudojama tiksluose ir atsakingose jėginėse pavarose.

Riedėjimo sraigto-veržlės pavaros pranašumai prieš slydimo sraigto-veržlės pavaras:

- žymiai didesnis naudingumo koeficientas (iki 80 %);
- mažas išsidėvėjimas;
- nedidelis išilimas;
- netrūkčiojantis judesys.



12.2 pav. Slydimo judesio sraigtų sriegiai: a – trapecinis; b – kvadratinis; c – atraminis

Riedėjimo sraigto-veržlės pavaros trūkumai lyginant su slydimo sraigto-veržlės pavaromis:

- sudėtingesnė konstrukcija;
- mažesnis ašinis standumas;
- pavara nėra savistabdė, todėl reikalingas papildomas stabdis.

Sraigtas ir veržlė turi sraigtinis pusės apskritimo formos griovelius, kuriuose yra rutuliukai. Rutuliukų gražinimui į veržlės pradžia yra numatyti specialūs kanalai.

Kad padidinti ašinį pavaros standumą veržlė gaminama iš dviejų pusveržlių, kurias galima įveržti (12.3 pav.).

12.1. Sraigto-veržlės pavaros skaičiavimas

Pavaros perdavimo santykį sąlyginai galima išreikšti veržlės (ja gali būti smagratukas, krumpliaratis ir pan.) darbinio paviršiaus apskritiminio poslinkio ir sraigto ašinio poslinkio santykiu (žr. 12.4 pav.):

$$i = \frac{s_t}{s_a} = \frac{\pi d_v}{p_s z_s}; \quad (12.1)$$

čia d_v – veržlės darbinio paviršiaus skersmuo; p_s – sraigto sraigtinės linijos žingsnis; z_s – sraigto pradžių skaičius.

Ryšys tarp sraigto ašinės jėgos F_a ir veržlės apskritiminės jėgos F_t yra:

$$F_a = F_t i \eta; \quad (12.2)$$

čia η – pavaros naudingumo koeficientas.

Slydimo sraigto-veržlės pavara. Pagrindinė priežastis, dėl kurios sraigto-veržlės pavara tampa nedarbinga, yra sriegio vijų išsidėvėjimas (išdilimas). Atsparumą išsidėvėjimui galima užtikrinti ribojant slėgį į vijas:

$$\frac{F_a}{\pi d_2 h z} \leq p_{adm};$$

čia F_a – ašinė jėga veikianti sraigą; d_2 – vidutinis sriegio skersmuo; h – sriegio profilio darbinis aukštis (trapeciniame ir kvadratiname sriegiu $h = 0.5 p_s$; atraminiam – $h = 0.75 p_s$); $z = H / p_s$ – sriegio vijų skaičius veržlės aukštyje H .

Įvedame pažymėjimus $\psi_H = H / d_2$ – veržlės aukščio koeficientas ir $\psi_h = h / p_s$ – sriegio aukščio koeficientas. Formulę vidutiniam sriegio skersmeniui apskaičiuoti:

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{F_a}{\pi \psi_H \psi_h p_{adm}}}. \quad (12.3)$$

Koeficientas ψ_H ištisinėms veržlėms imamas 1.2 ... 2.5, o perskiriamoms veržlėms 2.5 ... 3.5. Didesnės reikšmės imamos mažesnio skersmens sriegiams.

Koeficientas ψ_h trapeciniams ir kvadratinio profilio sriegiams imamas 0.5, o atraminiam sriegiams – 0.75.

Leistinis kontaktinis slėgis p_{adm} priklauso nuo: veržlės ir sraigto medžiagų, darbinio paviršių dangos ir šiurkštumo, tepimo medžiagos.

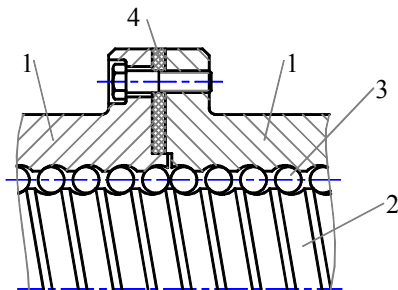
Projektuojant trapecinius ir atraminis sriegius pagal paskaičiuotą d_2 parenkamas artimiausias standartinis sriegis su didesniu vidutiniu skersmeniu. Jei sriegio profilis kvadratinis, tai:

- apskaičiuojame išorinį sriegio skersmenį (gautą reikšmę suderiname su standartine Ra40 eile):

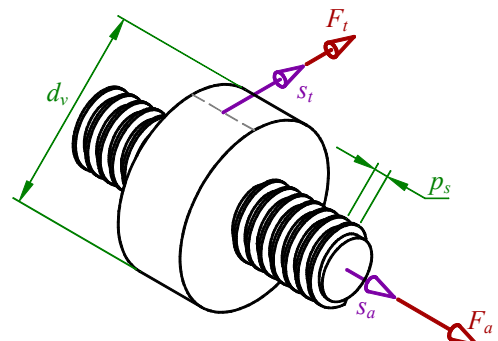
$$d \geq 1.1 d_2, \text{ mm};$$

- apskaičiuojame sriegio žingsnį (gautą reikšmę suderiname su standartine Ra40 eile):

$$p_s = 0.2 d_2, \text{ mm};$$



12.3 pav. Rutulinė sraigtinė pavara: 1 – pusveržlė; 2 – sraigtas; 3 – rutuliukas; 4 – tarpinė



12.4 pav. Pavaros sraigto-veržlės kinematika

- apskaičiuojame likusius sriegio matmenis:

$$\text{sriegio aukštis } h = \psi_h p_s, \text{ mm};$$

$$\text{vidutinis sriegio skersmuo } d_2 = d - h, \text{ mm};$$

$$\text{vidinis sriegio skersmuo } d_1 = d - 2h, \text{ mm}.$$

Mechanizmuose, kuriuose atgalinė eiga neleidžiama, pvz., keltuve, būtina patikrinti savistabdos sąlygą. Gniuždomi sraigtai turi būti patikrinti klumpimui. Tam apskaičiuojame santykinį ribinį liaunumą:

$$C_\lambda = \frac{\mu L}{\pi i_{\min}} \sqrt{\frac{\sigma_{yt}}{2E}};$$

čia μ – koeficientas, kuriuo atsižvelgiama į sraigto galų įtvirtinimą; L – maksimalus apkrauto sraigto ilgis; E – sraigto medžiagos tamprumo modulis; σ_{yt} – sraigto medžiagos takumo riba; i_{\min} – sraigto skerspjuvio minimalus inercijos spindulys:

$$i_{\min} = \frac{d_1}{4} \sqrt{0.4 + 0.6 \frac{d}{d_1}}.$$

Jei $C_\lambda < 0.5$ sraigto klumpimui tikrinti nereikia. Priešingu atveju nustatome ar sraigto gniuždymo jėga neviršija kritinės:

$$F_a \leq \frac{\pi^2 E I}{s_S (\mu L)^2}, \text{ kai } C_\lambda \geq 1; \text{ (Eulerio formulė)} \quad (12.4)$$

$$F_a \leq \frac{A \sigma_{yt}}{s_S} \left[1 - \frac{\sigma_{yt}}{E} \left(\frac{\mu L}{2 \pi i_{\min}} \right)^2 \right], \text{ kai } C_\lambda < 1; \text{ (Džonhsono formulė)} \quad (12.5)$$

čia $I = \frac{\pi d_1^4}{64} \left(0.4 + 0.6 \frac{d}{d_1} \right)$ – sraigto skerspjuvio ploto inercijos momentas; s_S – atsargos koeficientas (12.4 formulėje $s_S = 3 \dots 5$, o 12.5 formulėje – $s_S = 1.7 \dots 2.5$).

Pavojinguose sraigto pjūviuose taip pat turi būti patikrinta stiprumo sąlyga:

$$\sigma_{ekv} = \sqrt{\left(\frac{4F}{\pi d_1^2} \right)^2 + 3 \left(\frac{16T}{\pi d_1^3} \right)^2} \leq \sigma_{adm}; \quad (12.6)$$

čia F ir T – pavojingame pjūvyje atitinkamai veikianči ašinė jėga ir sukimo momentas; σ_{adm} – leistinieji įtempimai. Pavaros naudingumo koeficientas (nevertinant trinties galiniame sraigto ar veržlės paviršiuje):

$$\eta = \frac{\text{tg } \varphi}{\text{tg}(\varphi + \rho')}. \quad (12.7)$$

Kaip matyti iš (12.7) pavaros naudingumo koeficientas didėja didėjant sraigto linijos kilimo kampui φ , kas gali būti realizuota daugiapradžiuose sraigtuose. Tokiu atveju sriegis gali tapti nesavistabdžiu ($\varphi > \rho'$) ir būti naudojamas ne tik sukamojo judesio transformavimui į slenkamąjį, bet ir atvirkščiai.

Riedėjimo sraigto-veržlės pavara. Prie pagrindinių darbingumo kriterijų galima priskirti:

- darbinių paviršių atsparumas kontaktiniam nuovargiui ir statinis kontaktinis stiprumas;
- sriegio ir rutuliukų išsidėvėjimas;
- ašinis standumas.

Atsparumas kontaktiniam nuovargiui skaičiuojamas naudojant priklausomybę tarp sraigto resurso L (matuojamas milijonais apsisukimų) ir ašinės apkrovos F_a :

$$L \leq \left(\frac{C K_d K_a K_m}{F_a} \right)^3;$$

čia C – leistinas dinaminis keliamumas, pagal d_2 , p_s ir rutuliukų skersmenis randamas lentelėse; $K_d = 0.25 \dots 1.0$ – darbo be gedimų tikimybės koeficientas (kuo tikimybė, kad gedimų nebus didesnė, tuo šis koeficientas mažesnis); $K_a = 0.8 \dots 1.0$ – pavaros tikslumo koeficientas (didėja didėjant tikslumui); K_m – medžiagos kokybės koeficientas, paprastai lygus 1.

Pakankamas statinis kontaktinis stiprumas yra tada, kai

$$F_{\max} \leq C_0;$$

čia F_{\max} – maksimali ašinė apkrova; C_0 – statinis keliamumas, pagal d_2 , p_s ir rutuliukų skersmenis randamas lentelėse.

12.2. Sraigto-veržlės pavaros medžiagos ir leistinieji įtempimai

Slydimo sraigto-veržlės pavara. Sraigtai paprastai gaminami iš pagerinto konstrukcinio plieno, pvz., plieno 45 ar 50. Kai numatomas grūdinimas (su po to sekančių šlifavimu) rekomenduojama naudoti plienus 65Г ir 40X, o kai įazotinimas – plienus 40XΦА, 18ХГТ.

Sraigtais leistinieji įtempimai nustatomi sekančiais:

$$\begin{aligned}
 \sigma_{adm} &= 0.13 \sigma_{ut} - \text{trapeciniam sriegiui, kai apkrova kinta simetriniu ciklu;} \\
 \sigma_{adm} &= 0.20 \sigma_{ut} - \text{trapeciniam sriegiui, kai apkrova kinta pulsuojančiu ciklu;} \\
 \sigma_{adm} &= 0.16 \sigma_{ut} - \text{atraminiam ir kvadratiniam sriegiams, kai apkrova kinta simetriniu ciklu;} \\
 \sigma_{adm} &= 0.25 \sigma_{ut} - \text{atraminiam ir kvadratiniam sriegiams, kai apkrova kinta pulsuojančiu ciklu;} \\
 \sigma_{adm} &= (0.25 \dots 0.35) \sigma_{yt} - \text{visiems sriegiams, esant statinei apkrovai;}
 \end{aligned}
 \tag{12.8}$$

čia σ_{ut} – sraigto medžiagos stiprumo riba tempiant, σ_{yt} – sraigto medžiagos takumo riba tempiant.

Veržlės gaminamos iš alavinės bronzos, pvz., Бр.О10Ф1, Бр.ОЦС6-6-3. Mažiau atsakingose konstrukcijose – iš antifrikcinio cinko lydinio, ЦАМ 10-5. Esant nedideliems greičiams ir apkrovoms veržlių gamybai naudojamas pilkasis ketus. Rečiau veržlės gaminamos iš konstrukcinių plienų. Veržlių medžiagų leistinųjų įtempimų reikšmės pateiktos 12.1 lentelėje.

Pora sraigto-veržlė turi turėti didelį atsparumą išsidėvimui ir ištrupėjimui, todėl ji skaičiuojama išsidėvimui pagal leistinąjį kontaktinį slėgį. Leistinasis kontaktinis slėgis p_{adm} priklausomai nuo poros medžiagų ir darbo sąlygų pateiktas 12.2 lentelėje.

Riedėjimo sraigto-veržlės pavara. Sraigtas ir veržlė gaminami iš legiruotų plienų, pvz., 18ХГТ, ХВГ ir t.t., kurių kietumas po terminio apdirbimo turi būti ne mažesnis kaip 60 HRC.

12.1 lentelė. Rekomenduotinos veržlės leistinųjų įtempimų reikšmės

Veržlės medžiaga		Leistinieji tempimo (gniuždymo) įtempimai σ_{adm} , MPa	Leistinieji glemžimo įtempimai $\sigma_{gl adm}$, MPa	Leistinieji kirpimo įtempimai $\tau_{k adm}$, MPa
Bronza		35 ... 45	35 ... 45	20 ... 25
Ketus		20 ... 25	35 ... 45	20 ... 30
Plienas, kai apkrova	kintama	$(0.2 \dots 0.26) \sigma_{yt}$	$0.9 \sigma_{yt}$	$(0.4 \dots 0.5) \sigma_{yt}$
	pastovi	$(0.3 \dots 0.4) \sigma_{yt}$	$0.75 \sigma_{yt}$	$0.6 \sigma_{yt}$

Pastaba: čia σ_{yt} medžiagos takumo riba tempiant.

12.2 lentelė. Leistinas lyginamasis slėgis sriegiuose p_{adm}

Sraigto ir veržlės medžiaga	p_{adm} , MPa		
	Ilgalaikis nepertraukiamas darbas	Darbas su pertraukomis	Epizodinis darbas
grūdintas plienas – bronzos	11 ... 12	13 ... 15	16 ... 20
negrūdintas plienas – bronzos	8 ... 9	10 ... 11	12 ... 16
negrūdintas plienas – ketus	4 ... 5	6 ... 8	9 ... 10
plienas – plienas	7 ... 9	10 ... 12	13 ... 17