7. Syntéza vačkových mechanizmov

Návrh profilov vačiek analytickými metódami je dôležitý, ak vačky pracujú vysokými rýchlosťami, prenášajú veľké zaťaženia a majú generovať presný priebeh zdvihu.

Profil vačky navrhujeme spravidla podľa vyžadovaného priebehu zdvihu, ktorý vyplýva z poslania vačkového mechanizmu.

7.1 KONŠTRUKCIA PROFILU VAČKY

Súvis medzi priebehom zdvihu a tvarom vačky znázorníme v príklade konštrukcie tvaru vačky grafickou metódou.

Príklad 7.1

Pre daný priebeh zdvihu podľa obr. 7.1a zostrojte graficky odpovedajúci tvar vačky pre mechanizmus s centrickým zdvihákom s kladkou.

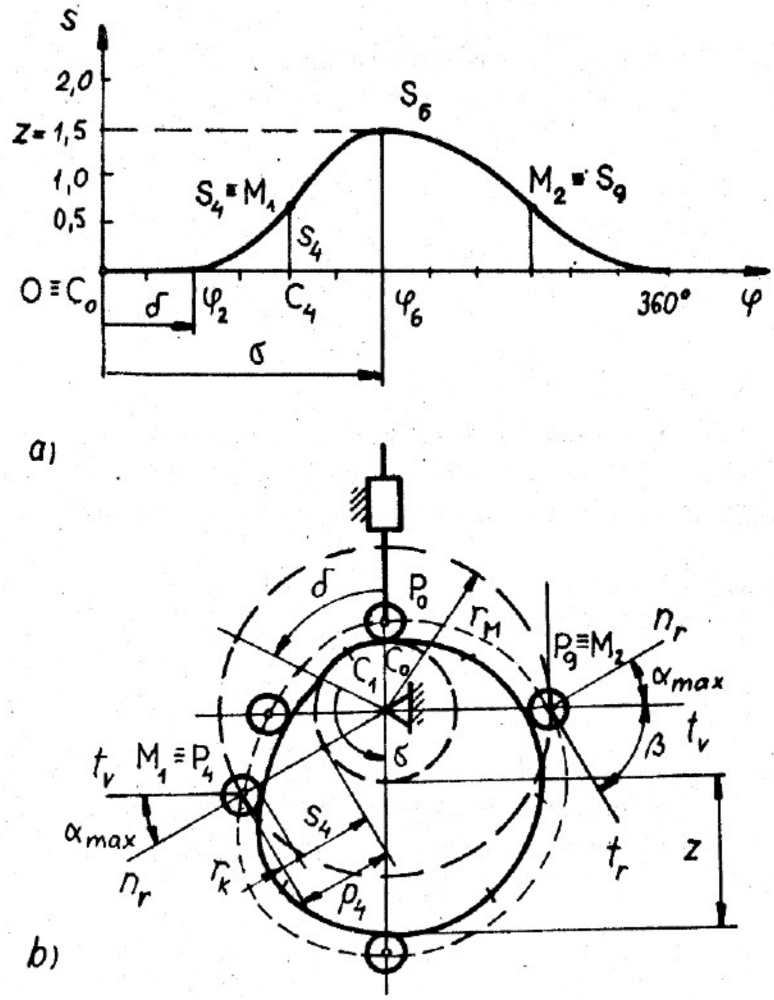
R i e š e n i e

Postup na obr. 7.1b

1. zvolíme vhodne polomer r_z základnej kružnice,
2. rozdelíme jej obvod na 12 častí,
3. v opačnej orientácii ako rotuje vačka vyznačíme body C_0, C_1, ...,
4. zvolíme vhodne polomer r_k kladky (má byť menší ako najmenší polomer krivosti profilu vačky),
5. pre príslušné uhly pootočenia zostrojujeme body P_i (stredy kladky) tak, že nanášame úsečky $p_i = \overline{C_i P_i}$, pričom

$$p_i = s_i + r_k$$

kde $s_i = \overline{C_i S_i}$ je premiestnenie zdviháka z priebehu zdvihu, ktorý je typu V (výdrž), S (stúpanie), K (klesanie).



Obr. 7.1
a) daný priebeh zdvihu, b) konštrukcia tvaru vačky

Na obr. 7.1b takto zostrojenej vačky používame tieto označenia:

φ uhol pootočenia vačky,
δ uhol pri výdrži (zdvihák na nepohybuje),
σ uhol pootočenia vačky na dosiahnutie zdvihu z,
r_z polomer základnej kružnice,
r_k polomer kladky,
p stred kladky,
r_o polomer kružnice odpovedajúcej nulovému zdvihu,
α uhol tlaku

$$\alpha = \sphericalangle(t_r, n_v) = \sphericalangle(t_v, n_r)$$

kde n_r je spoločná normála profilu vačky a kladky, $n_r \perp t_r$,
n_v - normála dráhy bodu S pri zdvihu, $n_v \perp t_v$,

uhol prenosu

$$\beta = \sphericalangle(n_r, n_v) = \sphericalangle(t_r, t_v)$$

M_1, M_2 sú body odpovedajúce maximálnemu uhlu tlaku α_{max},
r_M je polomer kružnice obsahujúcej body M_1, M_2.

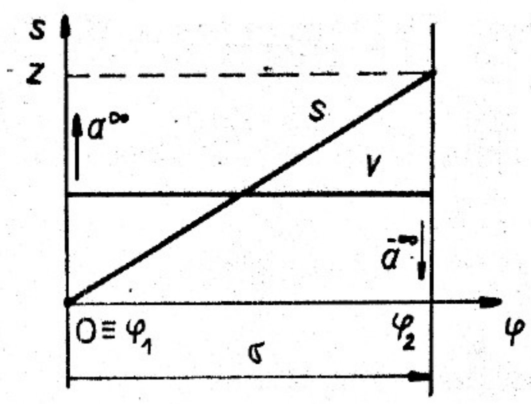
7.2 ZÁKLADNÉ PRIEBEHY ZDVIHU

Pri syntéze vačkových mechanizmov využívame rôzne priebehy zdvihu podľa špecifických podmienok. Keď bude vačka pracovať s nízkymi otáčkami, navrhujeme čo najjednoduchší tvar zdvihu, ktorý nie je náročný na výrobu.

1. Priebeh zdvihu s konštantnou rýchlosťou (obr. 7.2)

$$s = \frac{z}{\sigma}\,\varphi \qquad (7.1)$$

Prechod pohybu zdviháka z pokoja do stavu $v = \mathrm{const}$ sprevádza a^{∞}. Vznikajú pri ňom teoreticky nekonečne veľké sily, preto ho využívame len pre malé rýchlosti pohybu vačky.

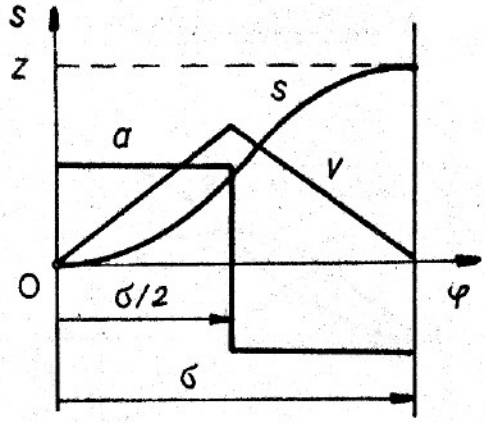


Obr. 7.2
Priebeh zdvihu s konštantnou rýchlosťou

2. Priebeh zdvihu s konštantným zrýchlením (obr. 7.3)

a) $\varphi \in \left\langle 0, \frac{\sigma}{2} \right\rangle$, $a > 0$

$$s = 2\,z\left(\frac{\varphi}{\sigma}\right)^2 \qquad (7.2)$$



Obr. 7.3
Priebeh zdvihu s konštantným zrýchlením

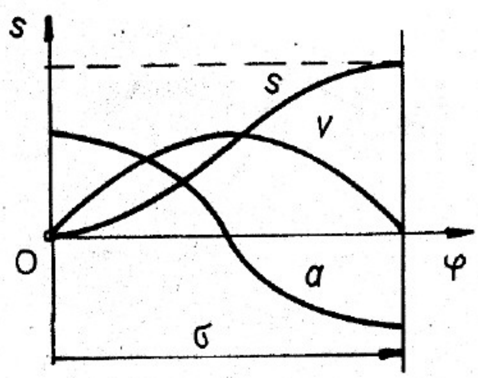
b) $\varphi \in \left(\frac{\sigma}{2}, \sigma\right\rangle$, $a < 0$

$$s = z\left[1 - 2\left(1 - \frac{\varphi}{\sigma}\right)^2\right] \tag{7.3}$$

Zrýchlenie je síce menšie ako pri iných priebehoch, ale pre $\varphi = \frac{\sigma}{2}$ má skokovú zmenu, a vyvolá nekonečne veľkú hodnotu $\dddot{s}$, teda priebeh je vhodný len pre stredné rýchlosti.

3. Harmonický priebeh zdvihu (obr. 7.4)

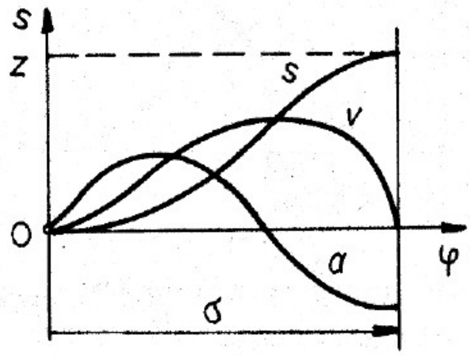
$$s = \frac{z}{2}\left(1 - \cos\frac{\pi\varphi}{\sigma}\right) \tag{7.4}$$



Obr. 7.4
Harmonický priebeh zdvihu

Skokové zmeny zrýchlenia vyvolávajú nekonečne veľké hodnoty $\dddot{s}$, preto sa tento priebeh hodí len pre stredné rýchlosti. Patrí k často používanému priebehu, lebo má jednoduchý matematický model.

4. Modifikovaný harmonický priebeh zdvihu (obr. 7.5)



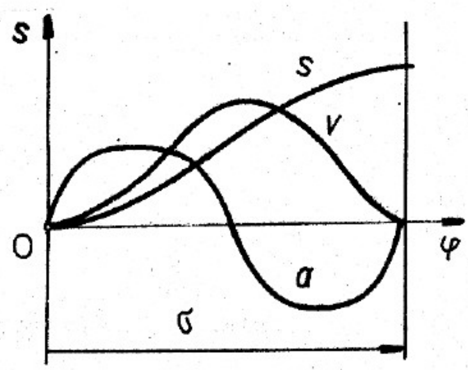
Obr. 7.5
Modifikovaný harmonický priebeh zdvihu

Uvažovaný priebeh vznikne rozdielom dvoch harmonických priebehov.

$$s = \frac{z}{2}\left[\left(1 - \cos\frac{\pi\varphi}{\sigma}\right) - \frac{1}{4}\left(1 - \cos\frac{\pi\varphi}{\sigma}\right)\right] \tag{7.5}$$

Výsledkom je eliminácia skokovej zmeny zrýchlenia na začiatku zdvihu, teda je vhodný pre priebeh zdvihu typu VSKV.

5. Cykloidálny priebeh zdvihu (obr. 7.6)

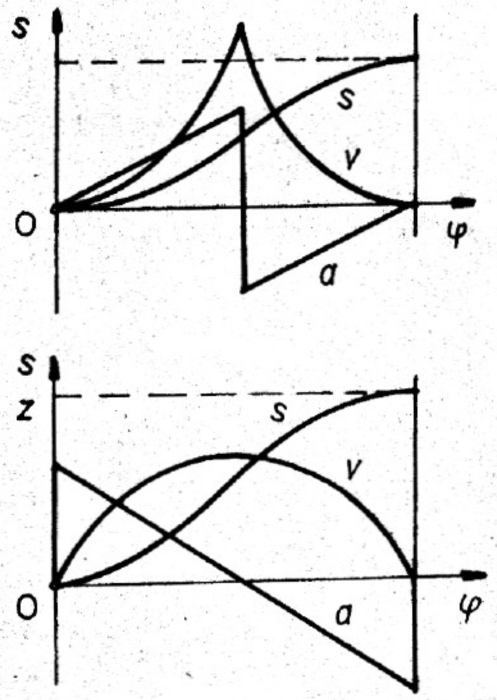


Obr. 7.6
Cykloidálny priebeh zdvihu

$$s = \frac{z}{\pi}\left(\frac{\pi\varphi}{\sigma} - \frac{1}{2}\sin\frac{2\pi\varphi}{\sigma}\right) \tag{7.6}$$

Vzhľadom na to, že v priebehoch rýchlosti a zrýchlenia niet skokov, za predpokladu realizácie presnej výroby je vhodný pre vysoké rýchlosti pohybu.

6. Kubický priebeh zdvihu (obr. 7ab)



a)

b)

Obr. 7.7
a), b) kubický priebeh zdvihu

1a) $$0 < \varphi \leq \frac{\sigma}{2}$$

$$s = 4\, z \left(\frac{\varphi}{\sigma}\right)^3 \tag{7.7}$$

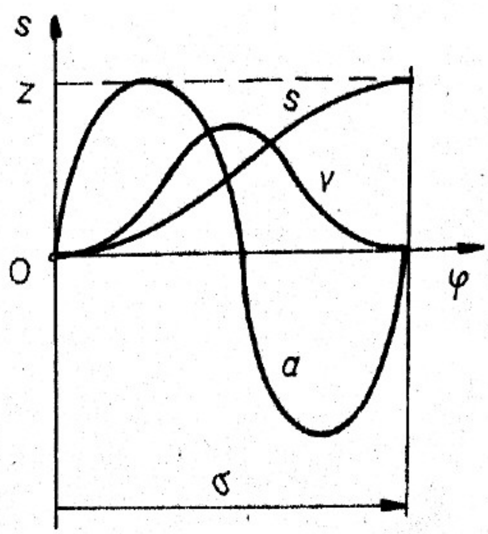
1b) $$\frac{\sigma}{2} < \varphi < \sigma$$

$$s = z \left[1 - 4 \left(1 - \frac{\varphi}{\sigma}\right)^3\right] \tag{7.8}$$

2. $$s = z \left(\frac{\varphi}{\sigma}\right)^2 \left(3 - \frac{2\varphi}{\sigma}\right) \tag{7.9}$$

Tento priebeh je určený na lineárny priebeh zrýchlenia, avšak z dôvodu existencie skokov je vhodný len pre veľkorozmerné vačky.

7. Polynomický priebeh zdvihu (obr. 7.8)



Obr. 7.8
Polynomický priebeh zdvihu

Vo všeobecnosti je

$$s = k_0 + k_1 \varphi + k_2 \varphi^2 + \ldots + k_n \varphi^n \qquad (7.10)$$

kde

$$k_i, \quad i = 0, 1, \ldots, n$$

sú konštanty, ktoré vyplývajú z okrajových podmienok pre pohyb zdviháka. Získaný priebeh má malé premiestnenia na začiatku a konci zdvihu, čo je náročné pre výrobu. Vačky s dodržanou presnosťou môžu pracovať vysokými rýchlosťami.

Príklad 7.2

Vypočítajte koeficienty k_i pre polynomický priebeh zdvihu typu VSV s okrajovými podmienkami

pre	$\varphi = 0$	$s = 0$	$\dot{s} = 0$	$\ddot{s} = 0$	(7.11ab)
pre	$\varphi = \sigma$	$s = z$	$\dot{s} = 0$	$\ddot{s} = 0$	

R i e š e n i e

Zo šiestich okrajových podmienok vyplýva 6 konštánt $k_0 \div k_5$, preto je polynomická krivka 5. stupňa

$$s = k_o + k_1 \varphi + k_2 \varphi^2 + k_3 \varphi^3 + k_4 \varphi^4 + k_5 \varphi^5 \qquad (7.12)$$

derivujme (12) podľa času

$$\ddot{s} = 2 \omega^2 k_2 + 6 k_3 \omega^2 \varphi + 12 k_4 \omega^2 \varphi^2 + 20 k_5 \omega^2 \varphi^3 \qquad (7.13)$$

Po dosadení okrajových podmienok získame 6 rovníc:

$$\begin{aligned}
0 &= k_o \\
z &= k_o + k_1 \sigma + k_2 \sigma^2 + k_3 \sigma^3 + k_4 \sigma^4 + k_5 \sigma^5 \\
0 &= \omega k_1 \\
0 &= \omega k_1 + 2 \omega k_2 \sigma + 3 \omega k_3 \sigma^2 + 4 \omega k_4 \sigma^3 + 5 \omega k_5 \sigma^4 \\
0 &= 2 \omega^2 k_2 \\
0 &= 2 \omega^2 k_2 + 6 \omega^3 k_3 \sigma + 12 \omega^2 k_4 \sigma^2 + 20 \omega^2 k_5 \sigma^3
\end{aligned} \qquad (7.14)$$

Riešením získame:

$$k_o = k_1 = k_2 = 0$$

$$k_3 = \frac{10\, z}{\sigma^3}, \quad k_4 = - \frac{15\, z}{\sigma^4}, \quad k_5 = \frac{6\, z}{15} \qquad (7.15abcd)$$

teda

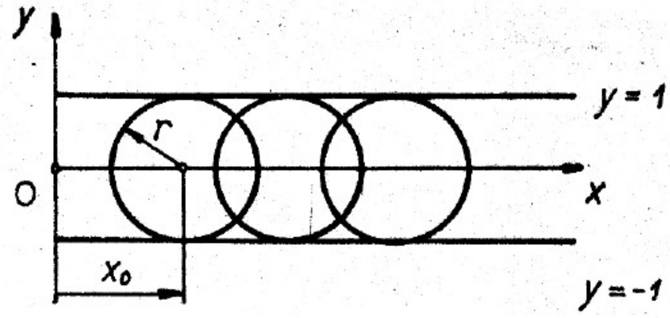
$$s = \frac{10\, z}{\sigma^3} \varphi^3 - \frac{15\, z}{\sigma^4} \varphi^4 + \frac{6\, z}{\sigma^5} \varphi^5 \qquad (7.16)$$

7.3 METÓDA OBÁLKY NA VÝPOČET SÚRADNÍC BODOV PROFILU VAČKY

Obálka danej množiny kriviek je tangenciálna krivka ku každej krivke z danej množiny kriviek.

Príklad 7.3

Nájdite rovnicu obálky množiny kružníc, ktorá vznikne priemestňovaním kružnice k (S,r) pozdĺž osi x (obr. 7.9).



Obr. 7.9
Obálky množiny kružníc

Rovnica kružnice S $(x_o, 0)$, $r = 1$

$$(x - x_o)^2 + y^2 = 1 \tag{7.17}$$

kde x_o je premenný parameter.

Všeobecný zápis predošlej rovnice bude

$$f(x,y,x_o) = 0 \tag{7.18}$$

Nájdime spoločnú tangentu kriviek z danej množiny

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{\dfrac{\partial f}{\partial x}}{\dfrac{\partial f}{\partial y}} \tag{7.19}$$

po úprave

$$\frac{\partial f}{\partial x}dx + \frac{\partial f}{\partial y}dy = 0 \tag{7.20}$$

tiež

$$\frac{\partial f}{\partial x}\frac{dx}{dx_o} + \frac{\partial f}{\partial y}\frac{dy}{dx_o} = 0 \tag{7.21}$$

Túto rovnicu spĺňajú všetky krivky z danej množiny aj ich tangenciálna krivka - obálka. Úplný diferenciál funkcie $f(x,y,x_o) = 0$ bude

$$df = \frac{\partial f}{\partial x}dx + \frac{\partial f}{\partial y}dy + \frac{\partial f}{\partial x_o}dx_o = 0 \tag{7.22}$$

tiež

$$\frac{\partial f}{\partial x}\frac{dx}{dx_o} + \frac{\partial f}{\partial y}\frac{dy}{dx_o} + \frac{\partial f}{\partial x_o} = 0 \tag{7.23}$$

Z rovníc (7.21), (7.23) vyplýva, že všeobecná rovnica obálky je

$$\frac{\partial f(x,y,x_o)}{\partial x_o} = 0 \qquad (7.24)$$

Explicitnú rovnicu obálky získame eliminovaním parametra x_o, alebo ak vyjadríme x, y pomocou x_o. V našom prípade podľa (7.17), (7.24) máme:

$$\frac{\partial f(x,y,x_o)}{\partial x_o} = 2\,(x-x_o)\left(-\frac{\partial x_o}{\partial x_o}\right) + \frac{\partial(y^2)}{\partial x_o} = 2\,(x-x_o)(-1) = 0$$

teda

$$x = x_o \qquad (7.25)$$

a po dosadení do 7.17) je $y = \pm 1$, teda máme dve obálky s rovnicami (obr.7.9)

$$y = 1, \quad y = -1 \qquad (7.26)$$

Príklad 7.4

Metódou obálky nájdite súradnice profilu vačky, ktorá poháňa ploché centrické vahadlo.

R i e š e n i e

Začiatočná poloha vahadla na základnej kružnici je daná uhlom φ_o (obr. 7.10)

$$\varphi_o = tg^{-1}\frac{r_z}{r_s} \qquad (7.27)$$

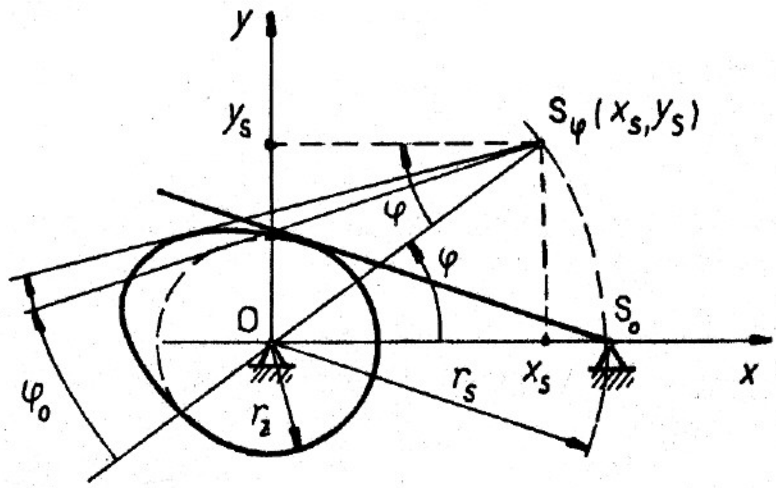
Uhol φ je uhol pootočenia vačky,
uhol φ_v je uhol pootočenia vahadla.

Profil vačky budeme generovať inverzným pohybom vahadla okolo nepohyblivej vačky, pričom ponecháme φ_o = const a meníme φ, φ_v, teda získame funkciu

$$f(x,y,\varphi) = 0 \qquad (7.28)$$

kde φ zahŕňa aj φ_v. Rovnica (7.28) reprezentuje množinu dotyčníc k vačke, pričom všeobecná rovnica priamky bude

$$y = kx + m \qquad (7.29)$$



Obr. 7.10
Vačka s vahadlom

kde k je smernica priamky a
m - úsek na osi y

$$k = tg\,[180 - (\varphi_v + \varphi_o - \varphi)] = -\,tg\,(\varphi_v + \varphi_o - \varphi) \tag{7.30}$$

$$x = r_s \cos\varphi, \quad y = r_s \sin\varphi \tag{7.31}$$

$$m = r_s\,[\sin\varphi + \cos\varphi\; tg\,(\varphi_v + \varphi_o - \varphi)] \tag{7.32}$$

teda dotyčnica prechádza bodom $s_\varphi(x, y)$

Po dosadení do rovnice (7.29) máme:

$$f(x,y,\varphi) = y + [tg\,(\varphi_v + \varphi_o - \varphi)]\,(x - r_s\cos\varphi) - r_s\sin\varphi = 0 \tag{7.33a}$$

$$\frac{\partial f}{\partial\varphi} = tg\,(\varphi_v + \varphi_o - \varphi)\; r_s \sin\varphi + (x - r_s\cos\varphi)\left[\sec^2(\varphi_v + \varphi_o - \varphi)\left(\frac{d\varphi_v}{d\varphi} - 1\right)\right] - r_s\cos\varphi = 0 \tag{7.33b}$$

Označme

$$\varphi_c = \varphi_v + \varphi_o - \varphi \tag{7.34}$$

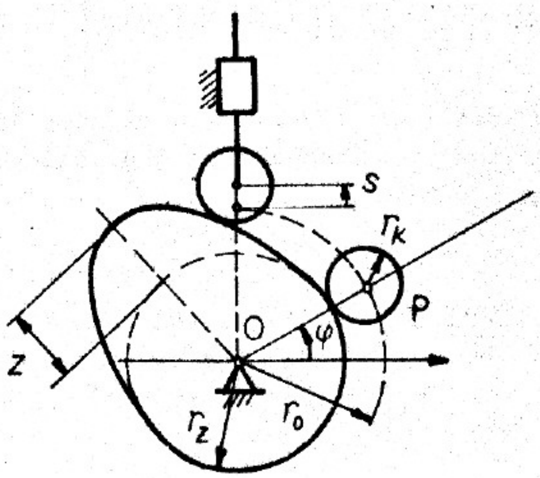
Riešením rovníc (7.33a), (7.33b) získame súradnice x, y bodov profilu vačky.

$$x = r_s \left[\cos\varphi + \frac{\cos(\varphi + \varphi_c)\cos\varphi_c}{\dfrac{d\varphi_v}{d\varphi} - 1} \right]$$

$$y = r_s \left[\sin\varphi + \frac{\cos(\varphi + \varphi_c)\sin\varphi_c}{\dfrac{d\varphi_v}{d\varphi} - 1} \right] \qquad (7.35ab)$$

Príklad 7.5

Metódou obálky nájdite súradnice profilu vačky, ktorá poháňa centricky zdvihák s kladkou.



Obr. 7.11
Vačka s excentrickým zdvihákom s kladkou

Podľa obr. 7.11

$$r_o = r_z + r_k \qquad (7.36)$$

kde r_z je polomer základnej kružnice,
r_k - polomer kladky.

Označme r_φ radiálnu súradnicu polohy bodu P

$$r_\varphi = r_o + s \qquad (7.37)$$

kde s je daný priebeh zdvihu. Rovnica obálky bude

$$(x - r_\varphi \cos\varphi)^2 + (y - r_\varphi \sin\varphi)^2 - r_k^2 = 0 \qquad (7.38)$$

Súradnice bodov profilu vačky získame analogicky ako v predošlom príklade

$$x = r_{\varphi} \cos\varphi \pm \frac{r_k}{\left\{1 + \left[\dfrac{r_{\varphi}\sin\varphi - \left(\dfrac{ds}{d\varphi}\right)\cos\varphi}{r_{\varphi}\cos\varphi + \left(\dfrac{ds}{d\varphi}\right)\sin\varphi}\right]^2\right\}^{\frac{1}{2}}} \qquad (7.39ab)$$

Znamienko + je pre vonkajšiu obálku kladky,
znamienko - je pre vnútornú obálku kladky.

7.4 MINIMÁLNY POLOMER KRIVOSTI PROFILU VAČKY

Vonkajší tvar vačky sa kvalitatívne zmení pri jej zmenšovaní, ak polomer kladky zostane ten istý, pričom sa zväčší uhol tlaku, čím sa zhoršuje účinnosť prenosu pohybu vačky na zdvihák.

V krajnom prípade kladka zdviháka nemôže sledovať tvar vačky, čo pri konvexných vačkách nazývame podrezaním profilu vačky. Aby sme zamedzili vzniku podrezania, polomer kladky musí byť menší, ako minimálny polomer krivosti dráhy stredu kladky.

$$r_k < \varrho_{min} \qquad (7.40)$$

Ak je daný vzťah

$$r = f(\varphi) \qquad (7.41)$$

kde r, φ sú polárne súradnice dráhy stredu kladky, potom označíme:

$$r' = \frac{dr}{d\varphi} = f'(\varphi) \qquad (7.42)$$

$$r'' = \frac{d^2r}{d\varphi^2} = f''(\varphi) \qquad (7.43)$$

Polomer ϱ krivosti dráhy stredu kladky vypočítame podľa vzťahu

$$\varrho = \frac{\left\{ f^2(\varphi) + [f'(\varphi)]^2 \right\}^{\frac{3}{2}}}{[f(\varphi)]^2 + 2\,[f'(\varphi)]^2 - f(\varphi)\, f''(\varphi)} \tag{7.44}$$

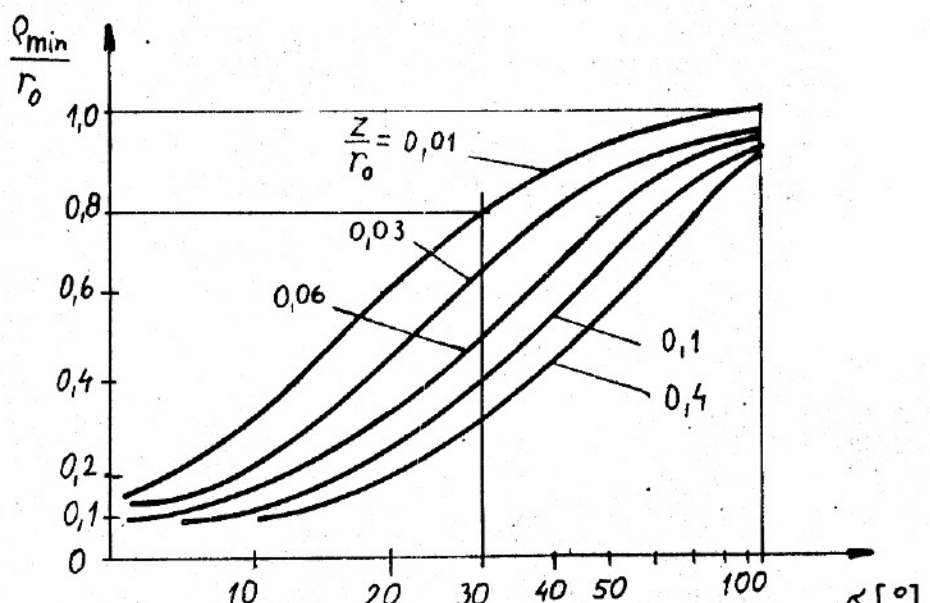
Rovnica (7.44) reprezentuje funkciu

$$\varrho = g(\varphi) \tag{7.45}$$

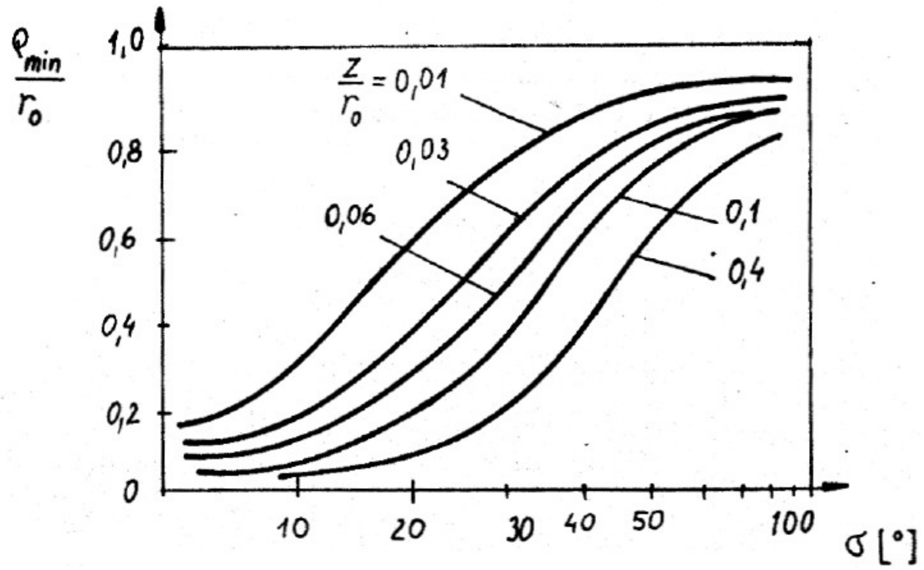
Minimálnu hodnotu ϱ_{min} môžeme získať tak, že buď

a) diferencujeme funkciu (7.45) a určíme jej minimum alebo
b) vypočítame hodnoty ϱ pre prírastky hodnoty uhla φ a minimum nájdeme graficky.

Pre cykloidálny priebeh zdvihu, zdvih z, polomer r_0 kružnice odpovedajúcej nulovému zdvihu, δ uhol pootočenia vačky počas zdvihu z máme k dispozícii nomogram (obr. 7.12) na určenie ϱ_{min} podľa veľkosti pomeru $\frac{z}{r_0}$.



Obr. 7.12
Nomogram na určenie ϱ_{min} podľa veľkosti pomeru z/r_0 pre cykloidálny priebeh zdvihu a uhol δ pootočenia vačky počas zdvihu



Obr. 7.13
Nomogram na určenie ϱ_{min} podľa veľkosti pomeru z/r_o pre harmonický priebeh zdvihu a uhol σ pootočenia vačky počas zdvihu

7.5 VPLYV VEĽKOSTI POLOMERU r_z ZÁKLADNEJ KRUŽNICE NA UHOL α TLAKU

Podľa obr. 3.23 z TM a vzťahu(3.18k) z TM

$$\bar{v}_{c13} \cdot \bar{n} = \bar{v}_{c12} \cdot \bar{n} = v_{cn} \tag{7.46}$$

$$v_{c12} = (r_o + s)\ \omega_{12} \tag{7.47}$$

$$v_{c13} = \frac{ds}{dt} \tag{7.48}$$

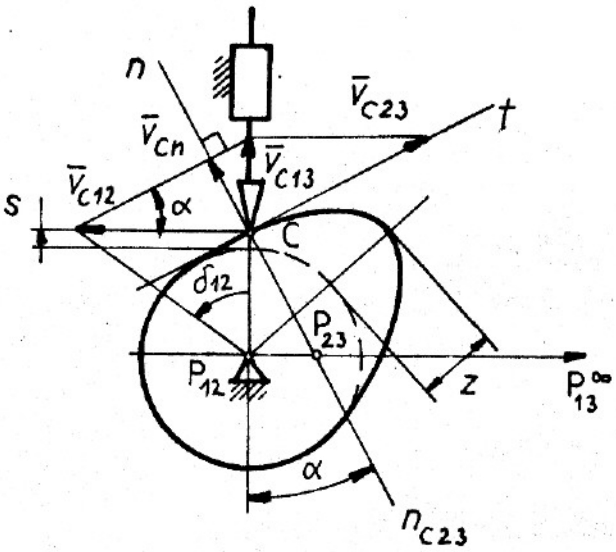
označme:

$$\omega_{12} = \omega = \frac{d\varphi}{dt} \tag{7.49}$$

V obr. 7.14 je α uhol tlaku, φ uhol pootočenia vačky

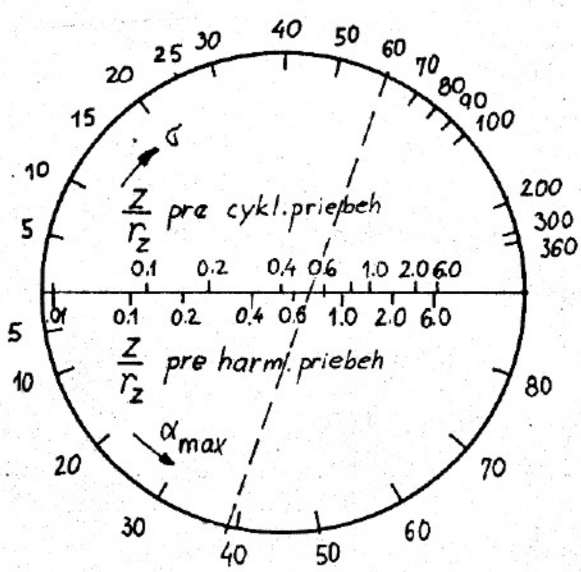
$$\mathrm{tg}\ \alpha = \frac{v_{c13}}{v_{c12}} = \frac{\frac{ds}{dt}}{(r_o + s)\,\omega} = \frac{\frac{ds}{d\varphi}}{r_z + s} \tag{7.50}$$

Z rovnice (7.50) vyplýva, že maximálny uhol α_{max} bude pre maximálnu rýchlosť zdviháka a minimálne posunutie s. Uhol α tlaku môžeme zmenšiť ak zväčšíme r_z, avšak tým nežiadúco zväčšíme zotrvačné vlastnosti vačky.



Obr. 7.14
Vačka s centrickým zdvihákom

Podľa rôznych veľkostí pomeru $\frac{z}{r_z}$ a uhol σ pootočenia vačky počas zdvihu z nájdeme α_{max} pre cykloidálny alebo harmonický priebeh zdvihu z nomogramu (obr. 7.15).



Obr. 7.15
Nomogram na určenie α_{max} pre cyklidálny alebo harmonický priebeh zdvihu podľa veľkosti pomeru z/r_o a uhol σ pootočenia vačky počas zdvihu^o

7.6 VPLYV EXCENTRICITY e ZDVIHÁHA NA UHOL α TLAKU

Z obr. 7.16 je

$$s_{\varphi} = s + (r_z^2 + e^2)^{\frac{1}{2}} \tag{7.51}$$

$$\mathrm{tg}\, \varphi_{max} = \frac{v_{z\,max} - e\omega}{s_{\varphi}\, \omega} \tag{7.52}$$

Maximálny uhol tlaku α_{max} bude nulový, ak

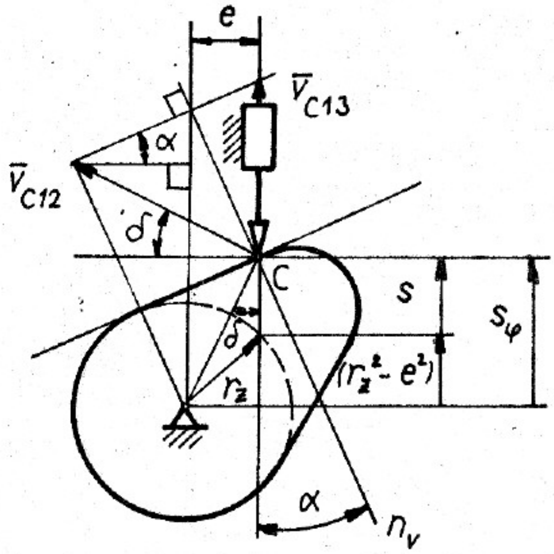
$$v_{z\,max} - e\,\omega = 0 \tag{7.53}$$

Označme e_H <u>hraničnú hodnotu excentricity e</u>

$$e_H = \frac{v_{z\,max}}{\omega} \tag{7.54}$$

Z predošlého vyplýva, že účinnosť silového pôsobenia vačky na zdvihák sa zvýši zväčšovaním excentricity e, avšak pre prax doporučujeme:

$$\frac{e}{e_H} \leq 0{,}5 \tag{7.55}$$



Obr. 7.16
Vačka s excentrickým zdvihákom

Príklad 7.6

Vačka s polomerom $r_z = 2.10^{-2}$ m, n = 100 ot/min, s uhlom $\sigma = 60^o$ pre zdvih $z = 1.10^{-2}$ m poháňa centrický zdvihák s kladkou, pričom zdvihák má cykloidálny priebeh zdvihu.

1. Vypočítajte maximálnu rýchlosť zdviháka $v_{z\ max}$ počas zdvihu.
2. Vypočítajte maximálny uhol tlaku α_{max}.
3. Vypočítajte excentricitu e takú, aby sa uhol tlaku znížil na hodnotu $\alpha = 25^o$.
4. Porovnajte vypočítanú hodnotu e s e_H.
5. Zvoľte polomer r_k kladky a vypočítajte ϱ_{min} ekvidištančného profilu vačky, na ktorom ležia stredy kladiek.

R i e š e n i e

1. Podľa rovnice (7.6) n.136

$$s = \frac{z}{\pi}\left(\frac{\pi\varphi}{\sigma} - \frac{1}{2}\sin\frac{2\pi\varphi}{\sigma}\right) \tag{7.56}$$

je maximálna rýchlosť pre $\varphi = \frac{\sigma}{2}$

$$v = \frac{z\,\omega}{\sigma}\left(1 - \cos\frac{2\pi\varphi}{\sigma}\right) \tag{7.57}$$

$$v_{z\ max} = v_{max} = \frac{2z\,\omega}{\sigma} = 2\ .\ 10^{-1}\ ms^{-1} \tag{7.58}$$

kde

$$\omega = \frac{100\ .\ 360}{60} \doteq 600^o\ s^{-1} = 10{,}47\ rad\ s^{-1} \tag{7.59}$$

2. Maximálny uhol tlaku α_{max} určíme z nomogramu na obr. 7.15 pre hodnoty

$$\frac{z}{r_z} = 0{,}5, \qquad \sigma = 60^o$$

teda

$$\alpha_{max} = 38^o \tag{7.60}$$

3. Excentricitu e potrebnú na zníženie uhla tlaku z hodnoty $\alpha_{max} = 38^o$ na $\alpha_{max} = 25^o$ vypočítame zo vzťahu (7.52)

$$\mathrm{tg}\,\alpha_{max} = \frac{v_{z\ max} - e\,\omega}{\left[s + (r^2 + e^2)^{1/2}\right]\omega} \tag{7.61}$$

do ktorého dosadíme zo vzťahu (7.59) pre $\varphi = \frac{\sigma}{2}$, $s = 0,5 \cdot 10^{-2}$ m, potom

$$e = 0,8 \cdot 10^{-2} \text{ m} \tag{7.62}$$

4. Hraničná hodnota e_H zo vzťahu (7.54) bude

$$e_H = \frac{v_{z\,max}}{\omega} = 1,9 \cdot 10^{-2} \text{ m} \tag{7.63}$$

teda

$$\frac{e}{e_H} = 0,42 < 0,5$$

čiže je splnená podmienka (7.37).

5. Nech je polomer kladky $r_k = 0,5 \cdot 10^{-2}$ m, potom podľa (7.36): $r_o = r_z + r_k$ pre

$$\frac{z}{r_o} = \frac{z}{r_z + r_k} = 0,4$$

Z nomogramu na obr. 7.12 bude

$$\frac{\varrho_{min}}{r_o} = 0,55; \qquad \varrho_{min} = 1,375 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Podmienka podľa (7.40)

$$r_k < \varrho_{min} \tag{7.64}$$

je splnená.

Príklad 7.7

Vačka poháňa centrický zdvihák s kladkou. Priebeh zdvihu je harmonický, pričom zdvih $z = 0,25 \cdot 10^{-2}$ m nastane pri pootočení vačky o uhol $\sigma = 30^{o}$. Polomer r_o kružnice odpovedajúcej nulovému zdvihu je $r_o = 2,5 \cdot 10^{-2}$ m. Nájdite minimálny polomer $r_{z\,min}$ základnej kružnice, aby nenastalo podrezanie vačky.

Riešenie

Podľa (7.36)

$$r_o = r_z + r_k \tag{7.65}$$

Aby nenastalo podrezanie, musí byť splnená podmienka (7.22):

$$r_k < \varrho_{min}$$

teda

$$r_{k\ max} = \varrho_{min} \tag{7.66}$$

Minimálny polomer krivosti ϱ_{min} určíme z nomogramu na obr. 7.13 pre pomer

$$\frac{z}{r_o} = 0{,}1$$

$$\frac{\varrho_{min}}{r_o} = 0{,}44, \quad r_{k\ max} = \varrho_{min} = 1{,}1\ .\ 10^{-2}\ \mathrm{m} \tag{7.67}$$

Minimálny polomer $r_{z\ min}$ určíme potom z rovnice

$$r_o = r_{z\ min} + r_{k\ max} \tag{7.68}$$

teda

$$r_{z\ min} = r_o - r_{k\ max} = 1{,}4\ .\ 10^{-2}\ \mathrm{m}$$