

Драгиша Вилотић
Мирослав Планчак

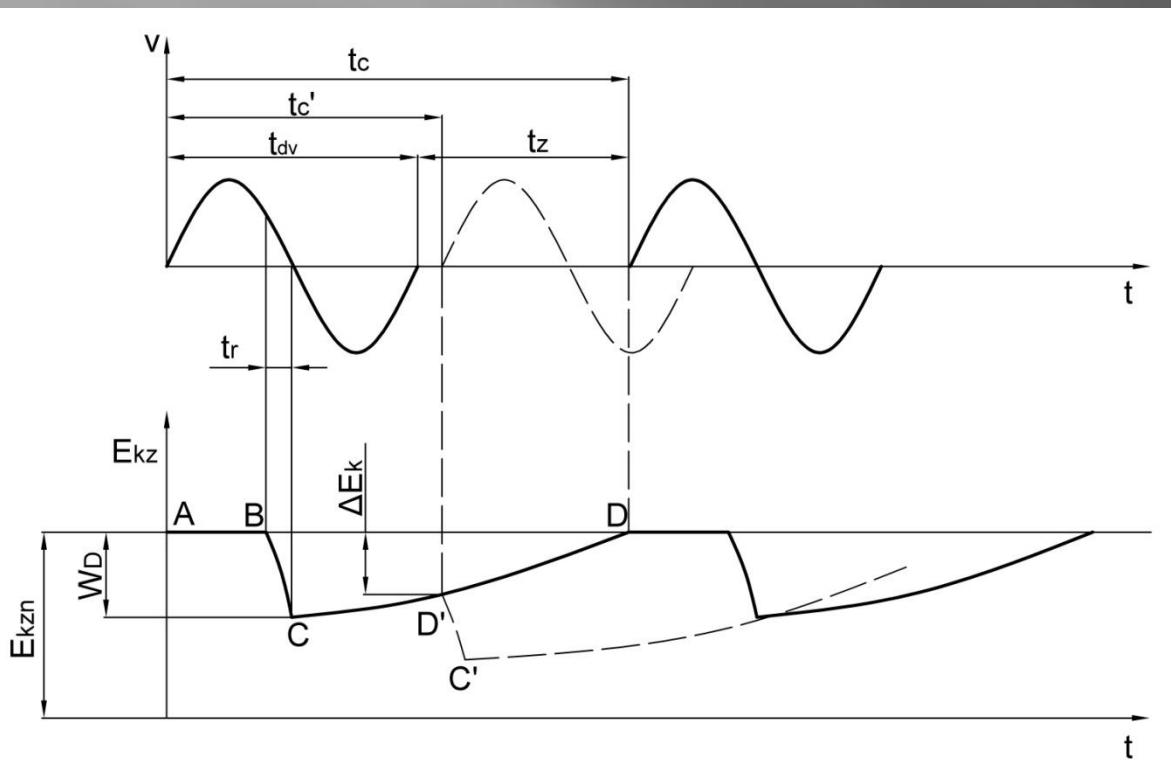


Машине за обраду деформисањем
КРИВАЈНЕ ПРЕСЕ
(CRANK PRESSES)

9 ENERGETIKA KRIVAJNIH PRESA

- ▣ Pri izvođenju operacije deformisanja na krivajnoj presi, utrošak energije je najveći u radnom delu ciklusa (t_r) koji je relativno kratak u odnosu na ukupno vreme ciklusa (u proseku 10% od t_c).
- ▣ Razlika vremena ciklusa (t_c) i vremena radnog hoda (t_r) predstavlja vreme praznog hoda (t_{ph}).

9 ENERGETIKA KRIVAJNIH PRESA



Nominalna energija zamajca

$$W_{zn} = E_{kzn} = \frac{1}{2} J_z \cdot \omega_{zn}^2$$

Vreme radnog ciklusa:

$$t_c = t_{dv} + t_z$$

$$t_{dv} = \frac{60}{n_n}$$

Stvaran broj hodova:

$$n_{st} = \frac{60}{t_c} \leq n_n$$

Slika 9.1 Promena energije zamajca pri radu prese [26]

9.1 Struktura energije krivajne prese

- ▣ Ukupna energija radnog ciklusa

$$W_c = W_k + W_g$$

- ▣ Korisna energija

$$W_k = W_{def.}$$

- ▣ Bilans energije radnog ciklusa

$$W_c = W_{rh} + W_{ph} + W_{sp}$$

Energija radnog hoda

- U radnom hodu se energija troši na izvođenje procesa deformisanja, gubitke usled trenja i elastično deformisanje elemenata prese:

$$W_{rh} = W_{rk} + W_{rtr} + W_{rel}$$

- Korisno utrošena energija u radnom hodu:

$$W_{rk} = W_{def.} = \int_0^{s_1} F \cdot ds$$

- Gubitak energije u radnom hodu koji se troši na savladavanje trenja:

$$W_{rtr} = \int_0^{\alpha_r} M_{tr} \cdot d\alpha = m_\mu \int_0^{\alpha_r} F \cdot d\alpha \approx M_t \cdot \alpha_r = m_\mu \cdot F_{max} \cdot \alpha_r$$

- Gubitak trenja usled elastične deformacije:

$$W_{rel} = \frac{1}{2} F_{max} \cdot \Delta l_{el}$$

Energija praznog hoda

- ▣ Energija praznog hoda se definiše izrazom:

$$W_{ph} = \sum_1^5 W_{phi}$$

- ▣ Energija praznog hoda može se približno proceniti na osnovu energije utrošene na plastično deformisanje :

$$W_{ph} = k \cdot W_{def.}$$

Gubici energije pri aktiviranju spojnice

- ▣ Gubici energije u spojnici nastaju zbog proklizavanja spojnice i ubrzavanja nepokretnih masa pogonskog sistema prese:

$$W_{sp} = W_{s1} + W_{s2}$$

- ▣ Ukupan gubitak energije u spojnici iznosi:

$$W_{sp} = (1,0 - 1,15) \cdot 0,011 \cdot J_{sp} \cdot n_{sp}^2$$

9.2 Proračun snage elektromotora i dimenzija zamajca

- Za pogon krivajnih presa koriste se asinhroni i jednosmerni elektromotori čija se snaga određuje na osnovu energetske potrebe radnog ciklusa:

$$P_M = k_n \cdot P_a + P_{ph}$$

- Snaga aktivnog hoda (P_a) izračunava se na osnovu:

$$P_a = \frac{W_{rh} + W_{sp} / \eta_{sp}}{t_c}$$

- Snaga praznog hoda:

$$P_{ph} = \frac{W_{ph}}{t_c}$$

- Ukupna snaga elektromotora

$$P_M = \frac{k_n (W_{rh} + W_{sp} / \eta_{sp})}{t_c} + \frac{W_{ph}}{t_c}$$

9.2 Proračun snage elektromotora i dimenzija zamajca

- ▣ Moment inercije zamajca, odnosno dimenzije zamajca, određuju se na osnovu bilansa energije u jednom radnom ciklusu.
- ▣ Energija se najviše troši u radnom delu hoda čije je vreme (t_r) relativno kratko, a elektromotor u tom periodu oslobađa skromnu količinu energije koja iznosi:

$$W_{Mr} = P_M \cdot t_r \ll W_{rh}$$

9.2 Proračun snage elektromotora i dimenzija zamajca

- ▣ Razliku između energije potrebne u radnom hodu prese (W_{rh}) i energije koju može da proizvede elektromotor mora da nadoknadi zamajac u količini:

$$W_z = W_{rh} - W_{Mrh}$$

- ▣ Ova energija dobija se na račun pada ugaone brzine zamajca:

$$W_z = J_z \cdot \frac{\omega_{zn}^2 - \omega_{zmin}^2}{2}$$

- ▣ Koeficijent neravnomernosti obrtanja zamajca:

$$\delta = \frac{\omega_{zn} - \omega_{zmin}}{\omega_{zsr}} = \frac{n_{zn} - n_{zmin}}{n_{zsr}}$$

- ▣ srednja ugaona brzina (ω_{sr}) i srednji broj obrtaja zamajca (n_{sr}) definisani izrazima:

$$\omega_{sr} = \frac{\omega_{zn} + \omega_{zmin}}{2}$$

$$n_{sr} = \frac{n_{zn} + n_{zmin}}{2}$$

9.2 Proračun snage elektromotora i dimenzija zamajca

- ▣ Energija zamajca:

$$W_z = J'_z \cdot \omega_{sr}^2 \cdot \delta$$

- ▣ Potreban moment inercije:

$$J'_z = \frac{W_z}{\omega_{zsr}^2 \cdot \delta} = \frac{22,8 \cdot W_z (\delta + 2)^2}{n_{zn}^2 \cdot \delta}$$

- ▣ Faktor δ zavisi od karakteristika elektro motora:

$$\delta = 2k_n \cdot \varepsilon_e \cdot (s_n + s_E)$$

9.2 Proračun snage elektromotora i dimenzija zamajca

- ▣ Moment inercije zamajca:

$$J_z = k_\varphi \cdot J'_z$$

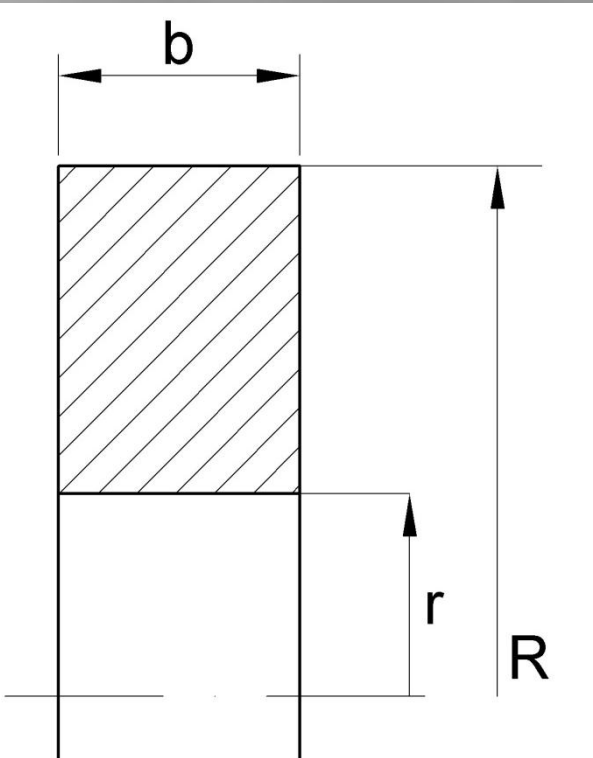
- ▣ Za uzastopni (neprekidni) režim rada:

$$k_\varphi = 1 - \frac{\alpha_r}{2\pi}$$

- ▣ Za pojedinačni režim rada:

$$k_\varphi = \sqrt{\left(1 - \frac{\alpha_r}{2\pi} p_i\right)^2 + (2 - 6p_i + 3p_i^2) \frac{W_{sp}}{\eta_{sp} \cdot W_{rh}} + \left(\frac{W_{sp}}{\eta_{sp} \cdot W_{rh}}\right)^2}$$

9.2 Proračun snage elektromotora i dimenzija zamajca



Na osnovu izračunatog momenta inercije određuju se osnovne dimenzije zamajca s obzirom na sledeći izraz:

$$J_z = \frac{1}{2} M (R^2 + r^2) \text{ [kgm}^2\text{]}$$

Zapremina zamajca jednaka je:

$$V_z = b \cdot (R^2 - r^2) \pi$$

Slika 9.2 Dimenzije zamajca

9.3 Koeficijent korisnog dejstva krivajnih presa

- ▣ U radu krivajne prese korisna energija je energija koja se troši na proces deformisanja u vrlo kratkom vremenskom periodu (t_r).
- ▣ Gubici energije postoje u radnom i praznom hodu krivajne prese.
- ▣ Koeficijent korisnog dejstva krivajnih presa

$$\eta = \frac{W_k}{W_c} = \frac{W_{def}}{W_{rh} + W_{ph} + W_{sp}}$$

- ▣ Koeficijent iskorišćenja energije radnog hoda:

$$\eta_{rh} = \frac{W_{def.}}{W_{rh}} = \frac{\int_0^{s_r} F \cdot dh}{\int_0^{\alpha_r} F \cdot m_k(\alpha) d\alpha}$$