

Stanovení správných rozměrů páru, sestávajícího z trapézového šroubu a trapézové matice, se provádí s přihlédnutím k těmto třem aspektům:

1. dimenzování na opotřebení
2. dimenzování na kritické namáhání na ohyb
3. dimenzování na kritické rychlosti

Aby pár trapézového šroubu a matice zajišťoval požadovanou funkčnost, musí být správně nadimenzován na všechny tři předešlé body.

Dimenzování na opotřebení

Pár trapézový šroub/trapéžová matice je systém, který se používá již dlouhou dobu v mnoha různých aplikacích k přeměně rotačního pohybu na pohyb lineární. Celková síla působící na šroub (P_t) je dána využitelnou silou (P_u), která působí na matici. Vztah $P_u/P_t = \eta$ definuje účinnost systému, která závisí hlavně na koeficientu tření mezi dosedacími plochami šroubu a matice, a na úhlu sklonu šroubovice závitů. Při výskytu kluzného tření tedy máme část síly, která se při každém pohybu přeměňuje na teplo. Právě díky zkoumání tohoto kluzného tření je možné stanovit parametry, které umožní správnou funkčnost spojení šroubu a matice. Sledovaným kritériem je omezení tlaku dosedací plochy na bok závitů tak, aby bylo zajištěno plynulé kluzné tření mezi dvěma plochami, a aby se předešlo tření, které by mohlo narušit materiál trapézové matice. Je omezen rovněž výsledek $p \cdot V_{st}$ (p = tlak dosedací plochy/povrchový tlak a V_{st} = rychlost klouzání na střední průměr závitů) tak, aby se omezila síla, která se přeměňuje na teplo. To umožňuje udržet teplotu dosedacích ploch na přijatelné úrovni. Toto omezení je důležité, neboť při použití bronzových matic je nutné nepoškodit mazivo, zatímco při použití matic ze samomazných plastových materiálů, do nichž se nepřidává žádný další olej či tuk, je třeba kontrolovat teplotu, protože při vyšších teplotách je přípustná hodnota $p \cdot V_{st}$ nižší.

Výpočet tlaku dosedací plochy "p"

Tlak dosedací plochy „p“ se vypočte pomocí tohoto vzorce:

$$(1) \quad p = \frac{F}{A_t} \quad \begin{array}{l} F = \text{Axiální síla [N]} \\ A_t = \text{Celková dosedací plocha mezi ozuby šroubu a ozuby matice na ploše kolmé k ose [mm}^2\text{]} \end{array}$$

$$(2) \quad A_t = \pi \cdot d_m \cdot Z \cdot H_1 \quad \begin{array}{l} d_m = \text{střední průměr závitů [mm]} \\ H_1 = \text{radiální rozměr dosedací plochy mezi} \\ \quad \text{šroubovým ozubem a maticovým ozubem [mm]} \\ Z = \text{počet do sebe zapadajících zubů} \end{array} \quad Z = \frac{h \text{ matice [mm]}}{\left(\frac{\text{ucinna roztec [mm]} }{\text{pocet chodu zavitu}} \right)}$$

Pro standardní matice jsme v tabulkách uvedli hodnotu A_t pro každý jednotlivý typ trapézové matice.

Výpočet rychlosti klouzání "Vst"

Rychlost klouzání lze vypočítat pomocí jednoho z těchto dvou vzorců:

máme-li již definováno, při jakém počtu otáček za minutu se má šroub otáčet:

$$(3) \quad V_{st} = \frac{n \cdot P}{1000 \cdot \sin \alpha} \quad \begin{array}{l} n = \text{počet otáček šroubu za minutu} \frac{[\text{otáčky}]}{\text{min.}} \\ P = \text{stoupání závitů [mm]} \\ \alpha = \text{úhel sklonu šroubovice závitů} \end{array}$$

máme-li již definováno, při jaké rychlosti posuvu se má matice posouvat:

$$(4) \quad V_{st} = \frac{V_{tr}}{\sin \alpha} \quad \begin{array}{l} V_{st} = \text{rychlost klouzání na střední průměr [m/min]} \\ V_{tr} = \text{rychlost posuvu [m/min]} \\ \alpha = \text{úhel sklonu šroubovice závitů} \end{array}$$

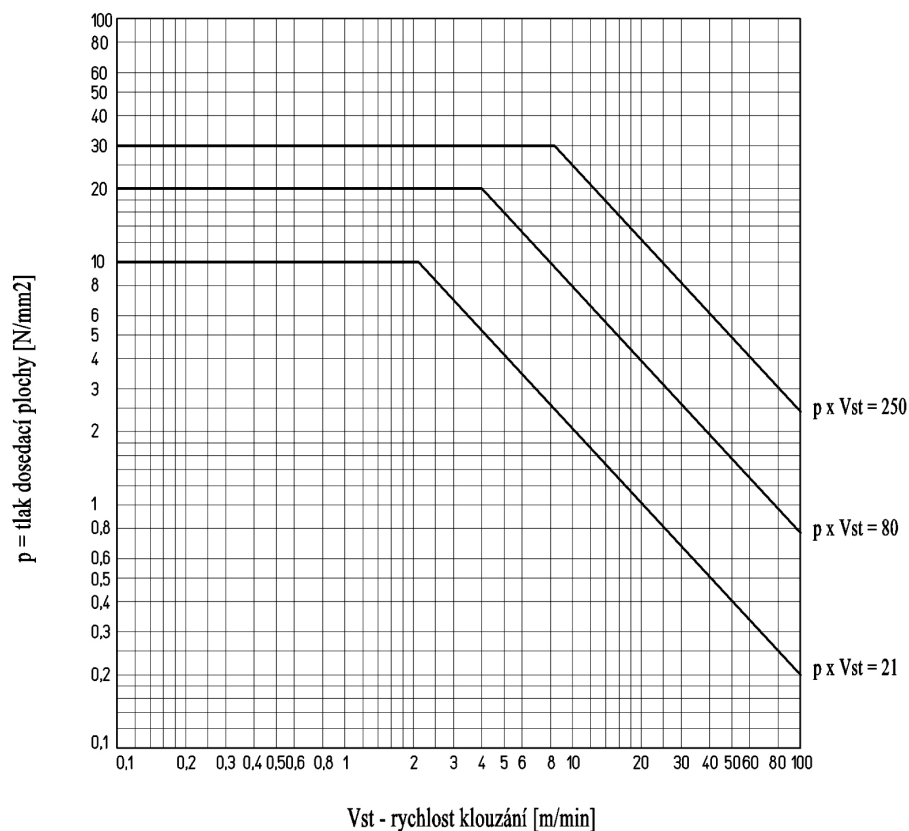
připomínáme, že počet otáček šroubu za minutu a rychlost posuvu jsou dány vztahem:

$$(5) \quad n = \frac{1000 \cdot V_{st}}{P} \quad \begin{array}{l} n = \text{počet otáček za minutu} \\ V_{tr} = \text{rychlost posuvu [m/min]} \\ P = \text{stoupání závitů [mm]} \end{array}$$

Pokud jde o bronzové matice, zkoumání výsledku $p \cdot V_{st}$ umožňuje sledovat graf č. 1, v němž jsou vyznačeny tři zóny, přičemž pro každou z nich jsou charakteristické určité provozní podmínky, které z hlediska kluznosti dosedacích ploch umožňují posouzení dříve získaných experimentálních výsledků. Ve všech případech je nutné kvalitní mazání, pokud možno olejem.

Při nedostatečném mazání nebo při chybějícím mazání se podmínky mohou silně lišit.

Graf č.1 – Kluzné podmínky pro bronz



Zóna A: zóna A je dána mezní hodnotou $p \cdot V_{st} = 21$ [N/mm² • m/min]

V této zóně jsou optimální provozní podmínky. Je možný "nepřetržitý provoz", neboť množství tepla, vyprodukovaného v rozsahu hodnot $p \cdot V_{st}$, je spíše mírné. Životnost matice je velmi dobrá.

Zóna B: zóna B je dána mezní hodnotou $p \cdot V_{st} = 80$ [N/mm² • m/min]

V této zóně jsou provozní podmínky ztíženější. Kluzné podmínky vyžadují stálé mazání, aby se eliminoval otěr bronzového povrchu a aby byla zajištěna dlouhá životnost matice. "Nepřetržitý" provoz je možný pouze po omezenou dobu, neboť množství vyprodukovaného tepla způsobuje značné zahřívání matice, které závisí také na množství použitého oleje; kromě mazacích účinků olej zvyšuje disipaci tepla. Životnost matice je za těchto podmínek omezena.

Zóna C: zóna C je dána mezní hodnotou $p \cdot V_{st} = 250$ [N/mm² • m/min]

V této zóně jsou provozní podmínky velmi ztížené. Při těchto hodnotách $p \cdot V_{st}$ je zcela nemožné pracovat v "nepřetržitém provozu". I při dobrém mazání dochází ke značnému zahřívání a matice se velmi rychle opotřebovává, protože tření dosedacích ploch způsobuje rychlé opotřebování matice.

Při všech třech výše popsaných provozních podmínkách je opotřebenění bronzové matice velmi silně ovlivněno mazacími podmínkami během provozu, a proto není možné ve fázi projektování stanovit přijatelné výchozí číselné hodnoty, týkající se životnosti matice. Velkou pozornost je třeba věnovat aplikačním podmínkám, kdy teplota provozního prostředí může být vyšší než 140/150 °C, neboť tyto teploty by mohly poškodit mazivo, a tím zhoršit provozní podmínky a snížit životnost matice. V těchto případech doporučujeme použít maziva, která odolávají vysokým teplotám.

Koeficient bezpečnosti pro setrvačné síly "f_i"

Při dimenzování je třeba kontrolovat také to, aby setrvačné síly, vznikající při zrychlování a zpomalování, byly pouze mírné, a aby hodnota $p \cdot V_{st}$ zůstala ve sledovaném rozmezí. Tam, kde je obtížné provést tento výpočet, při nerovnoměrném nebo silně proměnlivém pohybu, je třeba počítat s koeficienty bezpečnosti uvedenými v Tab. 1.

Tab. č. 1 : Bezpečnostní koeficienty pro setrvačné síly

Typ namáhání/zatížení	f _i
Konstantní namáhání s kontrolovaným lineárním zrychlením/zpomalením	od 1,00 do 0,50
Konstantní namáhání s trhanými rozjezdy/zastaveními	od 0,50 do 0,33
Velmi proměnlivá namáhání a variabilní rychlosti	od 0,33 do 0,25
Namáhání s nárazy a vibracemi	od 0,25 do 0,17

Koeficient "f_i" slouží ke korekci hodnoty výsledku " $(p \cdot V_{st})_{max}$ " získaného z grafu č. 1, s ohledem na maximální přípustnou rychlost klouzání při hodnotě tlaku dosedací plochy vztahující se ke zkoumanému případu; je třeba počítat s omezením podle jednotlivých pracovních/provozních "zón" (A, B nebo C).

Pro získání přípustné hodnoty $p \cdot V_{st}$, vztahující se ke zkoumanému případu, se použije vzorec (6)

$$(6) \quad p \cdot V_{st} \text{ am} = (p \cdot V_{st})_{max} \cdot f_i$$

Dimenzování bronzové matice na opotřebení; matice je určena k nepřetržitému provozu, při zachování maximální hodnoty $p \cdot V_{st} = 21$ (Zóna A), při dostatečném mazání.

Konstantní axiální zatížení nepodléhající významným změnám, se setrvačnými silami omezenými kontrolou lineárního zrychlení/zpomalení.

Axiální zatížení $F = 1200 \text{ N}$ ($1 \text{ Kg } f = 9,81 \text{ N}$)

Konstantní rychlost posuvu $V_{tr} = 2,8 \text{ m/min}$

Hodnocení výsledku $p \cdot V_{st}$ při použití matice FTN 30 AR (bronzová přírubová matice se závitem Tr 30×6 jednochodá, s pravým stoupáním)

Pomocí vzorce (1) se vypočte tlak dosedací plochy (viz str. 63)

$$p = \frac{F}{A_t} = \frac{1200 \text{ [N]}}{2120 \text{ [mm}^2\text{]}} = 0,57 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \begin{array}{l} F = \text{Axiální síla [N]} \\ A_t = \text{Celková dosedací plocha mezi ozuby šroubu a ozuby matice na ploše kolmé k ose [mm}^2\text{]} \end{array}$$

Rychlost klouzání se vypočte s pomocí vzorce (4) (viz str. 63)

$$V_{st} = \frac{V_{tr}}{\sin \alpha} = \frac{2,8 \frac{\text{[m]}}{\text{[min]}}}{\sin 4^\circ 03'} \quad V_{st} \cong 39,6 \frac{\text{[m]}}{\text{[min]}} \quad \begin{array}{l} V_{tr} = \text{rychlost posuvu} \frac{\text{[m]}}{\text{[min]}} \\ \alpha = \text{úhel sklonu šroubovice závitu} \end{array}$$

Hodnota výsledku $p \cdot V_{st}$:

$$p \cdot V_{st} = 0,57 \frac{\text{[N/mm}^2\text{]}}{\cdot} 39,6 \frac{\text{[m]}}{\text{[min]}} \cong 22,57 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

Maximální přípustná hodnota $p \cdot V_{st}$ pro zachování podmínek umožňujících nepřetržitý provoz, opravená s použitím koeficientu bezpečnosti f_i z tabulky č. 1, v tomto případě = 0,77, bude vypočtena s pomocí vzorce (6) (viz str. 65)

$$p \cdot V_{st} \text{ am} = (p \cdot V_{st})_{\text{max}} \cdot f_i = 21 \cdot 0,77 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{min}} \right] \quad p \cdot V_{st} \text{ am} = 16,15 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

Vzhledem k tomu, že maximální přípustná hodnota výsledku $p \cdot V_{st}$ je nižší než skutečná hodnota pro matici FTN 30 AR, provedeme kontrolu pro matici HDL 30 AR (přírubová bronzová matice o délce $3 \times Tr$ se závitem Tr 30×6 s pravým stoupáním).

pomocí vzorce (1) se vypočte tlak dosedací plochy (viz str. 63)

$$p = \frac{F}{A_t} = \frac{1200 \text{ [N]}}{3816 \text{ [mm}^2\text{]}} = 0,31 \frac{\text{[N]}}{\text{[mm}^2\text{]}} \quad \begin{array}{l} F = \text{Axiální síla [N]} \\ A_t = \text{Celková dosedací plocha mezi ozuby šroubu a ozuby matice na ploše kolmé k ose [mm}^2\text{]} \end{array}$$

Rychlost klouzání zůstává stejná jako u předešlého výpočtu

$$V_{st} = 39,6 \frac{\text{[m]}}{\text{[min]}}$$

hodnota $p \cdot V_{st}$ je nyní:

$$p \cdot V_{st} = 0,31 \frac{\text{[N]}}{\text{[mm}^2\text{]}} \cdot 39,6 \frac{\text{[m]}}{\text{[min]}} \cong 12,28 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

získaná hodnota je nyní nižší než hodnota přípustná, vybereme tedy HDL 30 AR.