

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci
Fakulta strojní

Obor 23-34-8

Stavba výrobních strojů a zařízení
Balicí a polygrafické stroje

Katedra částí strojů

Náhon předávacích válců vícebarvových archových
tiskových strojů

Ladislav Hanuš

Vedoucí diplomové práce: Ing. Ludvík Prášil
VŠST Liberec, KST

Konzultant : Ing. Štěpán Beneš
VŠST Liberec, KST

Počet stran : 54

Počet obrázků: 19

Počet tabulek: 5

Počet příloh : 3

DT 681.62

28. května 1976

Vysoká škola: VŠST Liberec,
Fakulta: strojí

Katedra: částí strojů
Školní rok: 1975/76

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro Ladislav M a n a s
obor 22-34-S Výrobní stroje a zařízení, bal. a polygraf. stroj.

Protože jste splnil požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic ministerstva školství o státních závěrečných zkouškách tento diplomový úkol:

Název tématu: Náhon předávacích válců vícebarvových tiskových strojů

Pokyny pro vypracování:

U vícebarvových tiskových strojů se používají různé řešení pro náhon předávacích a předšifacích válců, které mají zajistit v dynamických podmínkách co nejpřesnější předání aróhů mezi tiskovými jednotkami.

Proveďte:

1. Zhodnocení hlavních používaných systémů náhonu předávacích a předšifacích válců tiskových strojů.
2. Dozbor vlivů geometrických parametrů ozubených kol a jejich odchylek na přesnost předání.
3. Rozhodnutí náhonu předávacích a předšifacích válců dvojbarevného tiskového stroje AD 701 s cílem zvýšit přesnost předání.
4. Ideový návrh náhonu těchto válců pro dvojbarevný, resp. vícebarvový tiskový stroj.

Autorské právo se řídí směrnicemi MŠK pro státní závěrečné zkoušky z. j. 31 727/62-III/2 ze dne 13. července 1962 a směrnicemi MŠK XH, část 24 ze dne 21. 8. 1962 § 16 a směrnicemi z. j. 115/63 § 16.

Rozsah grafických laboratorních prací: 2 výkresy A1,
1 dělnický výkres

Rozsah průvodní zprávy: cca 10 stran

Seznam odborné literatury:

- Příslušná firmní a patentová literatura.
- Maschinentechnik č. 8/1973
- Příslušné diplomové práce

Vedoucí diplomové práce: Ing. Ludvík Prácheň

Konsultanti: Ing. Štěpán Dvořák

Datum zahájení diplomové práce: 1. 10. 1973

Datum odevzdání diplomové práce: 28. 5. 1974

L. S.



[Handwritten signature]
Doc. Ing. Oldřich Krejčíř, CSc.

Vedoucí katedry

[Handwritten signature]
Doc. Ing. Oldřich Krejčíř, CSc.

Děkan

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci
vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci dne 28. května 1976

Ladislav Hlaváč

Obsah

1. Úvod	...9
2. Vliv některých činitelů na kvalitu tisku při předání archů	..10
2.1. Soutisk	..10
2.2. Vliv čepačového systému na kvalitu tisku	..10
2.3. Vliv ozubených kol na kvalitu tisku	..11
2.3.1. Vnitřní dynamické síly	..12
2.3.2. Vnější dynamické síly	..14
2.3.3. Nestabilní oblasti	..14
3. Hodnocení patentů týkajících se zvýšení přesnosti předání archů papíru	..16
3.1. Předávací válec na archovém rotačním stroji pro knihtisk nebo ofset	..16
3.2. Zařízení pro dodržení soutisku pro tří a vícebarvové rotační tiskové stroje	..17
4. Hodnocení ozubených přítláčných kroužků	..19
4.1. Stanovení matematicko-fyzikálního modelu a předpoklady řešení	..19
4.2. Stanovení přenosových matic	..21
4.3. Stanovení frekvenční rovnice	..22
4.4. Výpočet nestabilních oblastí	..25
4.4.1. Stanovení vstupních dat	..25
4.4.2. Výpočet vlastních frekvencí soustavy s ozubenými přítláčnými kroužky	..25
4.4.3. Výpočet vlastních frekvencí předávacího systému bez ozubených přítláčných kroužků	..30

4.5. Rozbor dynamického zatížení předávacího systému	..33
4.6. Závěr	..34
5. Návrh opatření pro tiskový stroj AD 724	..38
5.1. Použití kol s excentrickým ozubením	..38
5.1.1. Kinematická úchylnka vlivem kol s excentrickým ozubením	..38
5.1.2. Ozubená kola s excentrickým ozubením v oblasti předávání mezi tiskovými jednotkami stroje AD 724	..41
5.1.3. Numerický výpočet kinematických a dynamických úchylek excentrického ozubení	..43
5.1.4. Zhodnocení ozubených kol s excentrickým ozubením	..45
5.2. Použití čelních ozubených kol s příčnými zuby pro náhon předávacích válců	..48
6. Závěr	..51

Použitá označení

- $a_{ij}^{(k)}$ - prvky přenosových matic
 $A^{(j)}$ - přenosové matice
 b - šířka ozubení [m]
 c_i - tuhost pružin [N/m]
 c_{oi} - střední tuhost ozubení [N/m]
 c_{ired} - torzní redukovaná tuhost [Nm/rad]
 E - modul pružnosti v tahu [N/m²]
 e_i - poddajnost pružin [m/N]
 e_{oi} - torzní poddajnost ozubení [rad/Nm]
 F_A - statická axiální síla v ozubení [N]
 F_{AD} - dynamická složka axiální síly [N]
 F_{AM} - střední statická axiální síla [N]
 F_c - celková síla v ozubení [N]
 F_d - dynamická síla v ozubení [N]
 F_i - amplituda sil působících v soustavě [N]
 F_s - statická síla v ozubení [N]
 I_i - hmotný moment setrvačnosti [kgm²]
 k - malé přirozené číslo
 k_v - dynamický součinitel
 k_I - rázový součinitel
 m_i - redukovaná hmotnost [kg]
 N - výkon stroje [arch/h]
 n_p, n_k - počet otáček pastorku, kola [1/min]
 p - řád nestabilní oblasti
 r_{zi} - poloměr základní kružnice [m]
 v_A - axiální vůle ložiska [m]

- x_A - axiální posunutí válce [m]
- x_i - amplituda výchylek redukovanych hmot [m]
- Δx_i - obecná úchylnka v ozubeném převodu [m]
- z_p, z_k - počet zubů pastorku, kola
- α - úhel záběru
- β - úhel sklonu zubů
- ϵ - součinitel trvání záběru
- ω - buďící frekvence [rad/s]
- Ω - vlastní frekvence [rad/s]
- ω_{ot} - otáčková frekvence [rad/s]
- ω_z - zubová frekvence [rad/s]
- v_i - vektor stavu

Použitá označení v kapitole 5.1.

- a_t - tečné zrychlení [m/s²]
- $e_{i,j}$ - zubová vůle kol s excentrickým ozubením [m]
- e_{0i} - zubová vůle kol s centrickým ozubením [m]
- \vec{e}_i - vektor excentricity i-tého kola
- i_{ij} - převodový poměr
- r_j - poloměr roztečné kružnice [m]
- r_{Vi} - poloměr valivé kružnice [m]
- r_{zi} - poloměr základní kružnice [m]
- e_i - modul vektoru excentricity
- α_0 - počáteční úhel záběru, resp. úhel záběru nástroje
- α_n - úhel záběru v normální rovině
- β_{i0} - počáteční poloha vektoru \vec{e}_i
- β_i - úhel určující okamžitou polohu vektoru \vec{e}_i

- φ_i - úhel pootočení i-tého kola [rad]
 $\Delta\varphi_i$ - chyba pootočení i-tého kola [rad]
 $\Delta\varepsilon$ - změna úhlového zrychlení [rad/s²]
 ω_i - úhlová rychlost i-tého kola [rad/s]
 $\Delta\omega$ - změna úhlové rychlosti [rad/s]
 $\Delta\theta_{2i}$ - úchylna pootočení kola [rad]
 $\Delta\theta_{i0}$ - počáteční úchylna pootočení [rad]

1. Úvod

V několika posledních letech značně vzrostl zájem o ne-
loformátové tiskové stroje. Jedním takovým strojem je dvou-
barvový ofsetový tiskový stroj AD 724, který vyrábějí Ade-
movské strojírny, n. p. Adamov.

Tiskový stroj se hodnotí z celé řady hledisek, zejména
z dosažené kvality tisku, tj. soutisku, vybarvení potiskova-
né plochy, výkonu, z hlediska provozní spolehlivosti a efek-
tivnosti.

K dosažení správného soutisku při vícebarvovém tisku
je třeba zajistit nejen jednoznačné vedení archů papíru tis-
kovou jednotkou, ale i přesné předání archů mezi tiskovými
jednotkami.

Jedním z činitelů, kteří mohou přímo ovlivnit kvalitu
tisku, jsou čelní ozubená kola se šikmými zuby, pomocí nichž
je zpravidla realizován přenos pohybu v tiskovém stroji.
Proto právě ozubeným kolům věnují výrobci značnou pozornost,
o čemž svědčí celá řada patentů týkajících se této problema-
tiky, ale výsledky rozborů nejsou z konkurenčních důvodů pu-
blikovány. Z tohoto důvodu každý výrobce při návrhu ozubené-
ho převodu vychází z obecných poznatků o ozubených kolech,
které doplňuje výsledky vlastního výzkumu a provozními sku-
šenostmi.

Úkolem předložené práce je rozbor a posouzení tiskového
stroje AD 724 s ohledem na přesnost předávání archů mezi tis-
kovými jednotkami, posouzení jiných patentů zabývajících se
tímto problémem a návrh opatření ke zvýšení přesnosti předá-
ní archů.

2. Vliv některých činitelů na kvalitu tisku při předání archů

2.1. Soutisk

Dobrým soutiskem se rozumí nátisk jednotlivých barev na sebe tak, že dochází ke správnému krytí tiskových elementů v ploše celého tisku. Příпустné odchylky skutečného soutisku od správného se nazývají soutiskové difference.

Překročí-li soutiskové difference dovolené hodnoty, projeví se to na vícebarvovém tisku:

- vznikem zkreslených barevných odstínů v důsledku nesprávné skladby jednotlivých základních barev
- strátou ostroty obrazu
- vznikem Moire.

Velikost soutiskové difference se mění od své minimální hodnoty, ideálně je nulová, až po maximální dovolenou hodnotu, která u offsetového tisku činí mezi dvěma barvami 0,03 až 0,05 mm. Toto je podmíněno působením různých částí a funkčních skupin tiskařského stroje, např. čepačového systému, pohonu ozubenými koly, různými vlastnostmi potiskovaného materiálu, chvění stroje a pod. Všechny tyto vlivy působí nahodile, jsou na sobě nezávislé a žádný z uvedených vlivů nepřevažuje se normálních okolností vlivy ostatní.

2.2. Vliv čepačového systému na kvalitu tisku

Přímý vliv na kvalitu soutisku má přesnost předání archů papíru mezi jednotlivými válci i tiskovými jednotkami. Předání je zprostředkováno čepačovým systémem, kdy arch papíru je držen čepači obou válců během dvou stupňů otáčení válců.

K nekvalitnímu tisku vinou chapačového systému může dojít z následujících příčin:

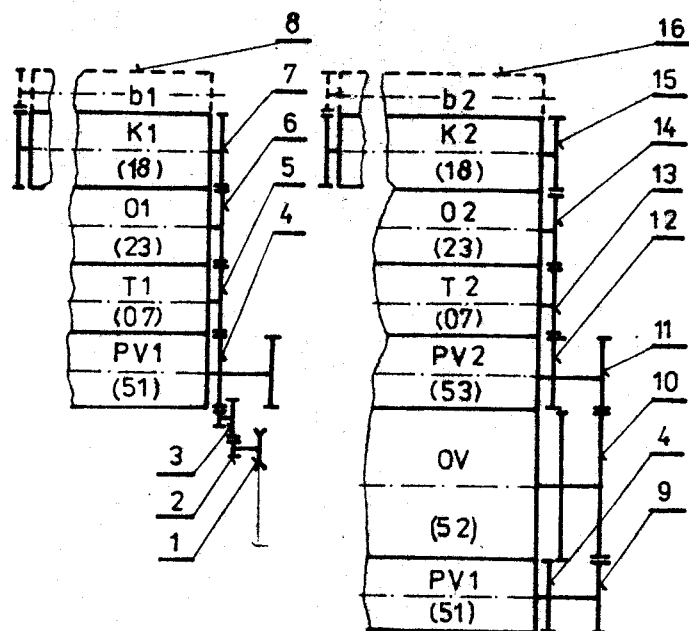
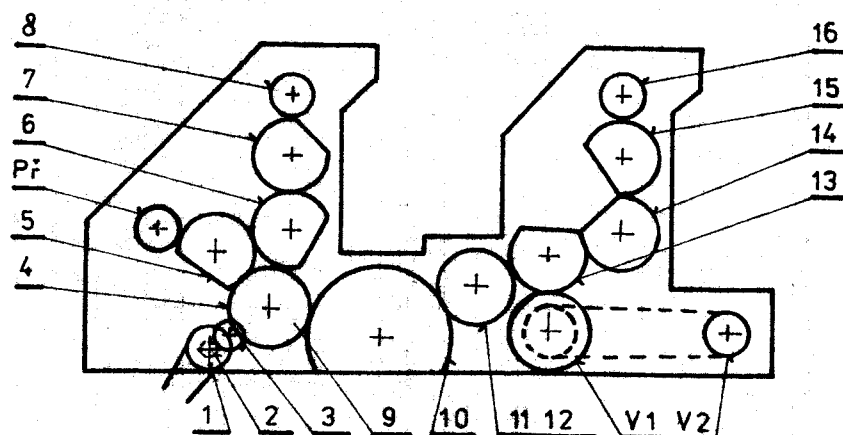
- posuv chapače po archu papíru v okamžiku uzavírání chapačů
- přítlačná síla v oblasti předávání archu mezi dvěma válci není konstantní a v dynamických podmínkách může klesnout až na nulu
- a v neposlední řadě deformací chapačového systému.

2.3. Vliv ozubených kol na kvalitu tisku

Přenos pohybu v tiskovém stroji AD 724 je proveden čelními ozubenými koly se šikavými zuby /obr. 1/.

V systému náhonu dochází působením vnějších budících zdrojů, tj. dynamických sil, vznikajících působením kinematické vazby vaček, záběhem kanálů válců a pod.; a vnitřních budících zdrojů, tj. dynamických sil, podmíněných existencí úchylek v ozubení, k torzním kmitům. Dynamické síly mohou dosáhnout takové velikosti, kdy v určitém rozsahu otáček může dojít k odlehnutí aktivních boků zubů. Tato nerovnoměrnost pohybu se projevuje nejintenzivněji v nestabilních oblastech, kde zubová nebo otáčková frekvence pohonu je v rezonanci s jeho vlastními kmity.

Přesnost průchodu archů strojem závisí mimo jiné /správná funkce chapačů/ na velikosti relativních amplitud torzních kmitů v okamžiku předání archu. Z tohoto důvodu se snažíme dosáhnout minimálních relativních amplitud v okamžiku předání archu.



Obr. 1 Schéma tiskového stroje ADAST DOMINANT 724.

2.3.1. Vnitřní dynamické síly

Vnitřní dynamické síly jsou vyvolány úchylkami ozubení, což je kinematický zdroj buzení, proměnnou tuhostí během záběru, eventuálně třecími silami mezi boky zubů /parametrický zdroj buzení/.

I u kinematicky přesného soukolí se vyskytnou vnitřní dy-

namické síly a kmitání způsobené časově proměnnou tuhostí zubů v záběru. U konkrétního ozubení úchytky ozubení a výstředné uložení kol /házení/ se projevují změnou polohy záběrového bodu na záběrové přímce proti teoretické poloze kinematicky přesného soukolí. Jsou tím vyvolána přídavná relativní natáčení kol. Tyto úchytky mohou být osamělé obecného průběhu nebo se mohou periodicky vzhledem k záběru zubů opakovat. Osamělé úchytky se mohou vyskytovat jen na některém profilu či boku zuba. Periodické úchytky se vyskytují u každého ozubeného převodu. Jsou závislé na stupni přesnosti výroby a rozměrech kol.

Při sledování vnitřně vybuseného dynamického zatížení mají vliv periodické úchytky se zubovou frekvencí

$$\omega_z = \frac{\pi n_p}{30} s_p = \frac{\pi n_k}{30} s_k \quad [\text{rad/s}]$$

nebo s otáčkovou frekvencí

$$\omega_{bt} = \frac{\pi n_{p,k}}{30} \quad [\text{rad/s}],$$

což je méně časté, neboť otáčková frekvence leží obvykle hluboko pod nejnižší vlastní frekvencí torzně izolovaného soukolí /1/.

Úchytky ozubení se projevují nejen svou velikostí, ale i poměrem ke statické deformaci zubů v záběru. S rostoucí velikostí úchylek dynamické síly rostou, ale také klesají, např. při korekci profilu.

Vliv jednotlivých úchylek na velikost vnitřních dynamických sil:

- úchytky evolventy mají vliv svou opakovatelností v rosteči zubů již při malých otáčkách
- úchytky obvodové rosteče mají vliv zvláště při vyšších otáčkách

- úchylky základních kružnic /úhlu záběru/ mají stejný vliv jako změny tuhosti zubů v záběru
- obvodové házení se při menších otáčkách příliš neprojevuje
- u šikmých kol je změna tuhosti malá, má tedy i malý vliv.

2.3.2. Vnější dynamické síly

Vnější zdroje buzení nerovnoměrným zatížením závisí značně na pracovních podmínkách tiskového stroje.

Nerovnoměrné zatížení je způsobeno rozběhem a zastavením různých mechanismů tiskového stroje /předchytače, chapače/. Podstatný vliv může mít i náběh a výběh kanálů v tiskové jednotce.

2.3.3. Nestabilní oblasti

Význam nestabilních oblastí spočívá v určení rozsahu subových nebo otáčkových frekvencí, kde může dojít k značnému dynamickému zatížení v důsledku vlastních kmitů.

Oblasti nestability existují v okolí diskretních hodnot subových nebo otáčkových frekvencí $\omega \sim 2\Omega/p$, kde p je malé přirozené číslo udávající řád nestabilní oblasti a ω je kruhová vlastní frekvence ozubeného převodu $/1/$.

U reálných ozubených převodů se nejintenzivněji projevují kmity v okolí hlavní rezonance $\omega \sim \Omega$ a také kmity v oblasti v okolí tzv. hlavní parametrické rezonance $\omega = 2\Omega$ /nestabilní oblast 1. řádu/. U málo tlumených převodů může ještě přistoupit i oblast $\omega \sim (2/3)\Omega$ /nestabilní oblast 3. řádu/.

Dynamické poměry ozubeného převodu se podstatně odlišují v okolí záběrových frekvencí $\omega \sim 2\Omega/p$ a lichým a se sudým p . Dynamické zatížení při ustáleném režimu stabilních reálných soustav je intenzivní zejména v okolí frekvencí $\omega \sim 2\Omega/p$, kde p je sudé číslo, tj. pro $\omega \sim \Omega/k$, kde k je podle /4/ třeba rozlišovat takto:

$k \approx 10$ - vnitřní dynamické síly jsou většinou zanedbatelné

$k < 10$ - vnitřní dynamické síly jsou podstatné a je potřeba s nimi počítat

$0,7 < k < 1,3$ - rozsah hlavní rezonance, této oblasti je třeba se nutně vyvarovat.

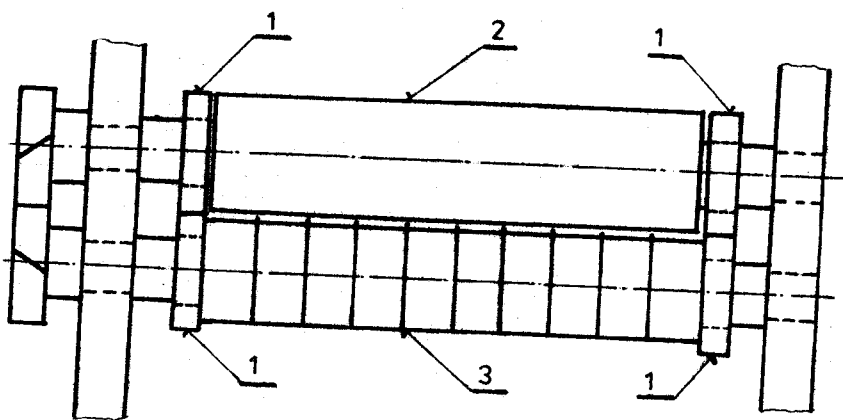
3. Hodnocení patentů týkajících se zvýšení přesnosti předání archů papíru

Oblast předání archů papíru mezi tiskovými jednotkami je jedním z míst, která ovlivňují kvalitu tisku.

Amplitudy relativních torzních kmitů sousedních válců předávacího systému jsou v prvním přiblížení určeny velikostí boční vůle. Avšak požadovaná přesnost předání archů pro dosažení kvalitního tisku je řádově menší než používané boční vůle v ozubení. Proto se v konstrukci tiskových strojů používá různých řešení, která mají zajistit trvalý záběr aktivních boků zubů bez odlehnutí.

3.1. Předávací válec na archevém rotačním stroji pro knihtisk nebo ofset

Patent firmy Heidelberg /5/ řeší zabránění odlehnutí aktivní boků zubů pomocí třecích oběhových kroužků /obr. 2/



Obr. 2

Třecí oběhové kroužky /poz.1/ jsou vyrobeny s nepatrným rozdílem vnějších průměrů, řádově několik setin mm. Vzhledem k hnacímu válci /poz.2/, jehož oběhové kroužky mají nepř. toleranci ± 0 , má každý následující kroužek hnacího válce /poz.3/ vnější průměr o 0,02 mm větší. Prokluz mezi kroužky za jednu otáčku činí 0,0628 mm. V důsledku se toto projeví přídatnou třecí silou /závislou na velikosti přepětí/, která zajistí trvalý aktivní záběr zubů bez odlehnutí.

Výhodou tohoto řešení je skutečnost, že nevznáší do systému další dynamické síly /srov. s kap.4/, a navíc je třecí převod dobrým tlumičem rázů.

Nevýhodou je pak náročnost montáže oběhových kroužků, resp. dodržení osové vzdálenosti.

3.2. Zařízení pro dodržení soustisku pro tří a vícebarvé rotační tiskové stroje

Zařízení k dosažení soustisku pracuje podle následujícího principu /6/: Předávací válec 11 je poháněn ozubeným věncem válce 12. Válec 10 poháněný šnekovým převodem 5 a válec 11 poháněný šnekovým převodem 5' spolu zabírají přes ozubené segmenty 23 a 24 jen při předávání archů. Pokud vznikne mezi válcem 11 a válcem 10 obvodová diference, způsobí při společném záběru segmentů 23 a 24 posunutí kola 14 proti odpruženému segmentu 16 a tím i přenášečícího válce s chapači. Tímto způsobem je dosaženo soustisku při předávání mezi válcem 10 a 11. Ozubené kolo 14 se vrací zpět pomocí pružiny 18 /obr. 3/.