

Vysoká škola: strojní a textilní

Katedra: přádelnictví a zušlechťování

Fakulta: textilní

Školní rok: 1960/61

DIPLOMNÍ ÚKOL

pro s. Ján a M a r k o

obor textilní technologie, stroje a zařízení

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

Název tematu: Bezvětňenové předení

Pokyny pro vypracování:

Konstrukčně vyřešte uložení spřádacího košíku pro rozsah otáček 10 - 15.000 ot/min. Uložení řešte pro průměr 20 mm. Počítejte s velkou dynamickou nevyvážeností spřádacího košíku. Ekonomicky únosná spotřeba maximálně 80 W.

Další požadavky :

- 1.) Minimální hlučnost,
- 2.) Minimální údržba,
- 3.) snadná možnost kontroly mezání.

B/1960

S

Rozsah grafických laboratorních prací:

Rozsah průvodní zprávy: dle zadání

Seznam odborné literatury: Patentová a literární rešerše pro řešení příslušného
výzkumného úkolu ve VÚTT, Liberec.

Vedoucí diplomní práce: Prof. Ing. Jaroslav Simon

Konsultanti: Ing. Jan Jura

Datum zahájení diplomní práce: 26. září 1960

Datum odevzdání diplomní práce: 5. listopadu 1960

L. S.

Simon

Vedoucí katedry

Simon

Děkan

v Liberci, dne 26. září 1960.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
LIBEREC

DIPLOMOVÁ PRÁCE

1960

JÁN MARKO

V úvodu své diplomové práce chci vyjádřit poděkování všem pracovníkům VÚTT v Liberci za nezištnou ochotu pomoci mi cennou radou a zkušenosti při řešení tohoto diplomního úkolu, zejména s. M. Pávkovi, s. E. Vokurkovi a s. inž. K. Valáškoví. Chci zároveň vyslovit poděkování vedení ústavu, že mi umožnilo prováděti diplomní praxi, jakož i vlastní vypracování diplomové práce v uvedeném ústavu za výborných pracovních podmínek. Zároveň děkuji všem pracovníkům, že mně vytvořili takové pracovní prostředí, ve kterém pracovat bylo potěšením.

Čestné prohlášení.

Prohlašuji tímto, že jsem na uvedeném diplomovém
úkolu pracoval samostatně.

Obsah

odst.		str.
I.	Úvod	5 - 9
II.	Valivé uložení s unášivým lož.	10
II.-1.	Princip unáš.ložisek	11 - 13
II.-2.	Teorie valivých ložisek	14 - 25
III.	Konstrukční návrh val. uložení	26
III.-1.	1. alternativa val. uložení	27
III.-2.	2. " " "	28 - 31
III.-3.	3. " " "	32 - 33
III.-4.	4. " " "	34 - 36
III.-5.	5. " " "	37 - 40
IV.	Měření příkonu	41
IV.-1.	Postup měření	42
IV.-2.	Zpracování naměř. hodnot	43 - 52
IV.-3.	Výpočet teoretické křivky příkonu	53 - 55
V.	Závěr kap. o konstrukci ulož. s unaš. ložisky	55
VI.	Kluzné uložení s tlak. mazáním	56
VI.-1.	Princip kluz.ulož.	57 - 59
VI.-2.	Výpočet tl. oleje v rotující řem.	60 - 64
VI.-3.	Měření příkonu kluz.ulož.	65
VI.-3.-1.	Zprac.naměř. hodnot	65 - 67
VI.-3.-2.	Výpočet teor. křivky příkonu	68 - 70
VII.	Závěr kap. o kluz. uložení	71 - 72
VIII.	Porovnání konstr. uložení	73 - 76
IX.	Závěr	77

Výkresová část obsahuje :

valivé uložení:

5 sestavních výkresů	A 3 formát
11 detail. výkresů	A 4 "
2 diagramy	A 3 "

kluzné uložení:

1 sest. výkres	A 3 formát
10 detail. výkresů	A 4 "
2 diagramy	A 4 "

Literárně-patentová rešerše.

1. Gersdorfer O.: Werkstoffe, Fertigung und Betrieb von Gleitlagern. 1960, 11. IX, VDI-Zeitschrift 102, č. 26, s. 1221-1227.
2. Betriebssichere Gleitlager. 1960, 11. IX, VDI-Zeitschrift 102, č. 26, s. 1227-1228.
3. Miroljubov I.V. a Šašin V.M.: Rasčet poddërživajuščej sily podšipnika skolženija s vozdušnojo smazkoj pri otsutstviji vraščenija. 1960, 25. VIII, Ref. žurnal Mašinostrojenije č. 16, s. 34.
4. Šejnberg S.A. a Charitonov A.M.: Dvuchopornaja sistema podšipnikov skolženija s gazovym podduvom. Autor-ské osvëdčeni SSSR č. 118459 z 5.3.1959. 1960, 25. VIII, Ref. žurnal Mašinostrojenije č. 16, s. 34.
5. Steller Arpad: Podšipniki skolženija i kačenija. Převzato z VDI-Zeitschrift, 1959, 101, č. 6, s. 259-261. 1960, 10. IX, Ref. žurnal Mašinostrojenije č. 17, s. 33.
6. Milowiz K.: Berechnung und Konstruktion von Radialgleitlagern. Sonderheft "Technische Rundschau", Bern č. 3.
7. Heidebroek E.: Das Verhalten von zähen Flüssigkeiten insbesondere Schmierflüssigkeiten in engen Spalten. 1952, Akademie-Verlag Berlin.
8. Motzka J. a Fröhlich J.: Valivá ložiska v praxi. 1956, Praha, Práce - Vydavatělstvo ROH.
9. Valivá ložiska - západoněmecké patenty třída 76c, 25
DP 902.950 DP 959.533
DP 904.151 DP 1,018.760
DP 905.832 DP 1,023.995
DP 905.947 DP 1,028.025
DP 938.833 DP 1,057.510
DP 938.834
10. Kluzná ložiska - západoněmecké patenty třída 76c, 25
DP 906.061 DP 1,054.887
DP 918.738 DP 1,066.932
DP 1,044.688

---I. Ú v o d.---

Všechna spřádací zařízení a to od nejstaršího ručního vřetene až po nejvýkonnější vřeteno spřádací odstředivky pracují tak, že vřeteno zkrucující přízi nese zároveň napřádanou cívku. Výjimku tvoří málo výkonné stroje hrncové, kde se otáčí s přástovou cívku a vřeteno přízi pouze navíjí na cívku.

Stávající spřádací systémy mají velkou nevýhodu v tom, že jejich rychlost je omezená. U nejvýkonnějšího spřádacího stroje prstencového je to hlavně omezená rychlost běžce, u jiných systémů ku příkladu nevyřešené uložení rychle rotujících vřeten a pod. Ve všech případech je však nutné provádět výměnu plných cívek za klidu stroje.

Z těchto důvodů je klasická spřádací technika již na hranicích svých možností. Je proto snahou textilních techniků nalézt nové spřádací principy, které by tyto problémy vyloučily. V tomto směru je známa řada patentů, z nichž však jedině systém Meimberg dospěl do stadia stavby funkčního modelu. Zařízení pracuje na principu rotující hlavy s planetově uloženými ojehlenými válečky, které vyčesávají z přiváděného pramene vlákno. Tato se ukládají v ojehleném povlaku válečků, kde se stupňovitě překládají. Současně s rotací hlavy se protáčejí i válečky. V povlaku uvolněná vlákna se potom sbírají a zhušťují v ose hlavy, při čemž její rotací dostává sejmutý pramínek zákrut.

Zařízení má však nevyřešeno uložení válečků v hlavě. Současně není vyřešeno uložení hlavy při vyšších otáčkách.

Naproti tomu bezvřetenové spřádací zařízení podle návrhu pracovníků Výzkumného ústavu textilní technologie v Liberci pracuje tak, že vhodně ojednocená vlákna jsou odnášena proudem vzduchu v pravidelném sledu do rotujícího košíku, jehož žebra z pružných ocelových jehel jsou stupňovitě nad sebou a vytváří v hrotu vhodný svěr. Nosný proud

vzduchu prochází mezi žebry košíku, zatím co žebra, sbíhající se ve směru průchodu vzduchu do středu, zachycují unášená vlákna. Některá vlákna se zachytí již v prvním /horním/ jehlovém kuželu, kde vytvoří počáteční vláknennou vložku. Její ojedinělé konce zasahují až do kužele spodního, kde jsou ručně zachycená a vytažená v počáteční přízi.

Mezi horními a spodními hroty kužele se vytváří vláknenný "balonek", do něhož se napojují vlákna, která přilétají od podévacího ústrojí. Středem kužele prochází vodící jehla, kolem níž se vlákna částečně ovíjí a tak z velké části udržují svou paralelní polohu. Některá vlákna, která se zachytí v horním kuželu se sice oběma konci vyklání ve směru průchodu, jsou však z velké části znovu paralelizována kuželem spodním. Stává se jen zřídka, že vlákno v horním kuželu zabíhá oběma konci současně do kužele spodního, kde může vzniknout jeho zapředení v přeloženém stavu.

V případě, že do dolního kužele zasahuje jen jeden konec vlákna zachyceného v kuželu horním, dochází k přesmyknutí ohnutého konce vláken přes žebro horního kužele. Že dochází k zapřádání přehnutých vláken jen ojediněle, nasvědčuje dobrá pevnost vypřádané příze.

Ze zkrucovacího zařízení již vychází hotová příze, kterou můžeme navíjet na cívku libovolného tvaru a obsahu.

Výměna je snadno proveditelná bez zastavení stroje a je jí možno zautomatizovat. Stejně tak i odstranění přetrhů.

Protože odpadne běžec s prstencem, je možno zvýšit podstatně spřádací rychlost. Pokusně bylo pracováno s navíjecí rychlostí 50 m/min. Rovněž vozový selfaktorový průtah je zde nahrazen tím, že mezi zkrucovacím členem a navíjecí cívkou dochází k vyrovnávacímu průtahu za stejných poměrů jako u selfaktoru.

Bezvrátenové předení umožňuje při zpracování mykané příze vlněné pracovat s průtahem až 30-ti násobným.

Za použití této spřádací techniky je možno uvažovat o stavbě spřádacího agregátu na výrobu mykané příze přímo z vložky.

Krátký spřádací postup, který je při spřádání mykané a její specifické vlastnosti použití umožňují pracovat s nejkratším spřádacím postupem vůbec. Zde se rozpadává spřádací proces do výroby přástu a do výroby příze. Přestože tento nejméně náročný spřádací postup slibuje možnost sloučení v jedinou strojovou jednotku, narazil hned při prvních pokusech na řadu nepřekonatelných problémů. První pokusy tvořily různou kombinaci mykacích strojů přímo spojených se strojem dopřádacím. Toto uspořádání mělo celou řadu nedostatků:

- a / obsluha tohoto agregátu je velmi stížená tím, že samotné pracné zavedení pavučiny do rozdělovače bylo dále ztíženo zařazením dopřádacího ústrojí, ústrojí bylo nepřehledné a navíc málo výkonné,
- b / technicky zůstalo při tomto uspořádání nedořešeno:
 1. vyvazování přetrhů,
 2. výměna plných cívek, kde bylo nutné zastavit celé mykací složení,
 3. prostorové uspořádání agregátu.

Byly sice učiněny určité pokusy na obejití těchto nedostatků. Tak ku příkladu byly provedeny pokusy s výrobou nekroucené "příze" přímo na rozdělovači. Přást byl napojován vhodným pojídlem - byl normálně zaoblen a poté usušen. "Příze" byla používána do útku. Nedostatek této příze spočíval v tom, že vyrobená tkanina měla sníženou pevnost v útku.

K tomu, aby mohla být zvládnutá technologie výroby příze na mykacím stroji je třeba nalézt takovou spřádací techniku, která umožní:

1. / vyrábět přízi kontinuálně

- 2./ výměnu cívek provádět bez nutného zastavení stroje
- 3./ vyvazování přetrhů umožnit i při vysokých rychlostech.

Tyto požadavky splňuje nová, v současné době ve Výzkumném ústavu textilní technologie v Liberci vyvíjená spřádací technika "bezvřetenové předení".

V současné době je vyráběná příze z chemických vláken, bavlny a orientačně bylo vyrobeno menší množství vlněné příze směšové. Číselný rozsah příze je asi do Čm 16. Pokusně bylo vypředeno Čm 28. Pracuje se s minimální odtahovou rychlostí 22 m/min. Orientačně byly provedeny zkoušky s mokřým předením, které dávají nadějně výsledky.

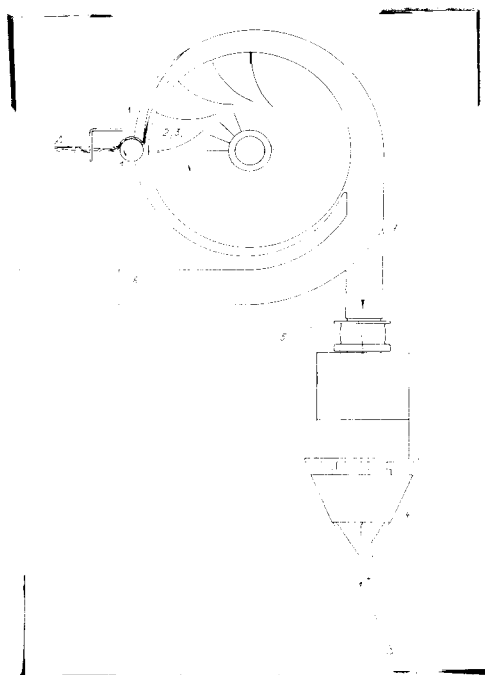
Jakost příze vyráběné v současné době je pro svůj otevřený charakter velmi vhodná pro některé pleštařské výrobky a jako příze útková. Není zatím vhodná pro přízi osnovní, pro kterou je příliš chlupatá.

Je třeba podotknout, že i když se jedná o stádium základního výzkumu v této otázce, kdy pracovníci VÚTT v Liberci zhotovují zprávu a připravují se k obhájení a předání výsledků své výzkumné práce na tomto problému, nebylo v otázce bezvřetenového předení ještě zdaleka řečeno poslední slovo.

Připojený obrázek I.-1. na následujícím listu schematicky znázorňuje zařízení bezvřetenového spřádání.

Popis zařízení:

- 1,1' podávací zařízení
- 2,3 ventilátor s lopatkami a rozčesávacími hřebeny
- 4 spřádací košík s uložením
- 5 zařízení na vrácení prolétlých vláken
- 6 zařízení na vrácení vláken při přetrhu příze
- 7 elektromagnetická niťová zarážka



obr.I.1.

Otázku uložení spřádacího košíku vyřešili pracovníci VÚTT pro funkční model jednořadovými radiálními kuličkovými ložisky. Vzhledem na značnou dynamickou nevyváženost rotujícího košíku a z toho vyplývajících velkých radiálních sil, umožňuje toto uložení otáčky max. do 10000 $1/min.$ Uložení má poměrně velkou hlučnost a pracuje na hranici únosnosti ložisek. Jelikož se u tohoto zařízení počítá s vyššími odtahovými rychlostmi při spřádání a tím se předpokládá také vyšší rychlost otáčení spřádacího kužele, bylo nutné vyřešit toto uložení pro otáčky v rozsahu od 10000 $1/min.$ do 15000 $1/min.$

Tímto problémem se zabývám ve své diplomní práci. Na vyřešení tohoto problému jsem použil dvoje řešení:

- a/ valivé uložení s unašivými ložisky,
- b/ kluzné uložení s tlakovým mazáním.

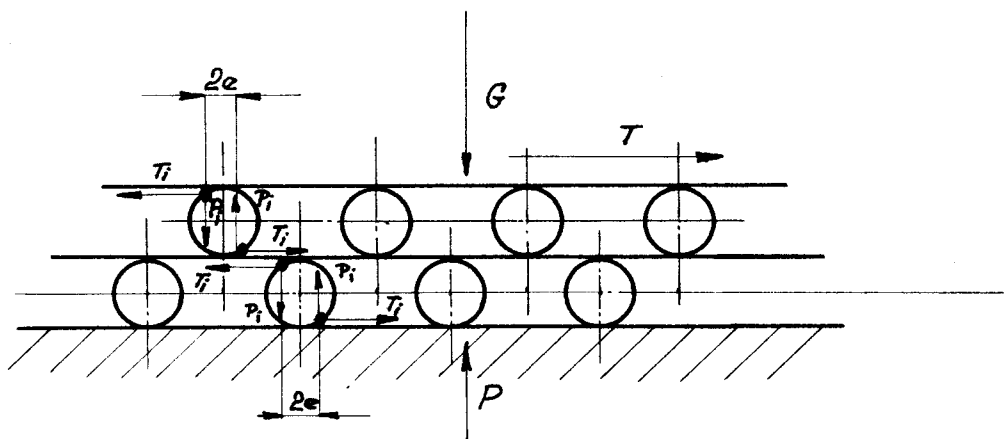
II. Valivé uložení s unášivými ložiskami.

Při řešení tohoto úkolu jsem se snažil použít seriově vyráběné kuličkové ložiska. Poněvadž dutý hřídel, neboli vřeteno, má požadovanou díru průměru minimálně 16 mm, je vnější průměr hřídele s ohledem na vysoké otáčky a z toho vyplývající značné dynamické síly průměr minimálně 20 mm. Tomuto průměru odpovídající radiální kuličkové ložiska mají předepsané nižší provozní otáčky, než jsou požadovány pro technologii spřádání na tomto zařízení. Axiální síly vyvozuje jenom váha duralového spřádacího košíku, takže se při volbě ložisek dají zanedbat a proto jsou vyhovující radiální kuličkové ložiska.

Ve snaze eliminovat vliv vysokých otáček na provozní únosnost ložisek hledal jsem nějaké vhodné řešení, kterým by se daly rozdělit otáčky a zatížení na více ložisek. Jako nejvhodnější způsob tohoto řešení se jeví princip unášivých ložisek.

II.-1. Princip unášivých ložisek.

Představme si zařízení podle obrázku II.1.



obr. II.1,

Nechť je na pevné kovové podložce sada kuliček nebo válečků stejného průměru. Předpokládejme, že jsou všechny geometricky přesné, mají stejně hladký povrch a jsou ze stejného materiálu, který má určitou tvrdost a modul pružnosti. Na kuličkách je položena pevná rovná deska a na ní druhá sada kuliček. Na horní sadě kuliček je další rovná deska, která nese zatížení G . Za předpokladu, že desky jsou nedeformovatelné a že všechny kuličky mají stejný průměr, přenaší všechny stejné zatížení P_i , zanedbáme-li vlastní váhy jednotlivých elementů.

Působme nyní na toto zařízení tečnou silou T , naznačenou na obrázku. Když budeme předpokládat u tohoto zařízení čisté valení bez prokluzů, kuličky budou vyvozovat moment valivého odporu opačného smyslu proti síle ~~pek~~ T . Na každou s kuliček s poloměrem r musí působit tečná síla T_i , aby překonala odpory při valení kuliček;

$$P_i \cdot 2e = T_i \cdot 2r \quad /1/$$

$$T_i = \frac{P_i \cdot e}{r} \quad /2/$$

Na překonání momentů sil T_i a momentů reakcí P_i musí působit síla rovnající se algebraickému součtu všech momentů kuličkového ložiska :

$$T = \sum T_i \cdot 2r + \sum P_i \cdot 2e \quad /3/$$

Ve druhé sadě kuliček budou stejné poměry. S uspořádáním kuliček nad sebou vyplývá, že momenty valivých odporů budou ve smyslu proti momentům odporu horních kuliček, zřejmé z obrázků II.-1.

Předpokládejme nyní, že valivý odpor spodní řady kuliček je enormně větší než sady horní. Budeme-li nyní působit tečnou silou T , dá se předpokládat, že odvalovat se budou jenom kuličky horní, kdežto spodní řada kuliček, jako i druhá deska, budou v klidu. To je první extrémní případ.

Druhý extrémní případ nastane, když valivý odpor horní sady kuliček bude enormně větší. Obdobně dá se předpokládat, že se budou odvalovat pouze spodní kuličky. Druhá deska se bude pohybovat stejnou rychlostí jako deska horní.

Z této úvahy vyplývá, že za předpokladů stejných valivých odporů obou sad kuliček a po vyloučení vlivů setrvačných hmot bude se pohybovat druhá deska rychlostí uprostřed mezi oběma extrémními hodnotami - mezi klidem a rychlostí horní desky - tedy poloviční rychlostí.

Tento případ tedy nastane za předpokladů, kdy bude :

- stejně zatížení všech kuliček,
- stejný valivý odpor všech kuliček, t.j.:
- všechny budou geometricky přesné a stejné,
- budou ze stejného materiálu,
- všechny desky budou ze stejného materiálu,
- jakost povrchu všech kuliček bude stejná,
- jakost povrchu všech desek bude stejná,
- vyloučíme-li vliv setrvačných hmot.

Představíme-li si nyní, že toto zařízení jsou dvě na sebe nalisována kuličková ložiska o nekonečném poloměru, je to princip unášivých ložisek. Za všech uvedených předpokladů, když vnější kroužek vnitřního ložiska - druhá deska - se pohybuje poloviční obvodovou rychlostí než vnitřní kroužek - horní deska - , nese vnější ložisko polovinu otáček z otáček hřídele. Vnitřní věnec vnitřního ložiska se otáčí otáčkami hřídele, vnější věnec polovičními otáčkami, teda relativně vůči sobě přenáší také polovinu otáček. Jak se přitom chovají kuličky a jaké kinematické poměry tam panují, bude pojednáno v následujících odstavcích.

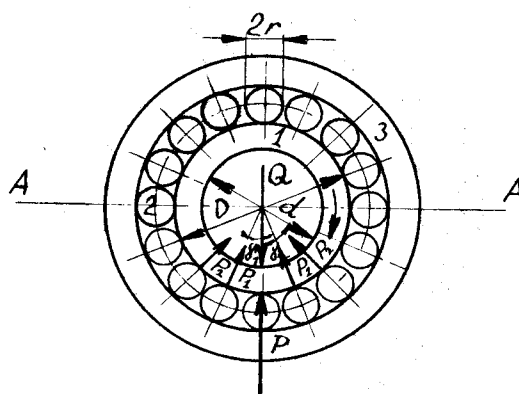
Prakticky úplně obdobně jako pro zařízení s kuličkami a deskami podle obr.II.-1. to nejde realizovat pro kuličková ložiska. Vnější ložisko by bylo značných rozměrů a tím i celkové uložení. Aby se dalo ložisko nalisovat na ložisko, rozměrově to vyhovuje jenom pro určitou řadu ložisek, nebo pro speciálně vyrobená ložiska. Další překážkou je to, že seriově vyráběná ložiska ^{většího} mají větší kuličky, čímž mají rozdílné odpory proti valení, tzn. valivý odpor ložisek je také funkcí geometrických rozměrů. O tom bude pojednáno v následujícím odstavci. Konstrukčně schůdnější je cesta, kdy jsou ložiska stejného průměru vedle sebe, tím však není dodržena podmínka stejného zatížení. Obšírněji bude o tom pojednávat v závěru následujícího odstavce.

II-2. Teoretický rozbor poměrů v ložisku.

II.-2.a Tření v kuličkových ložiskách.

Pramenem, z kterého jsem čerpal poznatky pro tuto kapitolu, je :S.M. Koževníkov " Teorie mechanismů a strojů".

Kuličkové podpěry umožňují nahradit čepové tření v rotační dvojici odpory , vznikajícími při valení kuliček po vnitřním a vnějším kroužku. Aniž bych se zabýval konstrukcí valivých ložisek uvedu schéma kuličkového ložiska na obr. II.2, kde 1 je vnitřní kroužek, upevněný na hřídeli , 3 je vnější kroužek nepohyblivě upevněný v ložiskovém tělese a 2 jsou kuličky.



obr. II.2.

Síla Q , která působí na hřídel prostřednictvím vnitřního kroužku , přenáší se na kuličky , které jsou zatíženy nestejně. Nejvíce je zatížena kulička se středem na nositelce síly Q a nejméně kulička se středem na kolmici k ní . Zatíženy jsou pouze kuličky , které leží pod rovinou A-A.

Stanovíme si nyní sílu P_i , zachycenou kuličkou, jejíž poloha je určena úhlem γ vzhledem k nositelce síly Q . Předpokládáme přitom symetrické uspořádání kuliček.

Působením sil P_i se kuličky deformují, při čemž největší deformaci λ_0 podléhá kulička, jejíž střed leží na směru síly Q , působící na hřídel. Podle obdoby se zaběhaným pouzdem, jehož opotřebení se mění podle kosinusového zákona, můžeme považovat deformaci ve směru síly, působící na každou z kuliček, také za deformaci měnící se podle kosinusového zákona, t.j. můžeme předpokládat, že

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \lambda_0 \cos \gamma, \\ \lambda_2 &= \lambda_0 \cos 2\gamma, \\ \hline \lambda_n &= \lambda_0 \cos n\gamma \end{aligned} \quad /4/$$

Pro kuličky, které se valí ve žlábků, můžeme předpokládat tento vztah mezi silou a deformací:

$$\frac{\lambda_0^3}{P_0^2} = \frac{\lambda_1^3}{P_1^2} = \frac{\lambda_2^3}{P_2^2} = \text{konst.} \quad /5/$$

Společné řešení rovnic /4/ a /5/ dává pro síly zachycené kuličkami tyto hodnoty:

$$P_1 = P_0 \cos^{3/2} \gamma$$

$$P_2 = P_0 \cos^{3/2} 2\gamma$$

$$P_n = P_0 \cos^{3/2} n\gamma$$

/6/

Promítneme-li každou ze sil P_i do směru síly Q a učiníme-li součet průmětů sil P_i rovným vnější síle Q , dostaneme po zjednodušení:

$$Q = P_0 / 1 + 2\cos^{5/2}\varphi + 2\cos^{5/2}2\varphi + \dots + 2\cos^{5/2}n\varphi / \quad /7/$$

Pro počet kuliček od 10 do 20 můžeme mnohočlen v závorce ve vzorci /7/ považovat za přibližně rovný $---\frac{Z}{4,37}---$.

Přihlížíme-li k opravám se zřetelem na vliv radiální vůle a průhybkroužků, můžeme výraz v závorce ve vzorci /7/ pokládat za rovný $---\frac{Z}{5}---$. Pak lze sílu působící na nejzatíženější kuličku stanovit podle vzorce

$$P_0 = ---\frac{5Q}{Z}--- \quad /8/$$

a sílu , působící na kteroukoliv kuličku , ležící vzhledem k maximálně zatížené kuličce v mezích úhlu $\pm 90^\circ$ podle vzorce

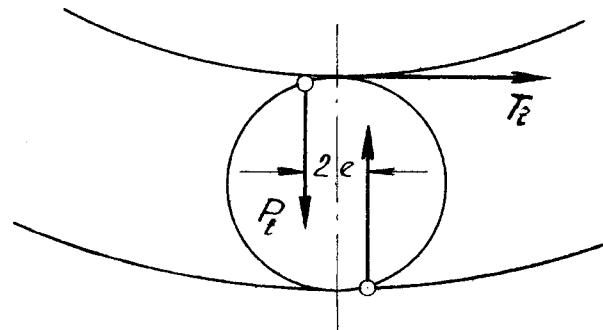
$$P_i = ---\frac{5Q}{Z}--- \cos^{3/2}i\varphi \quad /9/$$

Nyní určíme moment , který musí působit na vnitřní kroužek , aby překonal odpory při valení kuliček.

Na každou z kuliček s poloměrem r musí působit vnitřní kroužek tečnou silou T_i , jejíž moment se rovná momentu reakcí při valení kuličky po kroužcích

$$\begin{aligned} 2T_i r &= 2P_i e \\ T_i &= \frac{P_i e}{r} \end{aligned} \quad /10/$$

Na překonání momentu síly T_i a momentu reakce P_i , jde-li pouze o jedinou kuličku , musí působit na kroužek dvojice podle obr.II. 3. na následujícím listu.



obr. II.3.

$$M_i = T_i \cdot \frac{D}{2} + P_i \cdot e = P_i \cdot \left(\frac{D}{2r} + 1 \right) \cdot e, \quad /11/$$

kde D je průměr žlábků vnitřního kroužku, v němž se kuličky valí. Součtem všech dvojic M_i dostaneme celkovou dvojici M , která musí působit na hřídel, aby překonala odpory při vaření kuliček po kroužcích.

$$M = e \cdot \left(1 + \frac{D}{2r} \right) \cdot (P_0 + 2P_1 + 2P_2 + \dots + 2P_n)$$

$$M = e \cdot \left(1 + \frac{D}{2r} \right) \cdot P \quad /12/$$

Algebraický součet všech reakcí, působících na kuličky kuličkového ložiska, je:

$$P \approx P_i \cdot \left(1 + 2 \cos^{3/2} \varphi + 2 \cos^{3/2} \varphi + \dots + 2 \cos^{3/2} n\varphi \right)$$

$$P \approx \frac{5Q}{2} \cdot \left(1 + 2 \cos^{3/2} \varphi + 2 \cos^{3/2} \varphi + \dots + 2 \cos^{3/2} n\varphi \right) \quad /13/$$

Součet trigonometrických funkcí v závorce /13/ můžeme přibližně brát jako:

$$1 + 2 \cos^{3/2} \varphi + 2 \cos^{3/2} 2\varphi + \dots + 2 \cos^{3/2} n\varphi = \frac{5}{3,6}$$

Se zřetelem k tomuto můžeme stanovit algebraický součet reakcí, působících na kuličky kuličkového ložiska

vztahem

$$P = \frac{5Q}{z} \cdot \frac{z}{3,6} = 1,4Q = AQ \quad /14/$$

Nyní lze snadno dvojici M , která musí působit na hřídel, aby překonala odpor valivého tření kuliček v kroužcích, vyjádřit daným zatížením ložiska. Dosadíme-li za P v rovnici /12/ zjištěnou hodnotu, dostáváme :

$$M = A Q e / \frac{D}{2r} + 1 / \quad /15/$$

Odporový moment kuličkového ložiska můžeme vyjádřit také ve stejném tvaru jako moment čepového tření, t.j.

$$M = f_k Q \frac{d}{2}, \quad /16/$$

kde f_k je redukovaný součinitel tření, který se rovná

$$f_k = \frac{2Ae}{d} / 1 + \frac{D}{2r} / \quad /17/$$

Porovnáním odvozeného vztahu pro moment valivého odporu ložiska s momentem odporu čepového tření

$$M_c = F r = f N r \quad /18/$$

zjistíme, že odpor valivého ložiska je menší než tření v čepu při $f_k < f$, t.j. při

$$f > \frac{2Ae}{d} / 1 + \frac{D}{2r} / , \quad /19/$$

kde d je průměr čepu, D je průměr oběžné dráhy vnitřního kroužku, r je poloměr kuličky, A pro kuličkové ložisko rovno 1,46.

Z výsledků odvození vidíme, že redukovaný součinitel valivého tření je přímo závislý na průměru žlábků kroužku, přímo na součiniteli valivého tření pro daný materiál, nepřímo na průměru čepu a na průměru kuličky.

Stojí za zmínku uvést , že točíme-li ložiskem tak, že vnitřní kroužek je pevně uchycen a volně se otáčí vnější kroužek , moment , potřebný na překonání valivých odporů se zvětší na hodnotu

$$M = A Q / -\frac{D}{2r} + 2 / e \quad /20/$$

a hodnota redukováného součinitele valivého tření na hodnotu

$$f_{kl} = \frac{2Ae}{d} / 2 + \frac{D}{2r} / \quad /21/$$

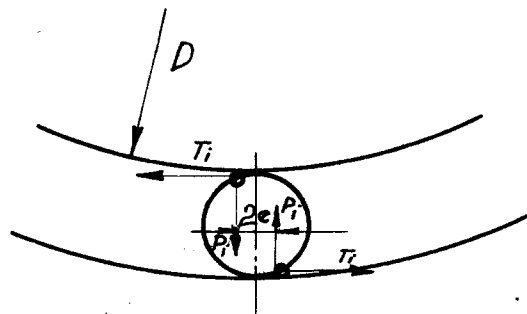
Když budu tuto teorií aplikovat na tzv. unášivá ložiska , tak moment , potřebný na překonání momentů valivého odporu unášeného ložiska má podle /15/ hodnotu

$$M_{u2} = A Q e / \frac{D_2}{2r_2} + 1 / .$$

Má-li být unášené ložisko točeno , musí tečná síla valivého odporu unášivého ložiska , působící na vnějším kroužku , vyvodit stejný moment , obráceného smyslu, t.j.

$$M_{u1} = M_{u2}$$

Z výpočtů podle obr. II. 4 vyplývá :



obr. II.4.

$$T_i \cdot 2r = P_i \cdot 2e$$

$$T_i = \frac{P_i \cdot e}{r}$$

$$M_{ul} = T_i \cdot \frac{D+2r}{2} = \frac{P_i \cdot e}{r} \cdot \frac{D+2r}{2}$$

$$M_{ul} = A Q e \cdot \frac{D+2r}{2r} = A Q e \cdot \frac{D}{2r} + 1 \quad /22/$$

Uvedené výpočty jsou zjednodušeny o to, že se ne-
uvažuje vliv setrvačných hmot, co by výpočet značně
zkomplikovalo.

Ze vztahu /22/ je patrná, že za použití ložisek
stejných rozměrů jsou splněny podmínky pro rovnost
momentů jenom veličinami vyplývajícími z geometrických
rozměrů ložisek. Na velikost momentů kromě toho vplývá
velikost zatížení a součinitel valivého odporu.

Z těchto úvah dále vyplývá, že chceme-li, aby se
otáčky hřídele uložení s unášivými ložisky rozkládaly
ve stejném poměru, musí být splněny tyto podmínky:

- 1/ obě ložiska musí být stejně zatížena;
- 2/ obě ložiska musí mít stejný redukovaný součinitel
valivého tření.

Redukovaný součinitel valivého tření ovlivňují:
geometrické rozměry ložiska,
přesnost výroby ložiska / vůle v ložisku /,
koeficient valivého odporu:

materiál kuliček a kroužků,
jakost povrchu kuliček a
kroužků,

geometrická přesnost kuliček / těžiště v geom. středu /,
stejně mazání, teplota a j.

Vzhledem na množství činitelů, které ovlivňují redu-
kovaný součinitel valivého tření je těžko předpokládat,
že existují dvě ložiska, která by měla stejný redukovaný
součinitel valivého odporu.

Konstrukčně je také obtížné vyřešit uložení tak, aby obě ložiska stejných rozměrů měly stejné zatížení. Další důležitá otázka je, zda pohyb v ložisku nastává čistým odvalováním kuliček po kroužcích.

Z těchto uvedených příčin ovlivňujících vzájemné otáčení ložisek je málo pravděpodobné předpokládat u dvou ložisek stejných rozměrů vzájemné rozkládání otáček ve stejném poměru. Má se předpokládat, že otáčky se budou rozkládat v poměru redukovaných součinitelů valivého tření, a v poměru zatížení.

Jaké kinematické poměry nastávají v ložisku unášivém, kde se otáčí vnější i vnitřní kroužek, o této otázce pojednám v následujícím odstavci.

II.-2.b Rotační rychlost kuličkových elementů
a pouzder v kuličkovém ložisku.-----

Pramen : Dr. Ing. Arvid Palmgren ,
Ball and roller bearing engineering.

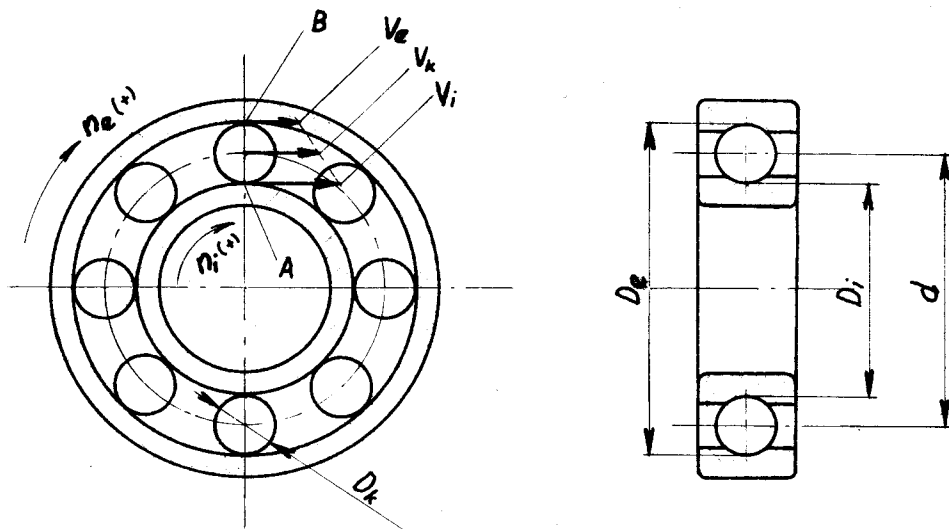
Uvažujme, že oba kroužky ložiska se otáčejí různými rychlostmi. Rotace ve směru hodinových ručiček se označuje jako pozitivní a proti negativní.

Použití následujících symbolů :

n_i	otáčky vnitřního kroužku
n_e	otáčky vnějšího kroužku
n_k	otáčky kuliček s klecí
n_w	rychlost otáčení každé kuličky kolem vlastní osy
n_{ki}	relativní rychlost otáčení kuliček vzhledem k vnitřnímu kroužku
n_{ek}	relativní rychlost otáčení kuliček vzhledem k vnějšímu kroužku
v_i	obvodová rychlost vnitřního kroužku
v_e	obvodová rychlost vnějšího kroužku
v_k	obvodová rychlost středu kuliček
D_i	průměr dráhy vnitřního kroužku
D_e	průměr dráhy vnějšího kroužku
d	průměr dráhy rozteče ložiska
D_k	průměr kuliček .

Jestliže předpokládáme pohyb ložiska tak , že se otáčejí oba kroužky různými rychlostmi, pak je absolutní rychlost bodu A umístěného na obvodu kuliček rovna obvodové rychlosti v_i v okamžiku , kdy bod A se stýká s dráhou vnitřního kroužku. Současně bod B ložiska se dotýká dráhy vnějšího kroužku a má absolutní rychlost v_e . Absolutní rychlost každého bodu na kuličce ložiska je kombinace obvodové rychlosti kuličky kolem vlastní osy a rychlosti celé sady kuliček s klecí kolem osy ložiska. Absolutní

rychlosti bodů mezi body A a B na průměru kuliček jsou v okamžiku znázorněném na obr. II.5 paralelní a mění se lineárně mezi rychlostmi bodů A i B. Jakou rychlostí se pohybuje střed kuliček kolem osy ložiska, vyjadřuje následující vztah /23/.



obr. II. 5

$$v_k = \frac{v_i + v_e}{2} \quad \text{mm/sec,} \quad /23/$$

při čemž

$$v_i = \frac{D_i n_i}{60} \quad \text{mm/sec} \quad /24/$$

a

$$v_e = \frac{D_e n_e}{60} \quad \text{mm/sec} \quad /25/$$

Z toho

$$v_k = \frac{\pi}{120} / D_i n_i + D_e n_e / \quad \text{mm/sec} \quad /26/$$

Následkem toho rychlost rotace celé sady kuliček a klece kolem osy ložiska bude :

$$n_k = \frac{D_i n_i + D_e n_e}{2d} \quad \text{l/min.} \quad /27/$$

Podobně je relativní rychlost rotace vnějšího kroužku vzhledem k celé sadě kuliček :

$$n_{ki} = n_k - n_i = \frac{D_e n_e + n_i / D_i - 2d /}{2d} \quad \text{l/min.} \quad /28/$$

a relativní rychlost vnitřního kroužku vzhledem ke kuličkám

$$n_{ek} = n_e - n_k = \frac{n_e / 2d - D_e / - D_i n_i}{2d} \quad \text{l/min.} \quad /29/$$

Rychlost otáčení kuliček kolem vlastní osy vyplývá z rozdílů rychlosti kroužků a klece :

$$n_w D_k = n_{ki} D_i$$

$$n_w = \frac{n_{ki} D_i}{D_k} \quad \text{l/min.} \quad /30/$$

Podobně

$$n_w = \frac{n_{ek} D_e}{D_k} \quad \text{l/min.} \quad /31/$$

Z toho

$$n_w = \frac{D_i / D_e n_e + n_i / D_i - 2d /}{2d D_k} \quad \text{l/min.} \quad /32/$$

V případě , kdy jeden kroužek ložiska je pevný ,
vyplynou rovnice :

a/ vnější kroužek je pevný a vnitřní má rychlost
rotace n_i rovno n ; n_e rovno 0

$$n_k = - n_{ek} = - \frac{D_i n}{2d} \quad \text{l/min.} \quad /33/$$

$$n_{ki} = \frac{n / D_i - 2d /}{2d} \quad \text{l/min.} \quad /34/$$

$$n_w = \frac{n D_i / D_i - 2d /}{2d D_k} \quad \text{l/min.} \quad /35/$$

b/ vnitřní kroužek je pevný , to znamená $n_i = 0$
a vnější $n_e = n$, dostáváme následující :

$$n_k = \frac{D_e n_e}{2d} \quad \text{l/min.} \quad /36/$$

$$n_{ek} = \frac{n / 2d - D_e /}{2d} \quad \text{l/min.} \quad /37/$$

$$n_w = \frac{D_i D_e n_e}{2d D_k} \quad \text{l/min.} \quad /38/$$

Z uvedených výpočtů vyplývá , že v případě unáši-
vých ložisek , kdy vnější kroužek se také pohybuje účin-
ky valivých odporů , kuličky vedle toho , že kroužek před
sebou ženou , zároveň se pohybem odvalují.

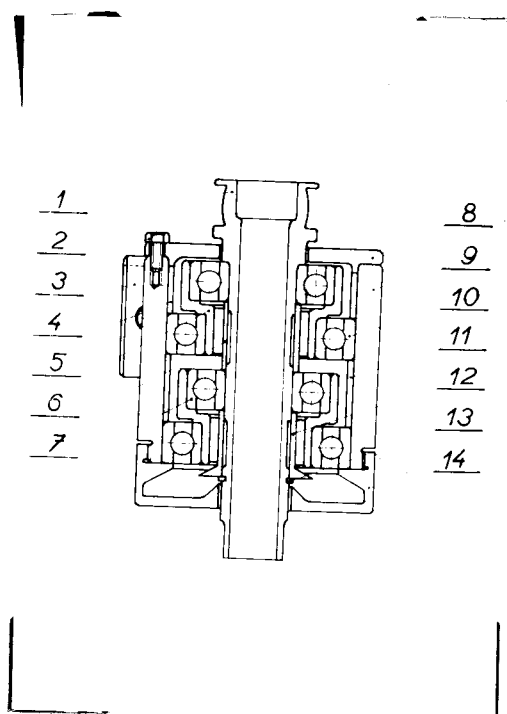
III. Konstrukční návrh uložení.

Při konstrukčním řešení tohoto problému jsem měl možnost si navrhnutou konstrukci prakticky odzkoušet. To mi umožnilo přímo si ověřit nedostatky navrhnutého řešení a provádět konstrukční úpravy za účelem odstránění těchto nedostatků, ve snaze vyvinout co nejlepší konstrukci, která by byla provozně spolehlivá a prakticky použitelná.

Vyvinul jsem celkem pět alternativ tohoto řešení. Konstrukční rozdíly a provedené konstrukční úpravy jednotlivých řešení jsou zřejmé z přiložených výkresů. Nedostatky jednotlivých řešení, jako i konstrukční úpravy sloužící k odstranění těchto nedostatků budu popisovat v následujících statích. Předem chci předeslat, že tyto návrhy byly dělány se zřetelem na to, že jsou to funkční modely a proto jsem se snažil, aby byly výrobně co nejjednodušší a nejlacinější.

III.-1. 1. alternativa valivého uložení.

Návrh konstrukčního řešení podle této alternativy je znázorněn na obr.III.1 . a na výkresu NAV - 01.

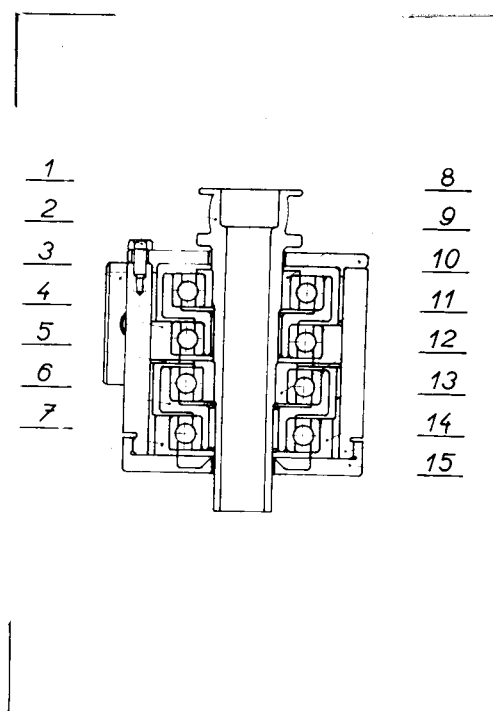


obr.III.1.

Při tomto návrhu jsem použil dva páry ložisek rozdílných průměrů. Výhodou toho je, že větší ložiska se dají přímo nepohyblivě uložit do vlastního ložiskového tělesa. Vzhledem k tomu, že tento návrh měl sloužit pouze jako funkční model, sloužící k odskočení, neřešil jsem otázku mazání. Dále poznatky o valivých odporech v ložisku mě vedly k tomu, že od tohoto řešení nemohu požadovat rozložení otáček na jednotlivá ložiska ve stejném, ani přibližně stejném poměru, poněvadž součinitel valivého tření je funkcí poloměrů kroužků a kuliček. Proto jsem toto řešení nevyráběl a tím jsem si ani nemohl prakticky ověřit jeho chod. Abych docílil rozložení otáček ve stejném, nebo přibližně stejném poměru, musel jsem použít ložiska stejného průměru.

III.-2. 2. alternativa valivého uložení.

Návrh konstrukčního řešení podle této alternativy je znázorněn na obr.III.2.1. a na výkresu NAV - 02.



obr.III.2.1.

U tohoto návrhu jsem použil dva páry stejných ku-
ličkových ložisek vnitřního průměru 30mm. Vystal ovšem
problém uchycení unášených ložisek na těleso ložiska. Tím,
že unášivé ložisko je nalisováno v unášivém pouzdře, má
větší průměr, než ložisko unášené a k tomu se musí ještě
volně otáčet. Tento problém jsem obešel tím, že na unášené
ložiska jsem navulkanizoval nákrůžek z olejevzdorné pryže.
Domníval jsem se, že tímto řešením zároveň uložení od-
hlučím.

Po vyrobení funkčního modelu jsem přistoupil k
praktickému odzkoušení uložení na zkušební stoličce.

Při praktickém zkoušení vyplývaly tyto nedostatky tohoto návrhu uložení :

hřídel konal následující složitý pohyb :

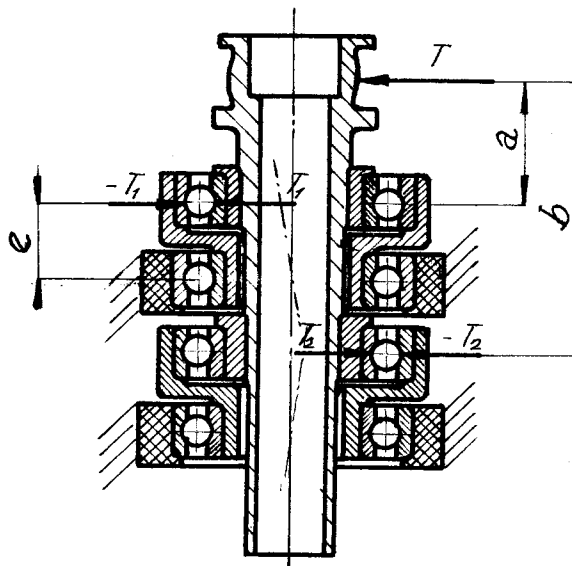
otáčel se ve vnitřních ložiskách spřevodovanými otáčkami motoru; v rytmu otáčení unášených ložisek opisoval prostorový kuželoid s vrcholy v osy hřídele uprostřed mezi ložiskami , při čemž průměr osy hřídele opisovaných kružnic na obou koncích hřídele byl 2 - 4 mm;

otáčky jednotlivých ložisek se měnily jednak od rozběhu k ustálení chodu , jednak po rozběhnutí. Při rozběhu se hřídel točil z velké části jenom v unášivých ložiskách , pak po delším chodu se rozběhly i unášená ložiska a hřídel i s unášivými ložiskami se otáčel téměř jenom v unášených ložiskách. Při otáčení ve vnitřních unášivých ložiskách vykazoval klidnou rotaci, kdežto při otáčení ve vnějších unášených ložiskách konal ještě už uvedenou přídatnou rotaci doprovázenou velkou hlučností. Rozložení otáček se měnilo v průběhu zkoušek, podstatný vliv na otáčky mělo mazání. Bylo obtížné namazat všechna ložiska stejně. Ložisko více namazané bylo mazadlem přžděno a jeho otáčky se snížily. Pro tyto vlivy bylo obtížné stroboskopicky zněřit rozložení otáček. Pouze při jednom informativním měření byly naměřeny otáčky vnitřního a vnějšího kroužku unášivého ložiska v poměru 16/9;

příkon, měřen elektrickým zkušebním panelem , také značně kolísal jak při rozběhu tak i v průběhu zkoušení. Informativním měřením jsem zjistil kolísání příkonu v mezích 18 - 100 W.

Snažil jsem se zjistit vlivy , které způsobují tento nepravidelný chod uložení a konstrukčními úpravami je eliminovat.

Domníval jsem se , že příčinou složité rotace hřídele a z toho vyplývající nepravidelné rozložení otáček na jednotlivá ložiska a tím i kolísání příkonu je výrobní nepřesnost jednotlivých dílců uložení a nepřesná montáž, zapříčiněná velkým ~~mm~~ počtem naražených spojení. Dále jsem se domníval , že příčiny házení jsou v silových poměrech , které vyplývají ze samotné konstrukce uložení, jak je to zřejmé z obr.III.2.2.



obr.III.2.2.

$$T \cdot b = T_1 \cdot / b - a /$$

$$T_1 = \frac{T \cdot b}{/ b - a /}$$

/39/

$$T \cdot a = T_2 \cdot / b - a /$$

$$T_2 = \frac{T \cdot a}{/ b - a /}$$

/40/

Z výpočtu je zřejmé , že každé z unášivých ložisek nese jiný díl ze zatížení vyvozeného tahem T řemene.

Je také rozdílné zatížení ložiska unášivého , které přenáší reakci T_1 a zatížení ložiska unášivého , které přenáší moment T_1 . e .Tady není splněná podmínka pro stejné rozkládání otáček , vyplývající ze stejného zatížení ložisek.Vliv nestejného zatížení se však nedá odstranit konstrukční úpravou.

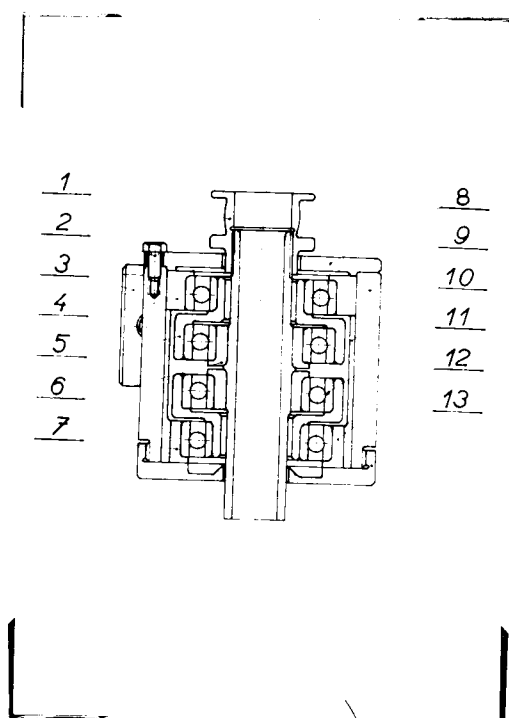
Na každé z unášivých pouzder však působí jiný moment co do velikosti i směru.Protože je v ložiskách určitá vůle, jsou pouzdra vyosená a to každé v obráceném směru.Tím místo přitlaku kuliček na kroužky je také u každého pouzdra unášivých ložisek na opačné straně.

Jelikož se vyosená pouzdra musí také otáčet , musí hřídel opisovat prostorový kuželoid. Tím, že jsou spříčena v obráceném směru a každé na tu stranu , kde je místo přitlaku unášivých ložisek , tím je házení hřídele větší, poněvadž se sčítá vůle v unášivých ložiskách s výchylkou unášivých pouzder.Vzhledem na délku hřídele jsou pak tyto výchylky značné.

Abych odstranil tyto nedostatky , otočil jsem jedno z unášivých ložisek , jak je to zřejmé z třetí alternativy řešení.

III.3. 3. alternativa valivého uložení.

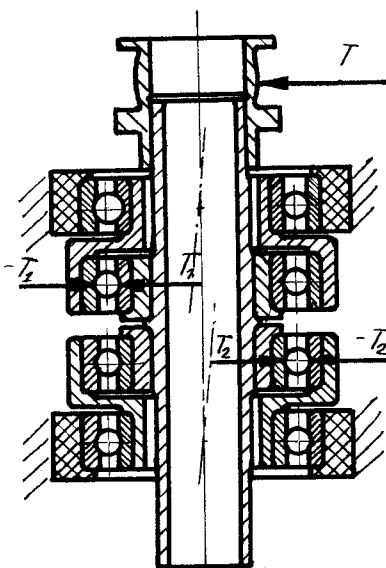
Návrh konstrukčního řešení uložení podle této alternativy je znázorněn na obr. III.3.1 a výkresu NAV-03.



obr.III.3.1.

Zkoušky ukázaly, že tato úprava nepřinesla zásadní obrat v chodu uložení. Je pravda, že účinek momentů reakcí unášivých ložisek na unášivá pouzdra má příznivější vliv i na otáčení hřídele, jak je to zřejmé z obr. III.3.2. na následujícím listu. Je to způsobeno tím, že přičení pouzder je ve stejném směru, ale jelikož se mají vyosená pouzdra otáčet, musí se hřídel také vyosovat a tím opisovat u tohoto řešení válec v rytmu otáček unášivých ložisek. Opět konal složený pohyb s přídatnou rotací. Uvažujeme-li také to, že unášivá ložiska, nalisovaná na hřídeli, jsou u tohoto řešení blíže u sebe, oba páry loži-

sek přenáší rozdílné zatížení, ovšem tento rozdíl je teď menší a také jsou menší rozdíly mezi momenty, působícími na unášena ložisková pouzdra. To, že vzdálenost mezi unášivými ložiskami je menší, má nepříznivý vliv na klidné otáčení hřídele, protože jeho uchycení je tím labilnější. Malé vůle v ložiskách způsobují značné výchylky na koncích hřídele. Zvětšení vzdálenosti mezi vnitřními ložiskami nedovoluje požadavek na co nejkratší hřídel, vyplývající z jeho funkce na spřádacím zařízení bezvřetenového spřádání. Tam je žádoucí, aby cesta vzduchem unášeného spřádacího materiálu od ventilátoru k spřádacímu kuželi byla co nejkratší.



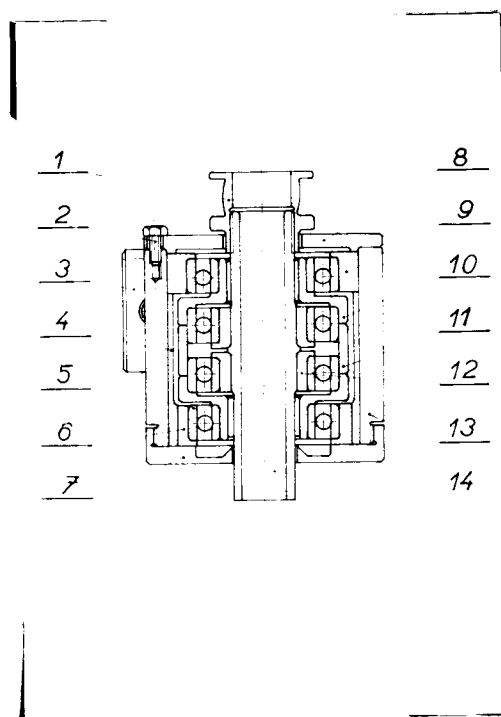
obr.III.3.2.

Při zkoušení vykazovalo uložení podle tohoto návrhu značně hlučný chod, hřídel konal opět přídatné rotace, otáčky se rozkládaly nepravidelně, příkon kolísal.

Ve snaze odstranit účinek vlivu deformace prýžkových kroužků na unášených ložiskách, která přispívala ke zvětšení amplitúdy kmitání hřídele, nahradil jsem je nákrůžkami ze silonu. Tím se však zvětšila hlučnost a tato úprava nepřispěla podstatně ke klidnému otáčení hřídele. Jako nejvhodnější úprava se jeví zpevnění unášivých pouzder v jeden celek podle násl. alternativy.

III. - 4. 4.alternativa valivého uložení.

Návrh konstrukce uložení dle této alternativy je znázorněn na obr.III.4.1. a na výkresu NAV - 04.



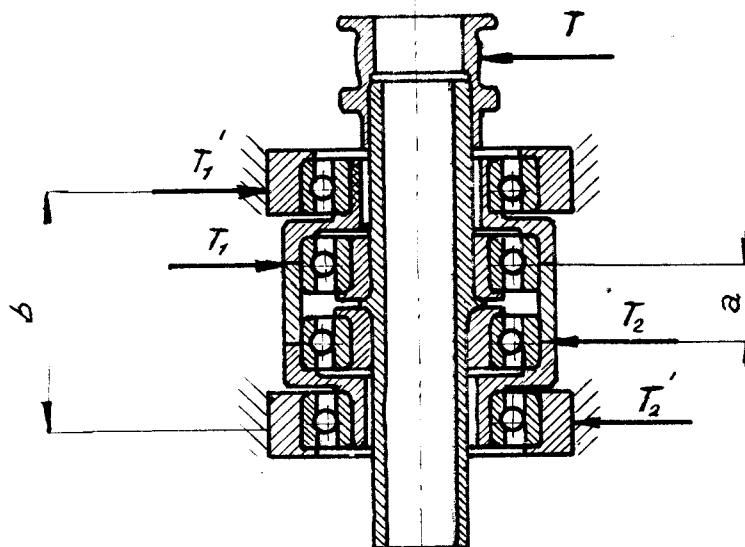
obr.III.4.1.

Rozdíl v konstrukci této alternativy oproti předchozímu řešení je v tom, že unášivá pouzdra jsou naliso-
vána jenom na polovinu plochy vnějšího kroužku unášivých
ložisek. Na zbývající plochy obou ložisek jsem narazil
duralovou trubku - stahovací pouzdro.

Unášivá pouzdra i stahovací pouzdro jsem u všech
především alternativ navrhoval z duralu, abych snížil
účinek setrvačných hmot při rozběhu ložisek na nejmenší
míru.

Domníval jsem se, že tímto řešením odstraním ne-
příznivý účinek momentů reakcí unášivých ložisek na
ložiska unášená. V případě pevného naražení stahovacího
pouzdra přenáší všechna ložiska radiální síly, jak je to

zřejmě z následujícího obr. III.4.2.



obr. III.4.2.

Z obr. vyplývá:

$$T_1 \cdot b + T_1 \left(a + \frac{b}{2} - \frac{a}{2} \right) - T_2 \cdot \frac{b}{2} - \frac{a}{2} = 0 \quad /41/$$

$$T_1' = \frac{T_2 \cdot \frac{b}{2} - \frac{a}{2} - T_1 \left(a + \frac{b}{2} - \frac{a}{2} \right)}{b} \quad /42/$$

$$T_2' \cdot b + T_2 \left(a + \frac{b}{2} - \frac{a}{2} \right) - T_1' \cdot \frac{b}{2} - \frac{a}{2} = 0 \quad /43/$$

$$T_2' = \frac{T_1' \cdot \frac{b}{2} - \frac{a}{2} - T_2 \left(a + \frac{b}{2} - \frac{a}{2} \right)}{b} \quad /44/$$

Zde se markantně ovšem projevil účinek momentů reakcí. Jelikož materiál pouzdra stahovacího a unášivých pouzder je dural, funkční narážecí plochy jsou poměrně malé, účinkem momentů reakcí se unášivá ložiska ve stahovacím pouzdře viklala. Ukázalo se, že unášivé momenty valivých odporů unášivých ložisek jsou velké natolik, že jejich účinkem se vnější kroužky unášivých ložisek přetáhely v narážném spoji. Tím se ložiska značně zahřívala třecím teplem.

Při demontáži byly patrný stopy po přetáčení ložisek v pouzdře a to tím způsobem, že vnější kroužek hořenního unášivého ložiska i s unášivým pouzdrem a vnitřním věncem hořenního unášeného ložiska měl vůči spodnímu unášivému ložisku, na kterém stahovací pouzdro drželo pevně, patrně rozdílné otáčky.

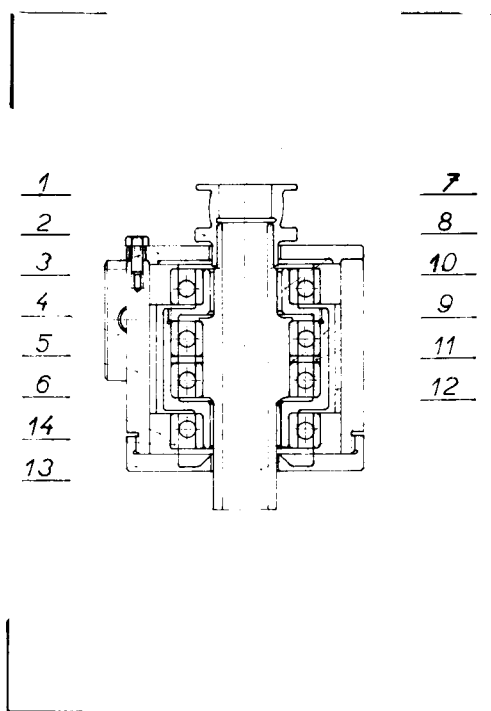
Dá se zároveň předpokládat, že přitáčeli se pouzdra vůči sobě, měly vnější kroužky unášivých ložisek snahu otáčet se různými rychlostmi, tzn. že měly rozdílné momenty valivých odporů, které tyto kroužky unášejí. Příčinou toho jsou rozdílné součinitelé valivých tření obou párů ložisek a také rozdílné zatížení.

Zpevněním unášivého pouzdra v jeden celek se musí unášena ložiska otáčet stejnými otáčkami a unášivý moment valivého odporu unášivých ložisek se musí skládat z momentů obou unášivých ložisek. Tímto řešením se stává ze dvou párů vzájemně se neovlivňujících unášivých ložisek jedno unášivé ložisko s dvojnásobnými ložiskami. Teoreticky z počtu pravděpodobnosti by se dalo uvažovat, že budu-li mít sadu n unášivých ložisek a sadu n unášených ložisek, hodnoty součtů jejich redukovanych součinitelů valivého tření budou tím pravděpodobněji sobě rovný, čím větší počet ložisek budou sady obsahovat. To znamená, že v případě unášivého ložiska s dvojnásobnými ložiskami bude větší pravděpodobnost splnění podmínky stejného rozložení otáček, vyplývající s rovností redukovanych součinitelů valivého tření. Zde však hraje roli ještě otázka stejného zatížení ložisek. Jelikož u této konstrukce ložiska nejsou zatížena stejně, větší moment valivého odporu vyvozuje ložisko víc zatížené, za předpokladů stejných součinitelů valivého tření. Dá se předpokládat, že tato rozdílnost momentů je příčinou přetáčení se ložisek vůči sobě ve stahovacím pouzdře.

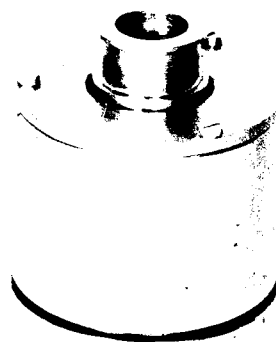
Tato konstrukce uložení vykazovala nepravidelný chod doprovázený velkou hlučností a značným zahříváním ložisek. Abych odstranil přetáčení ložisek v pouzdře, navrhl jsem další úpravu s unášivým pouzdrem dvojdílným z ocele.

III.-5. 5. alternativa valivého uložení.

Návrh konstrukce uložení podle této alternativy
je znázorněn na obr.III.5.1. a vžkresu NAV -06.

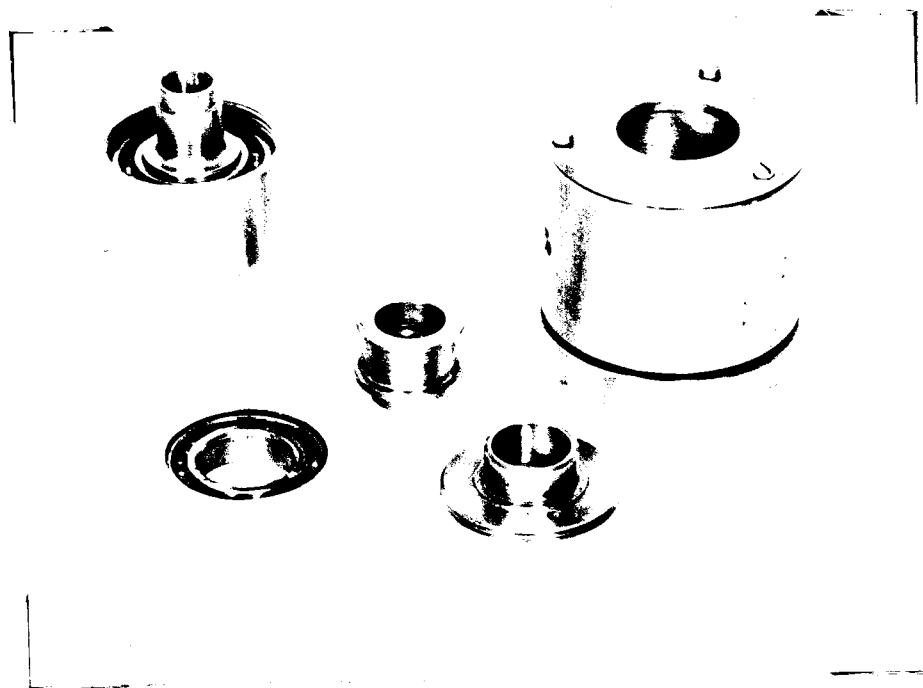


obr.III.5.1.



obr.III.5.2.

Obr. III.5.2. představuje celkový pohled na konstrukci řešení uložení s valivými unášivými ložiskami s dvoj-
dílným unášivým pouzdrem.



obr.III.5.3.

Obr. III.5.3. znázorňuje pohled na částečně demontovanou konstrukci uložení s unášivými valivými ložisky s dvojdílným unášivým pouzdem.

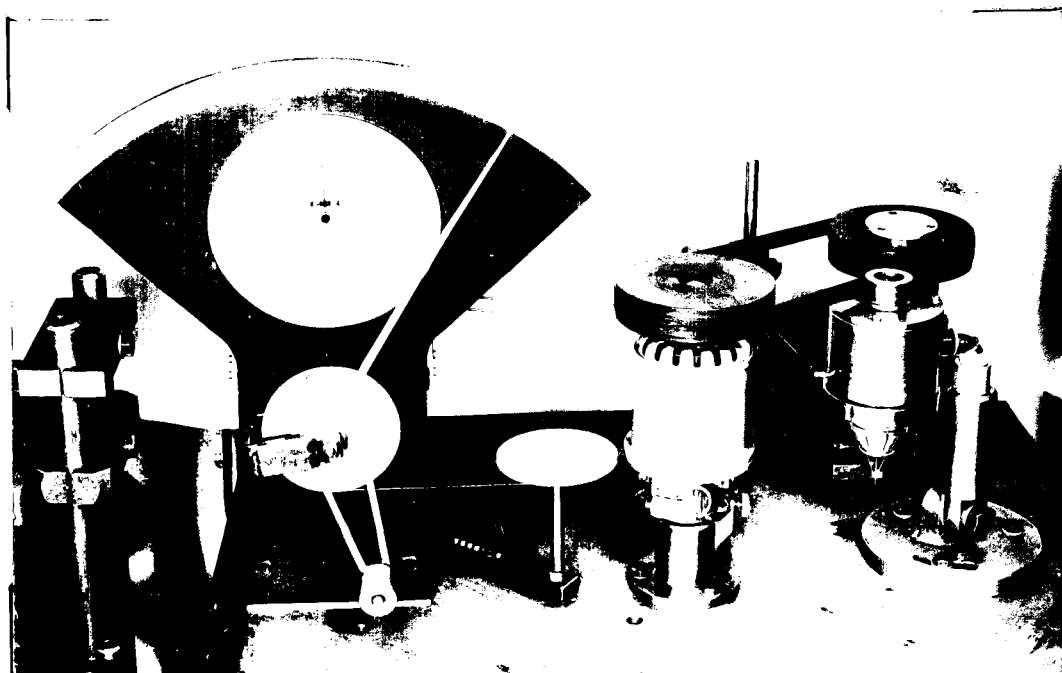
Dospěl jsem tím k poslednímu způsobu řešení. I když toto řešení vykazovalo ze všech alternativ nejlepší výsledky, má řadu nedostatků. Hřídel se otáčí s házením, otáčky se rozkládají nepravidelně. Příčiny házení vidím v tom, že unášivá ložiska jsou v malé vzdálenosti od sebe a také ve velkém množství narážených spojů. Tato konstrukce je velmi choulostivá na přesnost montáže a přesnost výroby. Nepravidelné rozkládání otáček vyplývá jednak z nepřesnosti výroby, jednak z nepřesnosti montáže, z nestejného zatížení ložisek, z nestejných součinitelů valivého tření a z nestejného a nedostatečného mazání. Budu o tom ještě pojednávat ve statí o porovnání valivého uložení s uložením kluzným.

Mazání u všech těchto konstrukcí valivého uložení zůstala nevyřešena. Zkoušky ukázaly, že unášivá ložiska jsou velmi choulostivá na mazání. Zkoušel jsem použít několik druhů olejů o různé viskozitě. Mazal jsem kapáním z olejníčky. Mazání, prováděné takovým způsobem, působilo brzdícími účinky na unášená ložiska, přičemž se účinkem rotace unášivých ložisek olej vůbec nedostal do vnitřku unášivého dvojdílného pouzdra, čímž unášivá ložiska se točila bez mazání. Mazání vazelinou je úplně nevyhovující. Jako nejvýhodnější způsob mazání uložení na principu unášivých ložisek bych viděl způsob vytvářející olejou mlhu.

Co se týče samotné konstrukce uložení na principu unášivých ložisek, pátá alternativa řešení není ještě konečná. Jako další cestu vývoje tohoto uložení bych viděl v řešení s dvojím náhonem. Představuji si to tím způsobem, že "unášená ložiska" jako i vnější kroužek "unášivých ložisek" by dostávaly nucený pohyb přidavným náhonem polovičními otáčkami z otáček hřídele. Tímto řešením by všechna ložiska přenášela poloviční otáčky z otáček hřídele a tím by bylo možné použít pro otáčky 15000 1/min. kuličková ložiska. Konstrukce by nebyla tak choulostivá na mazání a životnost ložisek vzhledem na malé radiální síly by byla velká.

IV. Měření příkonu.

Pro měření příkonu v závislosti na otáčkách jsem použil dynamometru, který je znázorněn na obr. IV. 1.



obr. IV. 1.

Dynamometr má části sloužící k měření a části pomocné. K měřicím částem patří elektromotorek, ukazovatel s cejchovanou stupnicí a otáčkoměr.

Elektromotorek má otočně uložený stator i rotor, takže dynamometr je založen na principu akce a reakce, kdy na rotor působí stejný moment jako na stator, ale opačného smyslu. Natočení a tím i tah elektromotorku je přenášen pomocí provázku na ručičku ukazatele.

Otáčkoměr instalovaný v ukazateli je značně nepřesný, proto jsem použil ručního otáčkoměru.

Zbývající části dynamometru jsou pomocné a patří k nim držák pro uchycení zkoušeného zařízení, kladka se závažím pro přítlak zkoušeného zařízení, držák napínací kladky a napínací kladka.

K elektrické výzbroji dynamometru patří pouze reostat pro plynukou změnu otáček a tím i příkonu elektromotorku.

IV.-1. Postup měření.

a/ příprava dynamometru k měření.

Do držáku upevníme zkoušené uložení. Uložení je otočně uchyceno kolem osy držáku. Potom zavěsíme na provázek závaží pro přítlak, které svoji vahou přitiskne řemenici uložení na řemínek nasazený na řemenici elektromotorku a na napínací kladce. Pro přítlak jsem použil závaží 0,5kg, při kterém podle informativních měření nedochází k prokluzu řemene.

b/ vlastní měření.

Reostatem jsem nastavil určité otáčky elektromotorku. Odjistil jsem rotor elektromotorku a na stupnici ukazatele zatížení jsem přečetl zatížení / sílu /, odpovídající nastaveným otáčkám. Obě hodnoty jsem zapsal do protokolu měření. Potom následovalo zvýšení otáček. Při tom už nebylo třeba zajišťovat stator elektromotorku.

Při měření je třeba dbát toho, aby v okamžiku odečítání zatížení i otáček mělo již zkoušené uložení a tím i elektromotorek dynamometru konstantní otáčky. Toto se určí nejlépe dle ručičky ukazatele zatížení, která má ukazovat stále stejnou hodnotu i při několikerém ručním protočení statoru elektromotorku.

IV.-2. Zpracování naměřených hodnot.

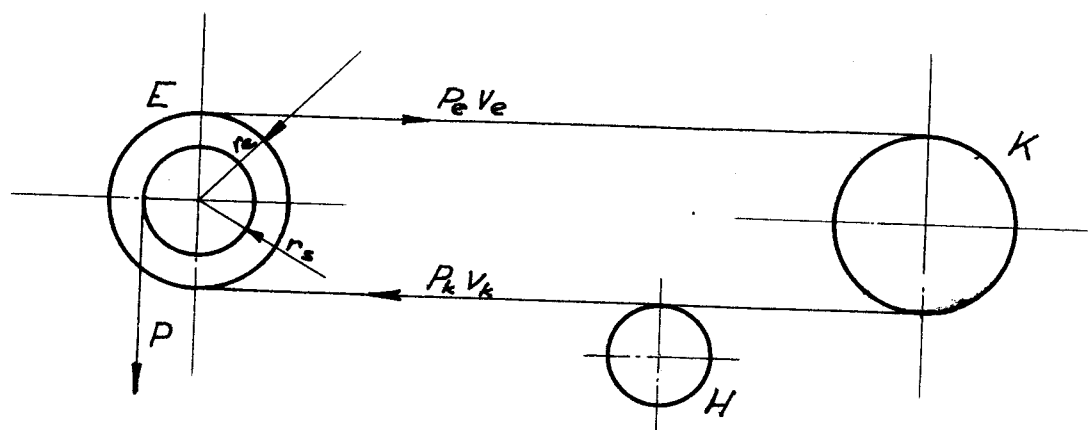
Na dynamometru naměříme pro otáčky n sílu P v g.
Příkon uložení určíme ze vztahu:

$$N = \frac{P \cdot v}{102} \text{ kW,} \quad /45/$$

kde síla P je v kg, rychlost v v m/sec.

Na dynamometru odečítám sílu P v g a otáčky n v l/min.

Jelikož chcí výkon ve W, vypočítáme si převodové konstanty.



obr.IV.2.

Z obr.IV.2. , kde E je elektromotorekdynamometru, K napínací kladka , H hřídel uložení, P tah provázku ukazatele , P_e tah řemene elektromotorku , v_e rychlost řemene dynamometru, P_k tah řemene na obvodu řemenice uložení, v_k rychlost řemene na obvodu řemenice uložení , r_e poloměr řemenice elektromotorku, r_s poloměr kotouče pro převod síly na ukazatel, P je síla v provázku, působící na ukazatel zatížení,

při čemž

$$r_s = 50\text{mm}$$

$$r_e = 60\text{mm}$$

Vyplývá :

pro rovnost výkonů platí :

$$P_e \cdot v_e = P_k \cdot v_k \quad /46/$$

Neuvažujeme-li prokluz mezi řemínkem a řemenicí hřídele, bude :

$$v_k = v_e \quad /47/$$

a tím

$$P_k = P_e, \quad /48/$$

takže na řemínku bude působit síla P_e rychlostí v_e .

Síla P_e působí na poloměru r_e a síla P na poloměru r_s .

Pro rovnováhu musí platit :

$$P_e \cdot r_e = P \cdot r_s = M_k \quad /49/$$

Dosadíme-li do rovnice / 45/-výraz

$$v = \frac{2 \pi r_e n_e}{60}, \quad /50/$$

bude

$$N = \frac{P_e 2 \pi r_e n_e}{60 \cdot 102}, \quad /51/$$

potom můžeme podle /47/ tento výraz přepsat na :

$$N = \frac{P \cdot 2 \pi r_s n_e}{60 \cdot 10^2} \quad /52/$$

Po vyjádření všech konstant obdržíme výraz :

$$N = \frac{5,135 P n_e}{10^5} \quad / W ; g \text{ } \dot{\text{g}} \text{ } 1/\text{min.} / \quad /53/$$

Takto vypočtenou hodnotu N bych již mohl vynášet do diagramů závislosti na otáčkách n . Ovšem při měření dochází ke tření a ztrátám, hlavně v oblasti elektromotorů a ukazatel zatížení. Elektromotorek rovněž spotřebuje určitý příkon. Tyto vlivy by značně zkreslovaly výslednou křivku. Pro odstranění těchto vlivů změřím příkon samotného dynamometru. Vynesu křivku dynamometru, která vyjadřuje závislost mezi příkonem dynamometru a jeho otáčkami, kterou musím odečítat od křivky příkonu uložení vynesenu podle naměřených hodnot protokolů měření, abych zjistil křivku čistého příkonu uložení závislosti na otáčkách.

Pro kontrolu zda se příkon dynamometru mění během doby měření, jsem prováděl měření příkonu spotřebovaného dynamometrem vždy před započítím a po ukončení měření uložení.

Pro zkonstruování střední křivky dynamometru jsem použil tři měření, která jsou zachycená v protokolu měření. Křivka příkonu dynamometru v závislosti na otáčkách je vynesena na přiloženém diagramu pod názvem "charakteristika dynamometru".

Měření příkonu uložení v závislosti na otáčkách jsem prováděl bez spřádacího košíku. Stávající košíky jsou dynamicky nevyváženy, co způsobovalo velké házení a hlučnost. Vzhledem na citlivost měřícího zařízení jsem měření s košíkem vynechal, takže v příloze přikládám pouze diagram příkonu v závislosti na otáčkách samotného uložení.

Vynesená křivka je rovněž střední křivkou příkonu ze třech měření, která jsou zaznamenána v protokolu měření.

Chci podotknout, že v oblasti kolem 13000 ot./min. je křivka málo přesná. Nepřesnost je způsobena chybou otáčkoměru. V této oblasti jsem přecházel na vyšší rozsah otáčkoměru, který byl na vyšším rozsahu, respektivně v oblasti přechodu na vyšší rozsah málo přesný. Křivku jsem pak vynašel interpolací. Při kontrole podle vypočtené teoretické křivky příkonu jsem zjistil v této oblasti značné rozdíly mezi hodnotami odečtenými z diagramů a hodnotami vypočtenými, co potvrdilo nepřesnost čtení otáček.

Od vynesené křivky příkonu podle naměřených hodnot jsem odečetl křivku příkonu dynamometru a tím jsem dostal křivku čistého příkonu uložení v závislosti na otáčkách.

Protokol měření příkonu v závislosti na otáčkách
samotného dynamometru.-----

1. měření

měř.	n dynmetru	dílky	g	W
1.	1580	2,9	7,25	0,58
2.	2580	3,3	8,25	1,09
3.	3150	3,9	9,75	1,57
4.	3550	4,8	12	2,2
5.	3930	5,0	12,5	2,5
6.	4240	5,75	14,35	3,14
7.	4490	6,3	15,75	3,62
8.	4780	6,8	17,0	4,16
9.	5440	7,5	18,75	5,24
10.	5800	8,1	20,2	6,00
11.	6000	8,7	21,8	6,72
12.	6250	9,5	23,7	7,6
13.	6500	9,9	24,8	8,3
14.	6750	10,35	25,6	9,1

Protokol měření příkonu v závislosti na otáčkách
samotného dynamometru.-----

2. měření

měř.	n dynmetru	dílky	g	W
1.	1920	1,8	3,46	0,34
2.	2230	2,5	6,25	0,72
3.	2925	3,4	8,5	1,27
4.	3360	4,0	10,0	1,72
5.	3600	4,6	11,5	2,12
6.	4110	5,3	13,3	2,8
7.	4470	5,8	14,5	3,31
8.	4710	6,2	15,5	3,74
9.	5200	6,8	17,0	4,54
10.	5500	7,2	18,0	5,06
11.	5600	7,6	19,0	5,48
12.	5800	8,0	20,0	5,92
13.	5950	8,3	20,7	6,32
14.	6150	9,0	22,5	7,05

Protokol měření příkonu v závislosti na otáčkách
samotného dynamometru.-----

3. měření

měř.	n dynmetru	dílky	g	W
1.	1860	2,2	5,5	0,52
2.	2450	3,0	7,5	0,94
3.	2820	3,5	8,75	1,25
4.	3250	4,0	10,0	1,66
5.	3720	4,8	12,0	2,28
6.	4085	5,3	13,3	2,76
7.	4390	5,9	14,65	3,32
8.	4670	6,3	15,7	3,78
9.	5050	6,7	16,75	4,34
10.	5400	7,05	17,6	4,87
11.	5650	7,6	19,0	5,52
12.	5830	8,0	20,0	6,00
13.	6000	8,7	21,7	6,67
14.	6200	9,1	22,8	7,25

Protokol měření příkonu v závislosti na otáčkách
valivého uložení bez spřádacího košíku.-----

1. měření

měř.	n dynmetru	n hřídele	dílky	g	W
1.	2380	5900	6,9	69,0	8,4
2.	2890	7150	7,7	77,0	11,4
3.	3040	7550	8,0	80,0	12,5
4.	3360	8350	9,3	93,0	16,0
5.	3600	8950	10,1	101,0	18,65
6.	3850	9550	11,1	111,0	21,9
7.	4000	9925	12,4	124,0	25,5
8.	4210	10420	12,5	125,0	27,0
9.	4420	10950	13,7	137,0	31,0
10.	4520	11200	14,7	147,0	34,0
11.	4725	11700	15,4	154,0	37,3
12.	5000	12400	15,9	159,0	40,7
13.	5200	12900	16,5	165,0	44,0
14.	5400	13400	17,5	175,0	48,5
15.	5600	13900	18,1	181,0	52,0
16.	5800	14375	18,8	188,0	56,0
17.	5950	14750	19,7	197,0	60,2
18.	6000	14875	20,5	205,0	63,0
19.	6230	15425	21,8	218,0	69,7
20.	6430	15925	22,7	227,0	75,0

Protokol měření příkonu v závislosti na otáčkách
valivého uložení bez sprádacího košíku.-----

2. měření

měř.	n dynmetru	n hřídele	dílky	g	W
1.	2120	5280	7,0	70,0	7,6
2.	2610	6480	8,1	81,0	10,8
3.	2940	7300	8,9	89,0	13,4
4.	3220	8000	9,8	98,0	16,2
5.	3540	8780	10,8	108,0	19,4
6.	3775	9340	11,2	112,0	21,6
7.	4020	10000	12,5	125,0	25,8
8.	4220	10450	13,5	135,0	29,2
9.	4400	10800	14,4	144,0	32,5
10.	4630	11500	15,5	155,0	36,8
11.	4770	11900	16,8	168,0	41,0
12.	5000	12400	16,9	169,0	41,6
13.	5200	12900	17,0	170,0	45,3
14.	5300	13150	18,2	182,0	49,5
15.	5600	13870	19,1	191,0	54,8
16.	5800	14400	20,2	202,0	60,0
17.	5900	14600	21,2	212,0	64,2
18.	6000	14880	21,8	218,0	67,0
19.	6200	15380	22,4	224,0	71,5
20.	6350	15750	23,2	232,0	75,5

Protokol měření příkonu v závislosti na otáčkách
valivého uložení bez spřádacího košíku.

3. měření

měř.	n dynmetru	n hřídele	dílký	g	W
1.	1900	4720	6,5	65,0	6,35
2.	2280	5650	7,6	76,0	8,9
3.	2480	6150	8,5	85,0	10,75
4.	2960	7350	9,75	97,5	14,8
5.	3320	8250	10,7	107,0	18,2
6.	3740	9275	11,5	115,0	22,0
7.	3920	9725	13,1	131,0	26,3
8.	4175	10400	14,75	147,5	31,6
9.	4460	11050	16,0	160,0	36,6
10.	4630	11450	17,6	176,0	41,8
11.	4900	12150	19,2	192,0	48,3
12.	5000	12400	20,7	207,0	53,3
13.	5420	13400	21,3	213,0	60,4
14.	5780	14300	21,7	217,0	64,5
15.	5820	14400	22,5	225,0	67,2
16.	5980	14820	23,4	234,0	71,7
17.	6000	14900	24,0	240,0	74,0
18.	6100	15100	25,0	250,0	78,2
19.	6240	15475	26,1	261,0	83,4

IV.-3. Výpočet teoretické křivky příkonu.

Z vynesené křivky čistého příkonu v závislosti na otáčkách daného uložení je patrné, že je to exponenciální křivka jdoucí počátkem souřadního systému. K tomu, abych zjistil její rovnici, slouží následující výpočet. Obecná rovnice této křivky je :

$$N = a n^x \quad /54/$$

Výpočet spočívá ve vyjádření konstanty a a exponentu x .

a/ obecné řešení:

$$N_1 = a n_1^x$$

$$N_2 = a n_2^x$$

$$\log N_2 = \log a + x \log n_2$$

$$\log a = \log N_2 - x \log n_2 \quad /55/$$

$$- x \log n_2 + \log N_2 = \log N_1 - x \log n_1$$

$$x / \log n_1 - \log n_2 / = \log N_1 - \log N_2$$

$$x = \frac{\log \frac{N_1}{N_2}}{\log \frac{n_1}{n_2}} \quad /56/$$

b/ praktické řešení:

$$n_3 = 11000 \text{ l/min.} \quad N_3 = 30 \text{ W}$$

$$n_5 = 15000 \text{ l/min.} \quad N_5 = 63,2 \text{ W}$$

$$x = \frac{\log \frac{63,2}{30}}{\log \frac{15000}{11000}} = \frac{\log 2,106}{\log 1,363} = \frac{0,32346}{0,13450}$$

$$x = 2,404$$

$$\log a = \log 63,2 - 2,404 \quad \log 15000$$

$$\log a = 1,8007 - 2,404 = 4,17609$$

$$\log a = - 8,2385 \quad 0,7615 \quad / -9 /$$

$$a = 5,775 \cdot 10^{-6}$$

Z výpočtu vyplývá , že rovnice křivky příkonu v závislosti na otáčkách má tvar :

$$N = 5,775 \cdot 10^{-6} \cdot n^{2,404} \quad /57/$$

c/ kontrola , zda vypočítaná rovnice vyhovuje také pro jiné otáčky :

$$n_4 = 13000 \text{ l/min.} \quad N_4 = 45,4 \text{ W}$$

$$\log N_4 = \log a + x \log n_4$$

$$\log N_4 = - 8,2385 + 2,404 \cdot 4,11394$$

$$\log N_4 = 1,6514$$

$$N_4 = 44,82 \text{ W}$$

Vzhledem na malý rozdíl mezi vypočítaným a skutečným příkonem , kdy chyba činí pouze 1,28% , uvedená rovnice křivky příkonu dostatečně vyhovuje pro provozní oblast tohoto uložení.

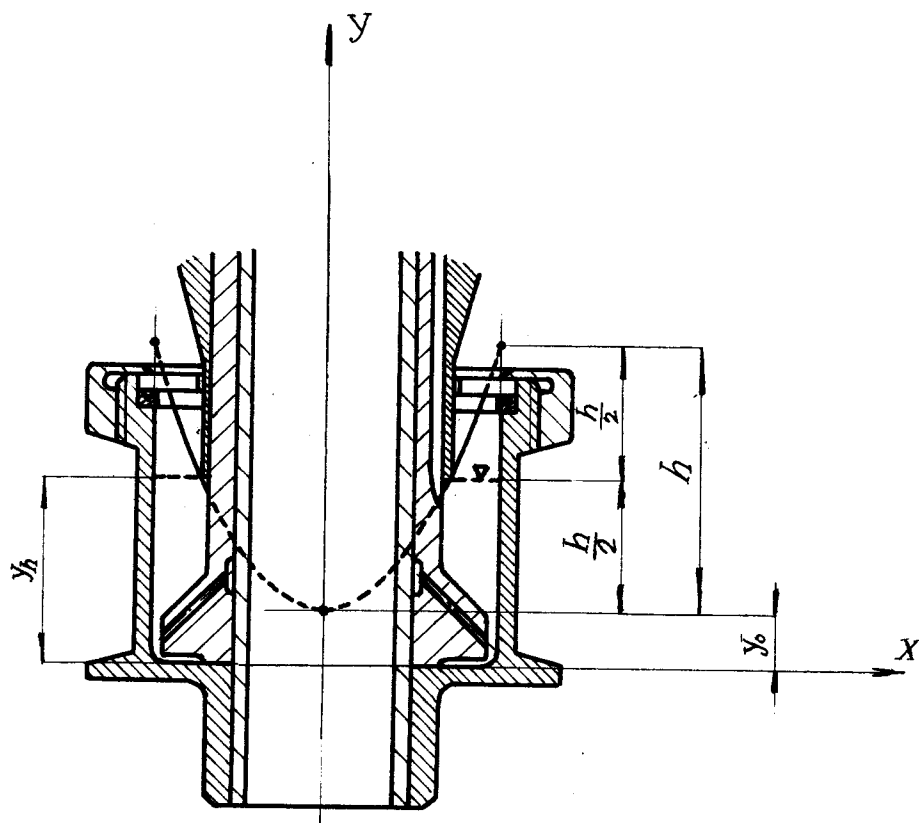
V. Závěr kapitoly o konstrukci uložení
s unášivými ložiskami.-----

Na závěr této kapitoly chci poznamenat, že tento princip uložení si zaslouží delšího výzkumu. Stávající uložení , které jsem vyvinul , není spolehlivé a prakticky použitelné , zejména pro velkou hřízivost , která by se projevila na zařízení bezvřetenového spřádání v periodické nerovnoměrnosti vypřádané příze, jednak pro nepravidelné rozkládání otáček na jednotlivá ložiska , co by se projevilo na malé životnosti ložisek , také pro obtížné mazání , které zůstalo nedořešené. Vyžaduje rovněž velkou přesnost výroby a velmi přesnou montáž.

O hodnocení tohoto uložení se ještě zmíním ve statí o porovnání s uložení kluzným.

Po zkušenostech s valivým uložením , které se ukázalo být pro praktické použití na zařízení bezvřetenového spřádání nevyhovující, navrhl jsem po doporučení s. E. Vokurky , pracovníka VÚTT , kluzné uložení s tlakovým mazáním. Konstrukční návrh tohoto uložení je znázorněn na následujícím obr.VI.2.1a na výkresu NAK - 01.

Obr.VI.2.1. je na str. 60.



obr.VI.1.

VI.-1. Princip uložení.

Z hydromechaniky je známo , že rotuje-li nádoba naplněná kapalinou , vlivem odstředivých sil se vyvozuje v kapalině hydrodynamický tlak. Na tomto poznatku je založeno toto uložení.

Řemenice je vyřešena jako rotující nádoba s mazací tekutinou. Je naražena na dutém hřídeli, takže tvoří s ním jeden rotující celek. Olej vlivem odstředivých sil je tlačěn na stěny nádoby, přičemž je vyvozen značný hydrodynamický tlak, je dále známo , že hladinová plocha se ustaví v rotační paraboloid s osou v osy hřídele. Řemenice - nádoba je shora uzavřena utěsněným víčkem zajištěným maticí.

Tlakový olej je přiváděn do stojícího mazacího pouzdra ložiska dvěma , pod 45° skloněnými mazacími dírkami do obvodové drážky pouzdra. Odtud proudí tlakový olej mezi-kružím, vytvořeným vůlí v ložisku směrem nahoru a dolu. Tím se vytváří olejová mazací vrstva.

Po přechodu ložiska je olej odstříkován s axiálních mazacích plošek dole přímo do rotující řemenice a nahore do komůrky v ložiskovém tělese , která je shora uzavřena těsnícím víčkem. S komůrky olej stéká drážkami na povrchu pouzdra zpět do rotující nádoby. Tato cirkulace oleje se pořád opakuje.

Při odstříkování oleje z axiální třecí plochy olej značně mlží. Bylo problémem komůrku utěsnit. Toto jsem vyřešil labyrintem. Ukázalo se však, že zlinavostí se přece malé množství oleje dostává na povrch. Domnívám se , že toto se dá odstranit malou obvodovou drážkou na válcové ploše víčka , nebo mělkou šroubovou drážkou , která by měla směr stoupání proti otáčení hřídele.

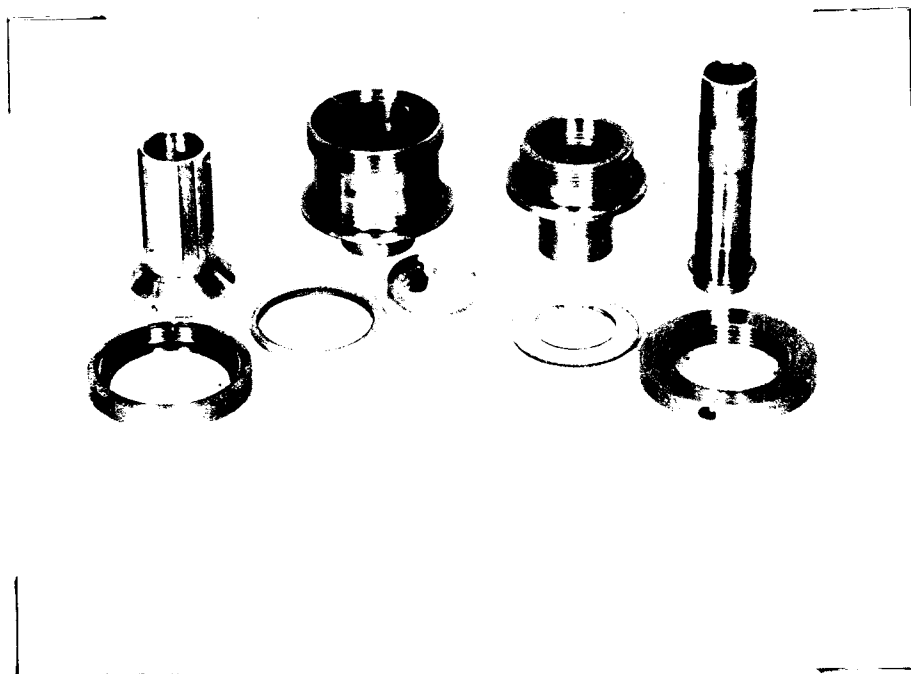
Aby se dal kontrolovat průběh mazání , jako i stav oleje , navrhl jsem utěšňovací víčko odstříkovací komůrky a víčko rotující nádoby z plexiskla . Tím se dá průběh mazání a síla mezi-kružní olejové vrstvy zachodu kontrolovat vizuálně.

Mazací pouzdro je uloženo v ložiskovém tělese shodně, aby byla snadná montáž. Proti otočení a posuvu je zajištěno červem.



obr.VI.1.1.

Obr.VI.1.1. představuje celkový pohled na konstrukci kluzného uložení s tlakovým mazáním.

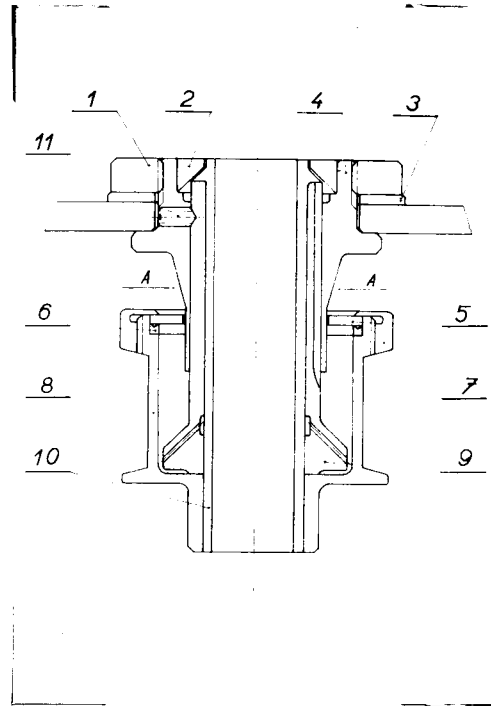


obr.VI.1.2.

Obr.VI.1.2. představuje pohled na demontovanou konstrukci kluzného uložení s tlakovým mazáním.

VI.-2. Výpočet tlaku oleje v rotující řemenici.

Pro názornost výpočtu slouží obr.VI.1. na str. 56.



obr,VI.2.1.

U rotující nádoby platí rovnice paraboly :

$$y = -\frac{x^2}{2g} - \frac{w^2}{2g} + k = -\frac{u_x^2}{2g} + k \quad /58/$$

Pro hladinu konstanta k se rovná y_0 při $x = 0$

$$\text{pro } n = 15000 \text{ l/min.} \quad w = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi \cdot 15000}{60}$$

$$w = 1700 \text{ l/sec.}$$

Pro $x = r$; $y = h$

$$h = \frac{-r^2 w^2}{2g} = \frac{-2^2 \cdot 1700^2}{2 \cdot 980} = \frac{-4 \cdot 288 \cdot 10^4}{2 \cdot 980} \quad /59/$$

$$h = \frac{-1150 \cdot 10^4}{2 \cdot 980} = 5,75 \cdot 10^3 \text{ cm} = 57,5 \text{ m}$$

$$-\frac{h}{2} = 2,875 \cdot 10^3 \text{ cm} = 28,75 \text{ m};$$

Z obr. vyplývá , že :

$$y_h = -\frac{h}{2} + y_o; \quad /60/$$

$$y_o = y_h - -\frac{h}{2} \quad /61/$$

Při $y_h = 23 \text{ mm}$

$$y_o = 0,023 - 28,75 = 28,727 \text{ m}$$

Rovnice paraboly při $n = 15000 \text{ ot/min.}$ má tvar:

$$y = \frac{-x^2 w^2}{2g} - 28,727 \quad / \text{ m, /l/sec/}$$

Výpočet rovnice paraboly při otáčkách $n = 10000/\text{min.}$

$$w = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi \cdot 10000}{60} = 1047 \text{ l/sec.}$$

$$h = \frac{-r^2 w^2}{2g} = \frac{-2^2 \cdot 1047^2}{2 \cdot 980} = \frac{-4 \cdot 1098 \cdot 10^3}{2 \cdot 980} = 2,24 \cdot 10^3 \text{ cm}$$

$$-\frac{h}{2} = 1,12 \cdot 10^3 \text{ cm} = 11,2 \text{ m}$$

$$y_o = 11,177 \text{ m}$$

Zjednodušený výpočet tlaku oleje:

pro ústí mazacích dírek je $x = 19 \text{ mm}$;
při $n = 15000$ je $w = 1700 \text{ l/sec}$.

$$y = \frac{19^2 \cdot 1700^2}{2.9,81 \cdot 10^3} - 28,727 \cdot 10^3$$

$$y = \frac{3,61 \cdot 2,88 \cdot 10^8}{2.9,81 \cdot 10^3} - 28,727 \cdot 10^3$$

$$y = 53,1 \cdot 10^3 - 28,727 \cdot 10^3 = 24,4 \cdot 10^3 \text{ mm} = 24,4 \text{ m.}$$

Používal jsem mazadlo "Kolza", kterého $\mu = 0,8 - 0,9 \text{ g/cm}^3$

$$p_p = \mu \cdot y = 0,85 \cdot 24,4 = 2,07 \text{ kg/cm}^2 = \underline{\underline{2,07 \text{ atp.}}}$$

při $n = 10000 \text{ l/min}$ je $w = 1047 \text{ l/sec}$.

$$y = \frac{19^2 \cdot 1047^2}{2.9,81 \cdot 10^3} - 10,97 \cdot 10^3$$

$$y = \frac{361 \cdot 1098 \cdot 10^3}{2.9,81 \cdot 10^3} - 10,97 \cdot 10^3$$

$$y = \frac{3,61 \cdot 1,098 \cdot 10^6}{2.9,81 \cdot 10^3} - 10,97 \cdot 10^3$$

$$y = 0,202 \cdot 10^5 - 10,97 \cdot 10^3 = 10,11 \cdot 10^3 \text{ mm} = 10,11 \text{ m.}$$

$$p_p = \mu \cdot y = 0,85 \cdot 1,011 = 0,86 \text{ kg/cm}^2 = \underline{\underline{0,86 \text{ atp.}}}$$

Z výpočtu je patrné, že tlak v závislosti na otáčkách se mění v nějaké exponenciální křivce, poněvadž je závislý na w^2 . Vzhledem na krátkost rozběhu nehrozí zde zadření. Teplotu oleje jsem neměřil, poněvadž za provozu bude olej chlazen dutým hřídelem proudícím vzduchem.

Z výpočtu je dále patrné, že vzhledem na velkou vzdálenost vrcholů hladinových parabol oleje při provozních otáčkách 10.000 - 15.000 ot./min. dá se parabolické mezikruží přibližně brát jako mezikruží válcové. Dalo by se také spočítat minimální hladina oleje, při které by ještě bylo možné mazání, vzhledem na to, že ústí mazacích dírek jsou vzdáleny od okrajů řemenice 1 mm. Jelikož je obtížné zjistit výšku hladiny oleje, tento výpočet jsem nedělal. Síla mezikruží mazacího oleje, která nesmí být slabší než 1 mm, se dá vizuálně kontrolovat za chodu přes průhledné víčko z plexiskla. Průběh mazání se dá také vizuálně pozorovat přes utěšňovací víčko odstříkovací komůrky. Z uvedených důvodů jsem také vypustil výpočet tloušťky mezikruží mazacího oleje pro, ve výpočtu uvažovanou, hladinu a pro rozsah provozních otáček.

Dalším důležitým teoretickým úkolem by bylo rozebrat a popsat poměry uvnitř ložiska, jakož i ztráty na tlaku oleje škrcením jednak v mazacích dírkách, tak i ve štěrbině samotného ložiska. Vzhledem na rotaci hřídele vůči pouzdru a proudění tlakového oleje se dá předpokládat, že olej bude postupovat mazací štěrbinou šroubovým pohybem. Teoreticky rozebrat tyto poměry by bylo určitě značně obtížné a zaslouží si delšího výzkumu, co by přesáhlo rámec této moji diplomové práce. Vzhledem na omezenou dobu, kterou mám k dispozici, na vypracování této práce, předpokládám, že uvnitř ložiska dochází ke kapalinnému tření. Tomu také nasvědčují provozní zkoušky tohoto uložení.

Další důležitou otázkou je, zda jsou obě třecí plochy mazány dostatečně. Z obrázku konstrukce je zřejmé, že cesta menšího odporu pro proudící olej je z obvodové drážky směrem dolů. Vůle v obou třecích plochách jsou stejné. Při návrhu mazacího pouzdra jsem tento fakt vzal v úvahu a z toho

důvodu jsem mazací dírky sklonil pod úhlem 45° . Dá se domnívat, že tímto řešením dostane proudící olej směr proudění, při kterém složka tlaku ve směru vzhůru bude sto překonat složku tíže, odpor ve šterbině pouzdra, váhu hřídele s řemenicí a pouzdrem, která působí na horní axiální plošku a ~~ta~~, sílu vyvozenou tlakem oleje, na spodní axiální plošku. Zda byl tento předpoklad správný, to potvrdí dlouhodobé zkoušky uložení.

Z obrázku je dále patrné, že hnací moment musí překonávat také složku tření rotujícího oleje o stojící pouzdro. Je otázkou, v jaké míře to ovlivňuje příkon daného uložení. Toto tření by se dalo eliminovat tím způsobem, že nádobka s olejem by byla v klidu a olej by byl nassáván přes mazací dírky šroubovou dražkou se stoupáním proti otáčení hřídele. Tím by se však změnil princip uložení s tlakovým mazáním.

Mazací pouzdro jsem vyráběl z bronzu. Za předpokladu kapalinného tření se však dá uvažovat také o lacinějších materiálech, jako o hliníku ~~vylitém~~ komposicí, nebo materiálu VUK₂, resp. umělých hmotách, které v poslední době nachází široké použití.

VI. - 3.-1. Zpracování naměřených hodnot.

Příkon tohoto kluzného uložení v závislosti na otáčkách jsem měřil jak pro samotné uložení, tak i se spřádacím košíkem. Chci však podotknout, že spřádací košík je značně dynamicky nevyvážen. Jeho nevyváženost je tak značná, že nebylo možné zkoušet chod a měření příkonu valivého uložení s namontovaným košíkem, co jistě zkresluje naměřené hodnoty příkonu. Dá se předpokládat, že bude-li košík dynamicky vyvážen, bude příkon kluzného uložení se spřádacím košíkem menší, protože ložisko bude přenášet menší radiální tlaky, zmenšené o tlaky vyvozené dynamickými silami z nevyváženosti.

Při měření a zpracování hodnot, opět jako u valivého uložení, vyplynuly chyby z nepřesného čtení otáček při přechodu na vyšší rozsah ručního otáčkoměru. Tyto chyby čtení otáček jsou patrné z vynesení diagramů příkonu v závislosti na otáčkách a zvláště z teoretických křivek příkonu, kde se to projevuje v rozdílu podle teoretické křivky vypočítaných a naměřených hodnot příkonu. Je to zřetelné pro otáčky kolem 13.000 ot./min., kde je rozdíl, a z toho vyplývající procentuální chyba, největší.

Průměrné hodnoty měření jsou zachyceny v tabulkách protokolů měření na následujících stránkách.

Po vynesení naměřených hodnot do diagramu jsem dostal křivku závislosti příkonu na otáčkách. Po odečtení příkonu spotřebovaného dynamometrem, který je zachycen v protokolu měření ve statí IV-2 o valivém uložení a na diagramu v příloze valivého uložení, dostal jsem křivku závislosti čistého příkonu na otáčkách.

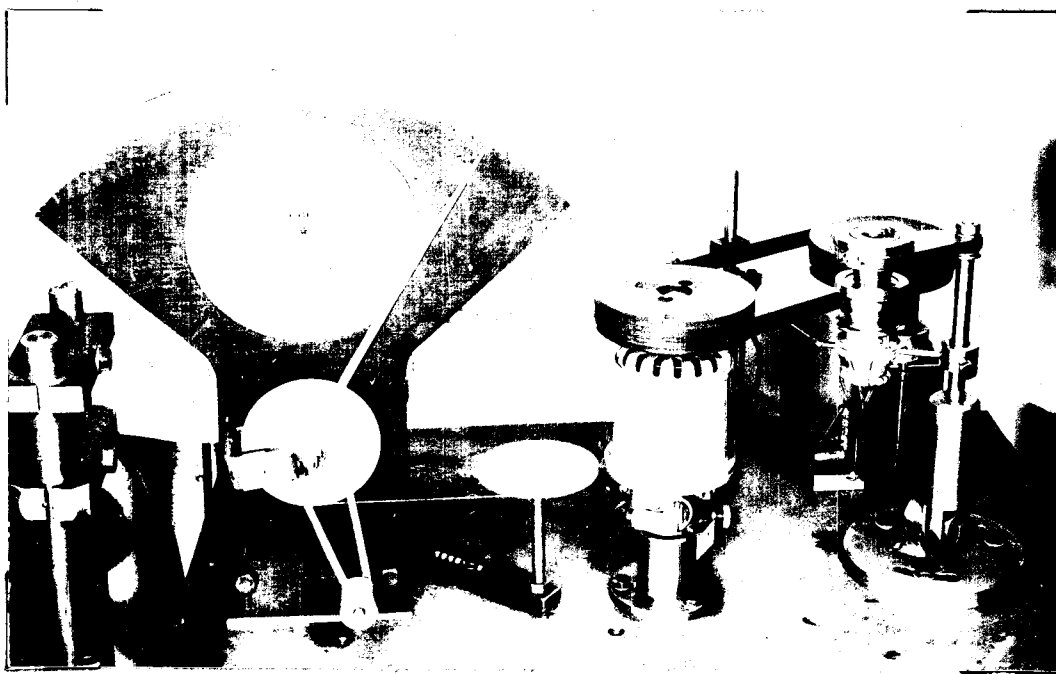
Diagramy z tohoto měření příkládám v příloze pod názvem " Charakteristika kluzného uložení s přádním košíkem" a " Charakteristika kluzného uložení".

VI. - 3. Měření příkonu kluzného uložení.

Po vyrobení navrženého kluzného uložení jsem si prakticky ověřil jeho chod na zkušební stoličce. Nechal jsem ho běžet bez zastavení několik dnů. Jelikož výsledky zkoušek byly uspokojivé, přistoupil jsem k měření příkonu na dynamometru.

Vlastní měření jsem prováděl na dynamometru popsaném v kapitole IV - 2 o valivém uložení.

Přiložený obrázek VI. 3. 1. znázorňuje pohled na dynamometr s kluzným uložením a se sprádacím košíkem.



obr. VI.3.1.

Protokol měření příkonu v závislosti na otáčkách
kluzného uložení bez spřádacího košíku.-----

Střední hodnoty měření

měř.	n dynmetru	n hřídele	dílky	g	W
1.	1930	5270	6,8	68	6,75
2.	2240	6120	8,1	81	9,3
3.	2625	7175	9,25	92,5	12,45
4.	2980	8150	10,25	102,5	15,7
5.	3410	9300	11,5	115,0	20,1
6.	3600	9850	12,9	129,0	23,7
7.	3800	10380	14,4	144,0	28,1
8.	4000	10900	15,4	154,0	31,5
9.	4175	11400	16,35	163,5	35,0
10.	4360	11900	17,5	175,0	39,2
11.	4515	12300	18,0	180,0	41,7
12.	4780	13050	18,3	183,0	44,8
13.	5330	14550	19,5	195,0	53,4
14.	5550	15130	20,1	201,0	57,3
15.	5630	15380	20,95	209,5	60,5
16.	5830	15900	22,1	221,0	66,1
17.	6000	16380	23,5	235,0	72,5
18.	6200	16900	25,0	250,0	79,5
19.	6430	17500	26,5	265,0	87,5

Protokol měření příkonu v závislosti na otáčkách
kluzného uložení se spřádacím košíkem.-----

Střední hodnoty měření

měř.	n dynmetru	n hřídele	dílky	g	W
1.	1980	5400	11,8	118,0	12,0
2.	2270	6200	12,6	126,0	14,7
3.	2400	6550	13,5	135,0	16,6
4.	2660	7260	14,5	145,0	19,8
5.	2920	7970	15,4	154,0	23,0
6.	3050	8340	16,4	164,0	25,3
7.	3350	9150	17,5	175,0	30,0
8.	3570	9750	18,4	184,0	33,7
9.	3710	10300	19,0	190,0	36,1
10.	3920	10700	19,8	198,0	40,0
11.	4110	11200	20,5	205,0	43,2
12.	4215	11470	21,3	213,0	46,0
13.	4380	11950	22,5	225,0	50,6
14.	4515	12300	23,75	237,5	53,4
15.	4640	12650	24,6	246,0	58,5
16.	4760	13000	25,2	252,0	61,5
17.	5100	13900	26,2	262,0	68,6
18.	5370	14600	26,8	268,0	74,0
19.	5500	15000	27,75	277,5	78,2
20.	5640	15380	28,3	283,0	82,0

VI.-3.-2. Výpočet teoretické křivky příkonu.

Po vynesení naměřených hodnot a odečítání příkonu dynamometru, mohu z křivky čistého příkonu v závislosti na otáčkách odečíst pro libovolné otáčky potřebný příkon.

a/ z diagramu pro kluzné uložení bez košíku se dají odečíst hodnoty:

pro	$n_1 = 7000 \text{ ot./min.}$	$N_1 = 10 \text{ W}$
	$n_2 = 9000 \text{ ot./min.}$	$N_2 = 18 \text{ W}$
	$n_3 = 11000 \text{ ot./min.}$	$N_3 = 28 \text{ W}$
	$n_4 = 13000 \text{ ot./min.}$	$N_4 = 40,2 \text{ W}$
	$n_5 = 15000 \text{ ot./min.}$	$N_5 = 50,4 \text{ W}$

Z průběhu křivky je patrné, že závislost příkonu na otáčkách je exponenciální křivka jdoucí počátkem, která má obecnou rovnici:

$$N = a \cdot n^x$$

Obdobně jako u valivého uložení vypočítám si konstantu a a exponent x podle vztahů /55/ a /56/, uvedených v odstavci IV-3 valivého uložení.

$$x = \frac{\log \frac{N_5}{N_3}}{\log \frac{n_5}{n_3}} = \frac{\log \frac{50,4}{28}}{\log \frac{15000}{13000}} = \frac{\log 1,8}{\log 1,363}$$

$$x = \frac{0,25527}{0,13450} = 1,8972$$

$$\begin{aligned}\log a &= \log N_5 - x \log n_5 \\ \log a &= \log 50,4 - 1,8979 \cdot \log 15.000 \\ \log a &= 1,70243 - 1,8979 \cdot 4,17609 \\ \log a &= -6,2234 = 0,7766 \text{ } /-7/\end{aligned}$$

$$\underline{\underline{a = 5,979 \cdot 10^4}}$$

Z výpočtu vyplývá, že křivka příkonu v závislosti na otáčkách kluzného uložení bez košíku odpovídá rovnici:

$$N = 5,979 \cdot 10^{-4} \cdot n^{1,8797} \quad /62/$$

Kontrola pro

$$n_4 = 13000 \text{ ot./min.}; N_4 = 40,2 \text{ W}$$

$$\begin{aligned}\log N_4 &= \log a + x \log n_4 \\ \log N_4 &= -6,2234 + 1,8979 \cdot 4,11394 \\ \log N_4 &= 1,5844\end{aligned}$$

$$\underline{\underline{N_4 = 38,41 \text{ W}}}$$

Chyba činí 4,5 %. Tato chyba je způsobena chybami čtení na otáčkoměru v této oblasti otáček.

b/ Z diagramu pro kluzné uložení se spřádacím košíkem se dají odečítat hodnoty:

pro	$n_1 = 7000 \text{ ot./min.}$	$N_1 = 18 \text{ W}$
	$n_2 = 9000 \text{ ot./min.}$	$N_2 = 27,5 \text{ W}$
	$n_3 = 11000 \text{ ot./min.}$	$N_3 = 39,7 \text{ W}$
	$n_4 = 13000 \text{ ot./min.}$	$N_4 = 52 \text{ W}$
	$n_5 = 15000 \text{ ot./min.}$	$N_5 = 70 \text{ W}$

$$x = \frac{\log \frac{N_5}{N_3}}{\log \frac{n_5}{n_3}} = \frac{\log \frac{70,0}{39,7}}{\log \frac{15000}{13000}}$$

$$x = \frac{\log 1,7649}{\log 1,3636} = \frac{0,24650}{0,13450} = 1,8327$$

$$\log a = \log N_5 - x \cdot \log n_5$$

$$\log a = \log 70 - 1,8327 \cdot \log 15000$$

$$\log a = 1,84553 - 1,8327 \cdot 4,17609$$

$$\log a = -5,808 = 0,192 \quad /-6/$$

$$a = 1,555 \cdot 10^{-3}$$

Křivka příkonu kluzného uložení v závislosti na otáčkách se sprádacím košíkem má rovnici :

$$N = 1,555 \cdot 10^{-3} \cdot n^{1,8327} \quad /63/$$

Kontrola pro

$$n_4 = 13000 \text{ ot./min. } N_4 = 52 \text{ W}$$

$$\log N_4 = \log a + x \cdot \log n_4 = -5,808 + 1,8327 \cdot 4,1139$$

$$\log N_4 = 1,7316$$

$$N_4 = 53,91 \text{ W}$$

Chyba činí 3,68 %, proto se dá s přibližností používat uvedená rovnice /63/ pro výpočet příkonu kluzného uložení se sprádacím košíkem v závislosti na otáčkách.

VII. Závěr kapitoly o kluzném uložení.

V závěru kapitoly o tomto uložení chci poznamenat, že toto uložení vykazuje nepoměrně lepší výsledky, než uložení valivé. Jeho chod je klidný, bezhlučný. Mazání pracuje spolehlivě. Teplota mazacího oleje nepřesahuje 50°C , co se za provozních podmínek ještě značně sníží, vzhledem na to, že dutým hřídelem bude proudit vzduch s přádním materiálem, který bude celou konstrukci intenzivně ochlazovat. Malým nedostatkem, který bude třeba dořešit je to, že odstříkovaný olej z axiální plošky vytváří mlhovinu a malé množství oleje se dostává labyrinthem ven. Toto se dá odstranit mělkou šroubovou drážkou na válcové části těsnícího víka.

Při nepřetržitém zkoušení nechal jsem jej točit na 18.000 ot./min. Při těchto otáčkách použité mazadlo "Kolza" pění. Bude nutné uvažovat o mazadle méně pěnivém.

Při měření příkonu na tomto uložení se spřádacím košíkem byl tento značně dynamicky nevyvážen. O spolehlivém chodu tohoto uložení svědčí také to, že i při značné nevyváženosti uložení spolehlivě mazalo, hřídel se klidně otáčel bez házení, hlučnost se zvětšila nepatrně, teplota stoupla také nepatrně. V provozu se počítá s dynamicky vyváženými spřádacími košíky.

Z těchto všech uvedených poznatků usuzuji, že uložení, založené na tomto principu mazání, bude možno prakticky použít na zařízení bezvřetenového spřádání. Požadavek na příkon je splněn, zároveň také na hlučnost, spolehlivost mazání, snadnou montáž.

Podotýkám ovšem, že stávající konstrukce není konečná. Je těžko předpokládat, že konstrukce prvního návrhu

pracuje na optimálních parametrech. Tato konstrukce si vyžaduje ještě dalšího výzkumu a dlouhodobého zkoušení resp. případné konstrukční úpravy, sloužící k hledání optimálních poměrů pro chod tohoto uložení. Předpokládám, že faktory, ovlivňující optimální poměry jsou : vůle v ložisku, velikost třecích ploch, druh mazadla, resp. případné konstrukční úpravy k odstranění tření rotujícího oleje v stojící mazací pouzdro.

VIII. Porovnání obou konstrukcí uložení.

V úvodu této kapitoly chci předeslat, že srovnávám-li obě vyvinuté konstrukce uložení, téměř všechna kritéria vyznívají kladně pro kluzné uložení. Zároveň chci poznamenat, že konstrukce valivého uložení podle poslední alternativy není konečná, má řadu nedostatků, které by se snad delším výzkumem daly odstranit. Proto když mám srovnávat obě tyto stávající konstrukce, klady kluzného uložení se projeví tím výrazněji. Při srovnávání mám na zřeteli konstrukce obou uložení ve stadiu vývoje při dokončování diplomní práce a pro otáčky 15.000 1/min.

Srovnávám-li obě konstrukce na základě klidného chodu, který je předpokladem pro zařízení bezvřetenového spřádání, chceme-li na něm vypřádat rovnoměrnou přízi, pak tento požadavek splňuje pouze kluzné uložení. Rotace hřídele u něj je pravidelná bez přídavných rotací a bez házení. U konstrukce valivého uložení podle poslední alternativy je tato rotace nepravidelná, doprovázená přídavnými rotacemi.

Požadavek na minimální hlučnost jest splněn pouze u kluzného uložení. Toto se otáčí klidně, nehlučně. Naproti tomu konstrukce valivého uložení vykazuje značnou hlučnost, podmíněnou házením hřídele s ostatními rotačními částmi a vlastním odvalováním kuliček v ložiskách.

Srovnání na základě příkonu :

kluzné uložení : $n_5 = 15000 \text{ 1/min.}$ $N_5 = 50,4 \text{ W}$

valivé uložení : $n_5 = 15000 \text{ 1/min.}$ $N_5 = 63,2 \text{ W}$

Rovnice křivek příkonu v závislosti na otáčkách:

kluzné uložení : $N_k = 5,979 \cdot 10^{-4} \cdot n_k^{1,8979}$

$$\text{valivé uložení : } N_v = 2,601 \cdot 10^{-6} \cdot n_v^{2,487}$$

Z porovnání příkonů je patrné, že valivé uložení potřebuje přibližně o 20% větší příkon na překonání valivých odporů. Dá se ovšem předpokládat, že odstranění přídavných rotací by se příkon zmenšil. Naproti tomu u kluzného uložení je otázným zda stávající konstrukce pracuje za optimálních podmínek.

Porovnání na základě příkonů uložení zatížených sprádacím košíkem není možné, protože nebylo možné změřit příkon valivého uložení s košíkem.

Uvádím pouze potřebný příkon pro kluzné uložení se sprádacím košíkem a rovnicí křivky příkonu:

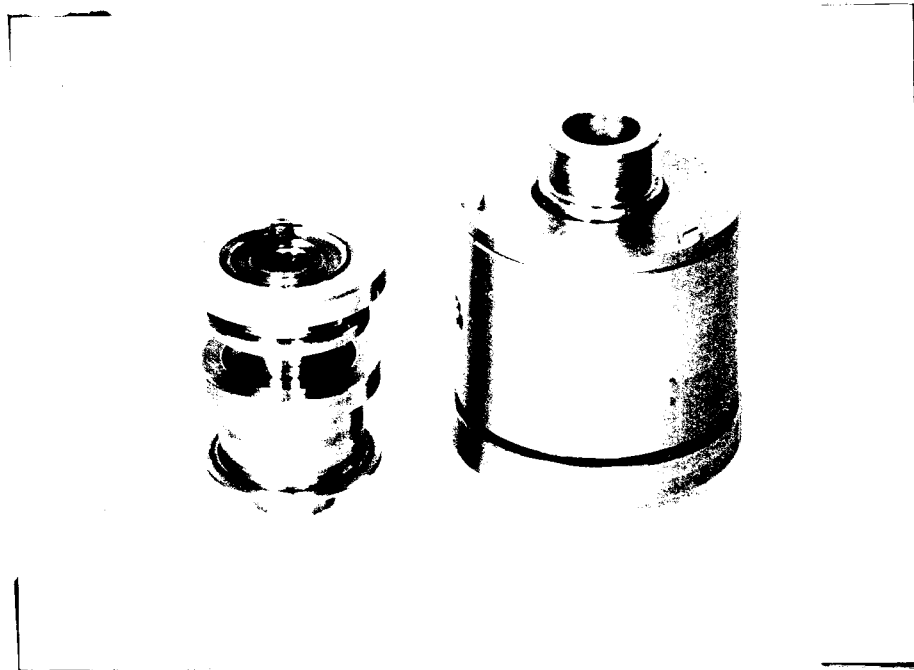
$$n_5 = 15000 \text{ l/min.} \quad N_5 = 70 \text{ W}$$
$$N_{kk} = 1,556 \cdot 10^{-3} \cdot n_{kk}^{1,8327}$$

Srovnávám-li na základě požadavků na přesnost výroby a nákladů na výrobu, opět kluzné uložení je méně konstrukčně složitě, má menší nároky na přesnost výroby. Obsahuje zároveň méně konstrukčních dílců, méně tolerovaných rozměrů, z čeho vyplývá, že náklady na výrobu jsou u něj menší než u valivého.

Otázka spolehlivého mazání je vyřešena pouze u kluzného uložení. Je vyřešena také otázka spolehlivé kontroly mazání. U valivého uložení otázka mazání zůstala nedořešena.

Údržba a montáž je opět jednodušší u kluzného uložení. Valivé uložení je zvláště citlivé na přesnost montáže, čím je také ztížena údržba.

Dalším důležitým kritériem je velikost uložení co se týče délky dutého hřídele i průměru samotného uložení. Co, nejmenší délka hřídele je žádoucí pro technologii spřádání na zařízení bezvřetenového spřádání. Dutý hřídel je opět kratší u kluzného uložení. Průměr uložení ovlivňuje rozteče jednotlivých spřádacích hlav a tím i velikost stroje bezvřetenového předení. Kluzné uložení je opět prostorově menší, jak je to zřejmé z obr.VIII.1., který slouží ke srovnání obou uložení.



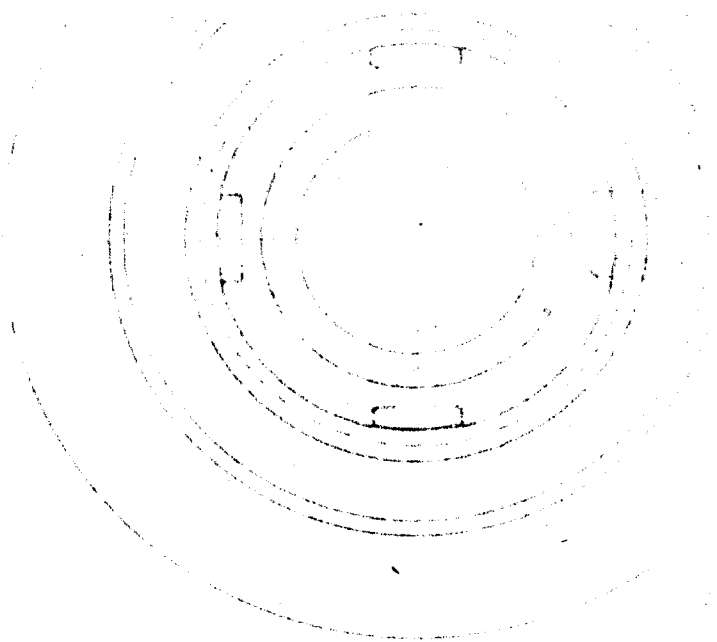
obr.VIII.1.

Na základě všech těchto srovnání a na základě zkoušek obou uložení je patrné, že kluzné uložení splňuje téměř všechny požadavky kladené na konstrukci uložení hřídele na zařízení bezvřetenového předení. Domnívám se, že budou-li kladné výsledky dlouhodobých zkoušek, resp. po úpravách za účelem vyhledání optimálních provozních poměrů u tohoto uložení, bude možné použít tuto konstrukci uložení na stroji bezvřetenového předení. Po ukončení diplomové práce se chci sám určitou dobu věnovat výzkumu na tomto uložení.

IX. Závěr.

Na závěr diplomní práce chci říci, že moji snahou bylo vyvinout takovou konstrukci uložení s předpsanými požadavky, aby byla spolehlivá a hlavně aby byla prakticky použitelná na zařízení bezvřetenového spřádání. Tímto způsobem chci vyjádřit poděkování naší straně a vládě a všem pracujícím za možnost studovat za takových podmínek, jaké jsou možné jenom v socialistickém společenském zřízení.

Zároveň chci přispět, i když nepatrným dílem, k rozvoji našeho textilního průmyslu. Vyspělý textilní průmysl, vyrábějící spotřební zboží, je také známkou životní úrovně pracujících. Snahou textiláků je vyrábět textilní zboží co nej kvalitnější a s nejmenšími náklady. Tento cíl sleduje aj princip bezvřetenového předení, kterého dílčím řešením je i moje práce na návrhu a výzkumu uložení dutého hřídele. Řešením tohoto úkolu chci zároveň přispět k zvedání životní úrovně našich pracujících a k snaze pracovníků VÚTT v Liberci stát v čele světového vývoje textilního průmyslu.



1. 1000	1000
2. 1000	1000
3. 1000	1000
4. 1000	1000
5. 1000	1000
6. 1000	1000
7. 1000	1000
8. 1000	1000
9. 1000	1000
10. 1000	1000

1000
1000
1000
1000
1000
1000
1000
1000
1000
1000

VOTT

DATE VRETEM

1000

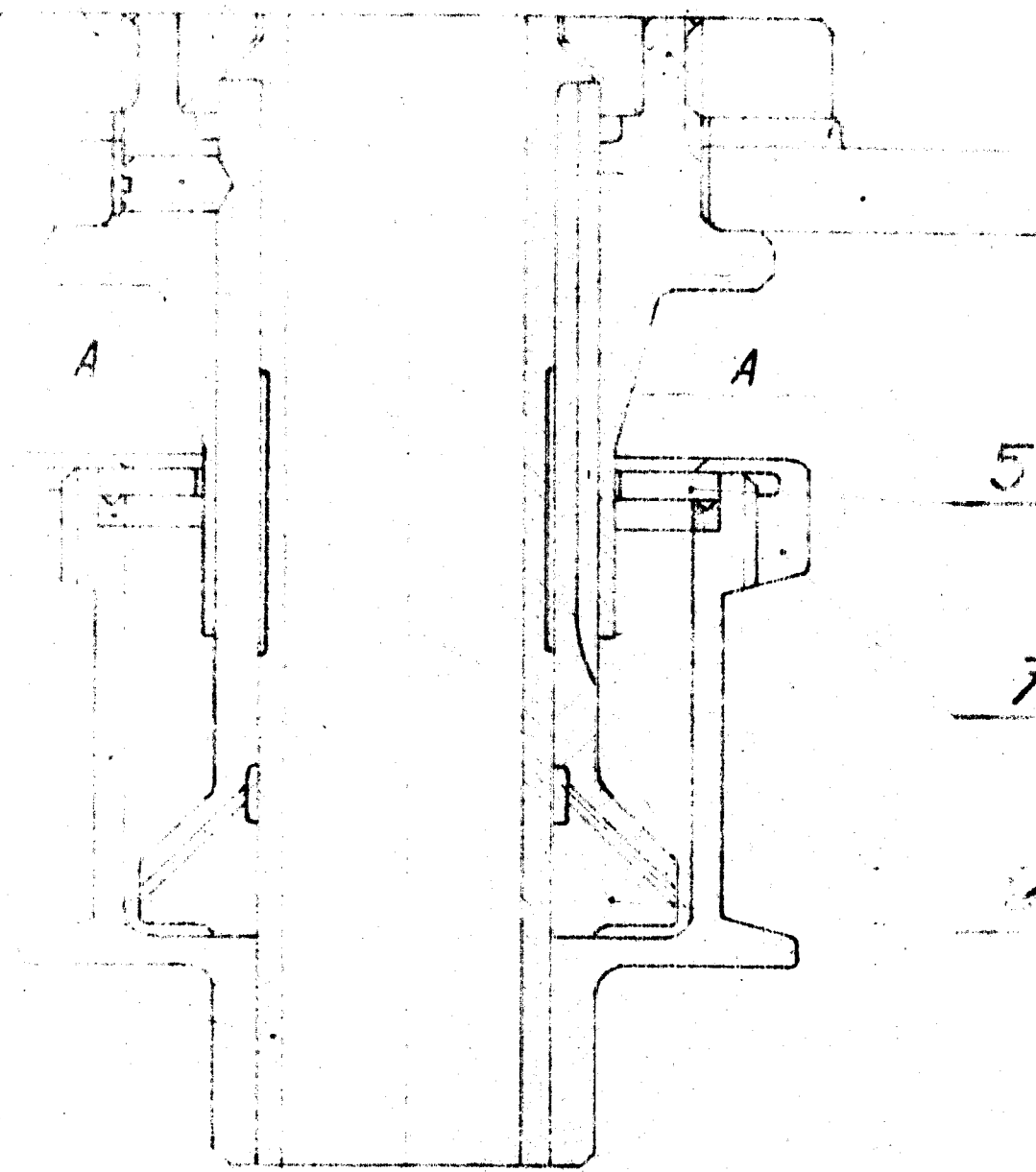
1 2 4 3

11

6

8

10



5

7

9

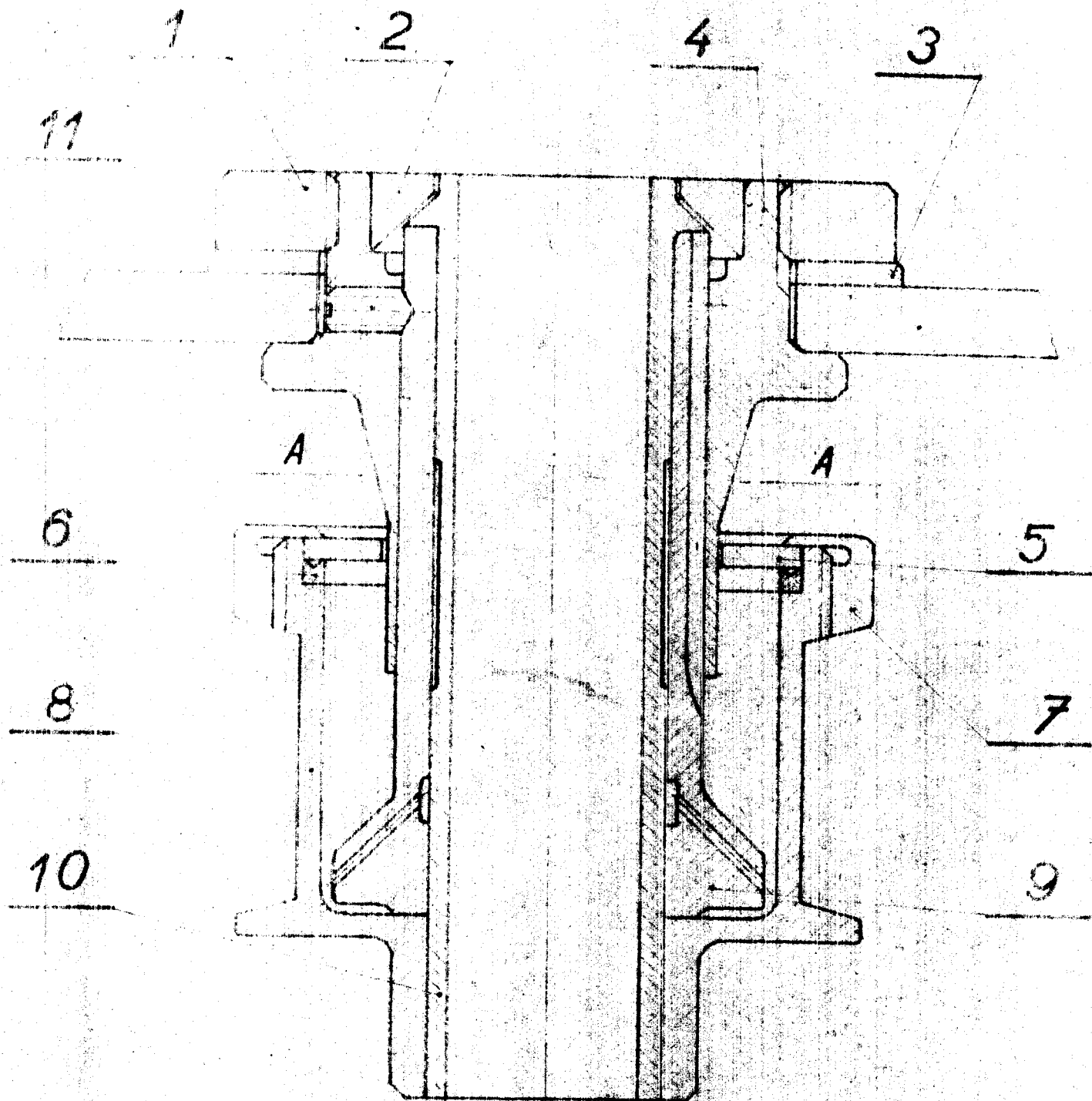


Figure 1. The effect of the concentration of the polymer on the gelation time of the polymer solution. The concentration of the polymer was 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834



SECRET

10-10-68

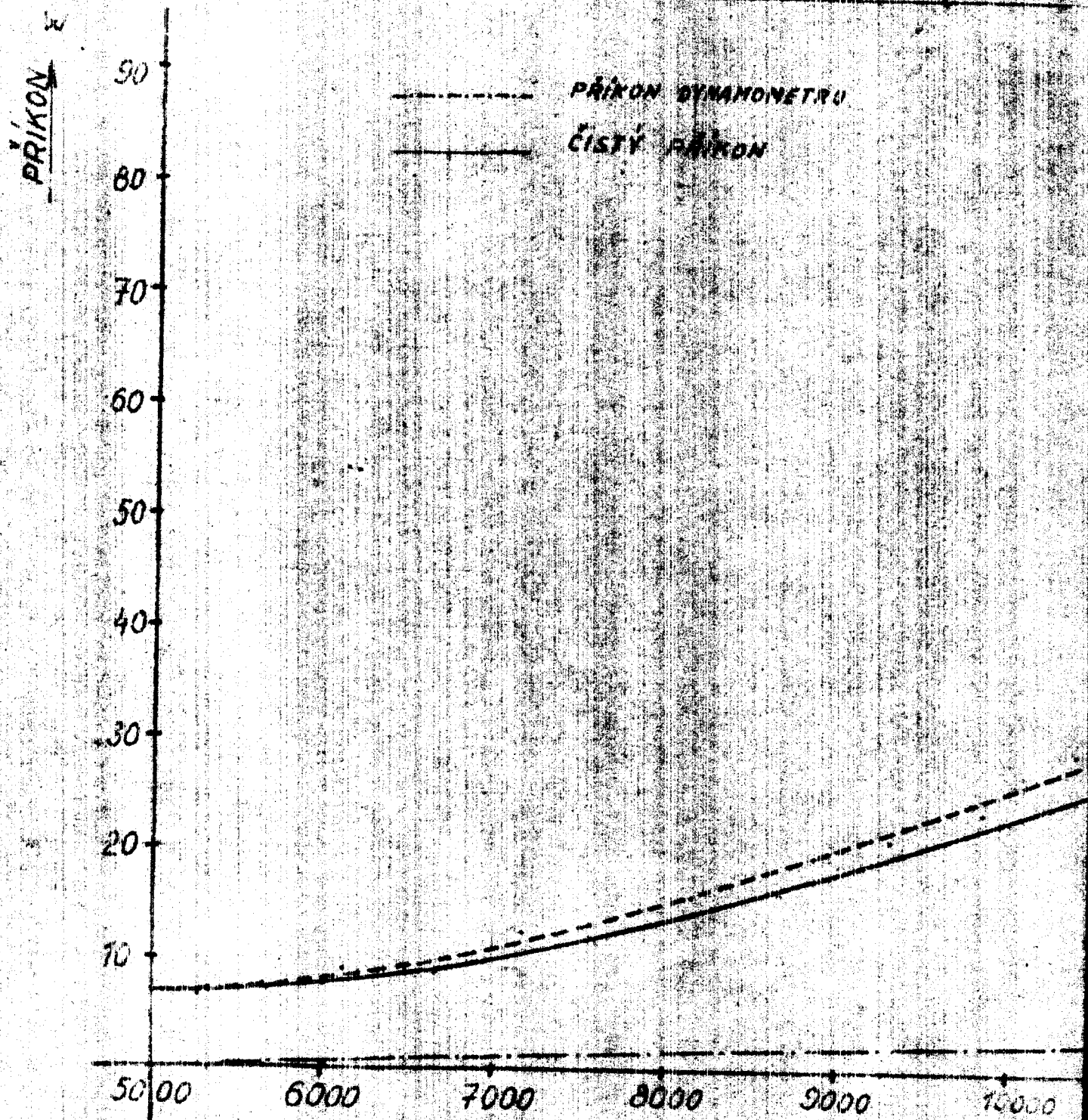
NOTE

100

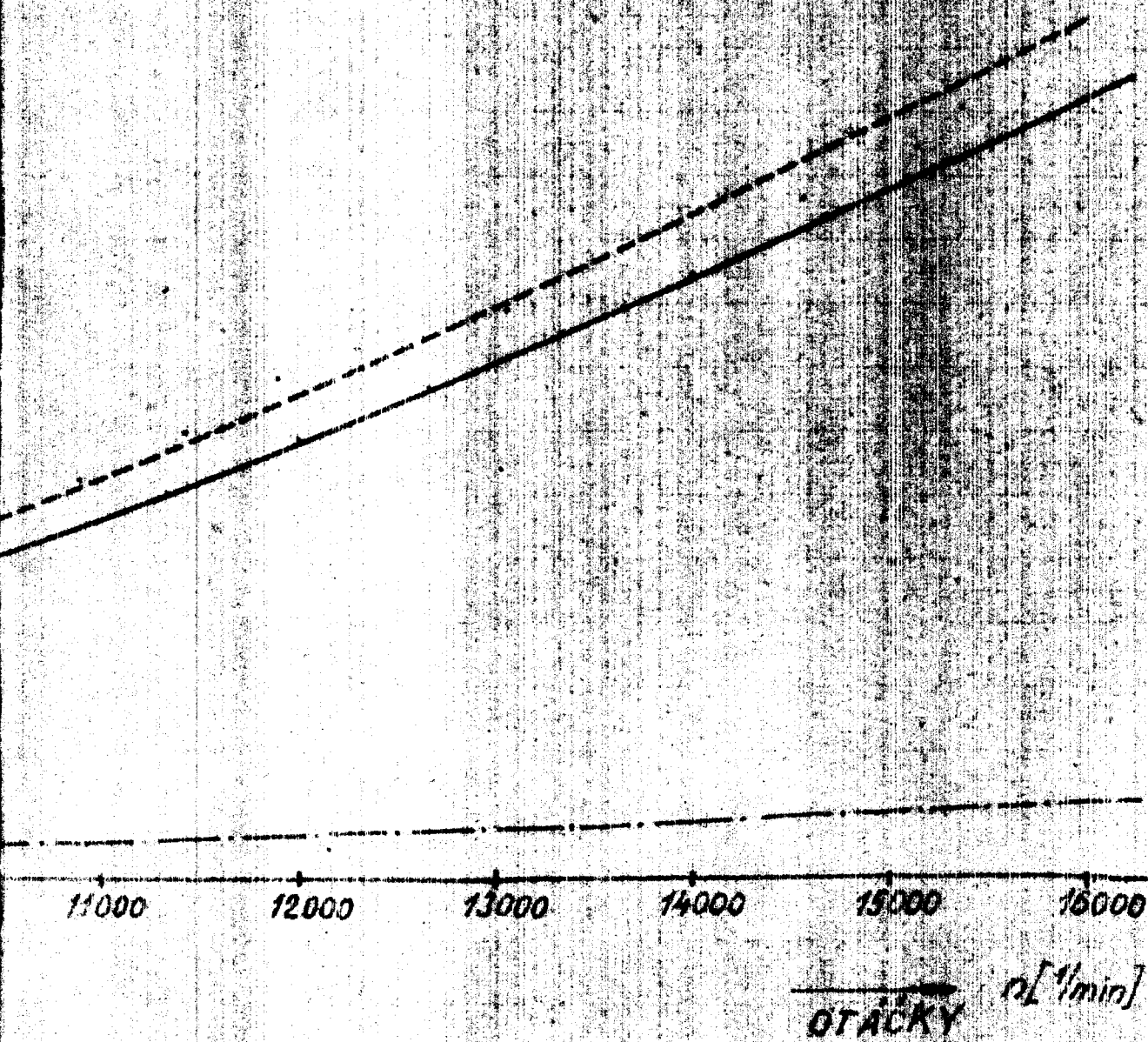
[illegible]

1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 26

CHARAKTERISTIKA

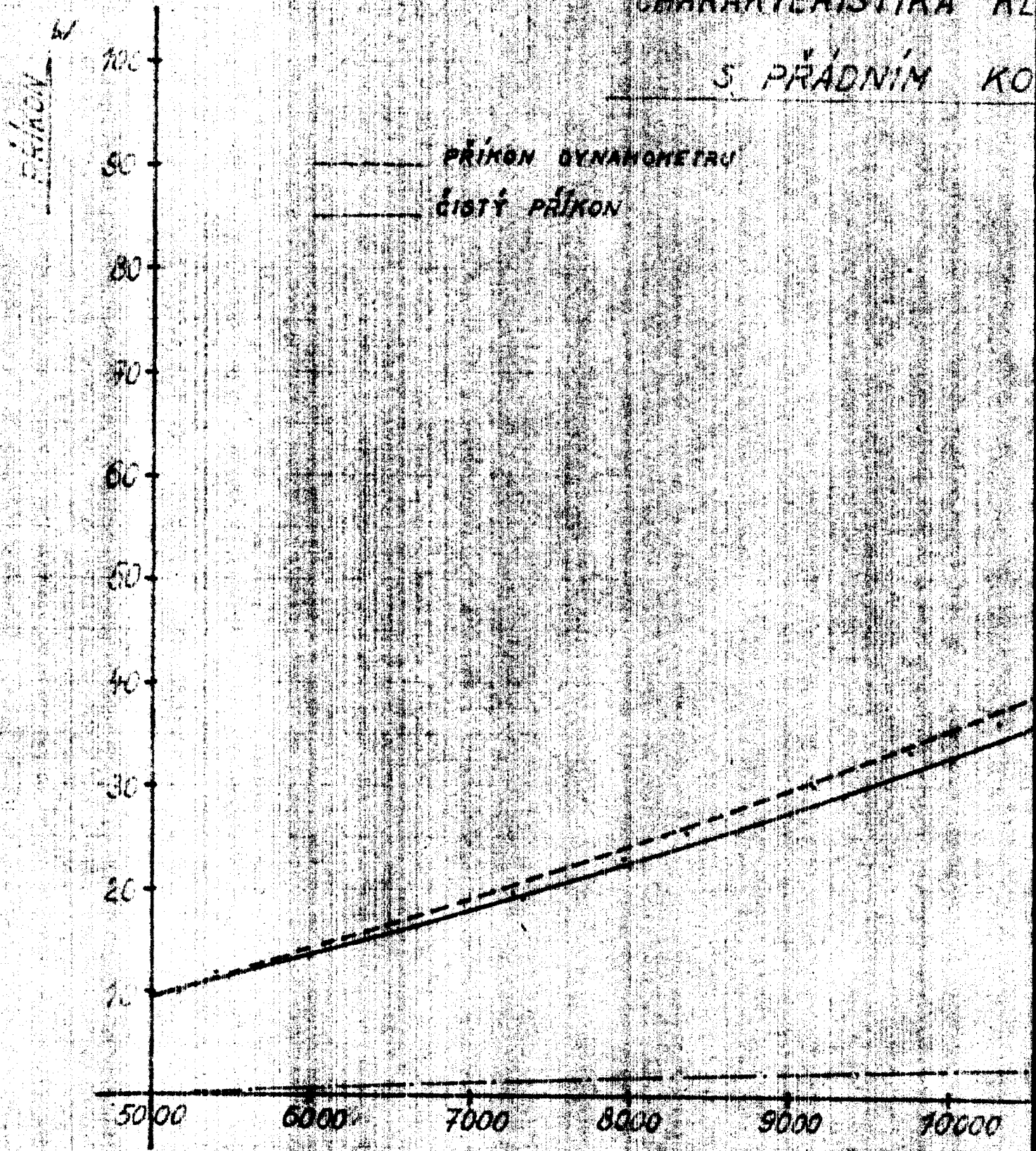


KLIZNEHO ULOZENÍ



CHARAKTERISTIKA KL

S PŘÁDNÍM KO



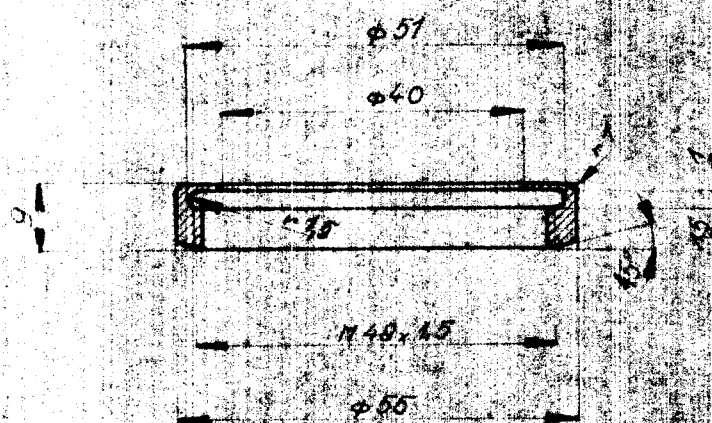
UZNEHO ULOZENÍ
ŠÍKEM



OTÁČKY ω [1/min]

[illegible][illegible]

[illegible][illegible]



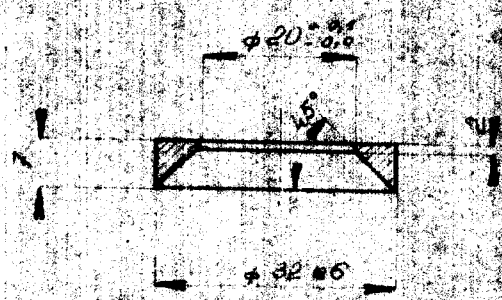
1	$\phi 56 \times 15$	ČSN 426510	11600				NAK-01	7
Číslo kusu	Název a popis	Číslo kusu	Mat. kategorie	Mat. výměr	Číslo kusu	Číslo kusu	Číslo kusu	Číslo kusu
Proznaná k				Číslo kusu				
1.1	Mat. k.	Číslo kusu	Číslo kusu					
	Proznaná k							
	Norm. ref.							
	Ver. 0.0.0.0	Číslo kusu	Číslo kusu					
VÚTT		Název		Název				
		MATICE		NAK-08				

90

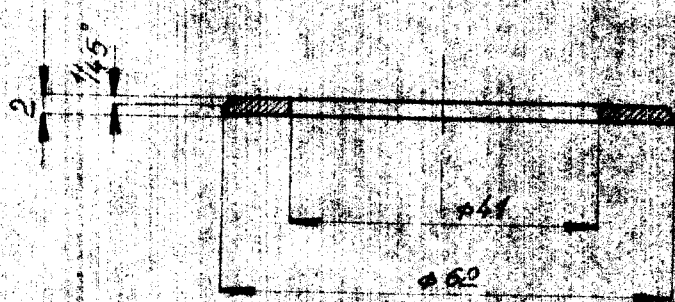


1	φ 48x2			UMAPLEX				NAK-01	5
Poč. kusů	Název	Rozměr	Podstava	Mater. výroby	Barva	Skupina	Užití		
Perifernie									
Měřítko	Kreslí	Shůňa							
1.1	Průřez								
	Nom. ref.								
	Výs. průřezu	Souřad.							
		Dne							
VÚTT		VÍČKO		NAK-06					

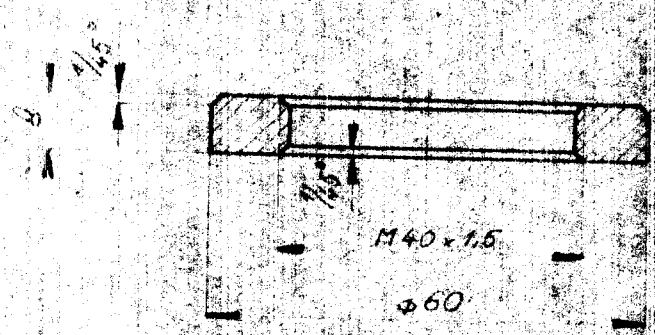
90



1	$\phi 40 \times 15$			UMAPLEX				NAK-01	2
Průřez	Název	Ing.	Podstava	Mat. v. výrozi	Č. v. v. v.	Č. v. v. v.	Č. v. v. v.	Č. v. v. v.	
Výrobek				Číslovo. a. ta. v. v. v.					
1.1	Kreslil	K. m. h.							
	Prozkoumal								
	Kontrol. řet.								
	Výř. předpis								
VÚTT		TĚSNIČÍ VÍČKO			NAK-03				

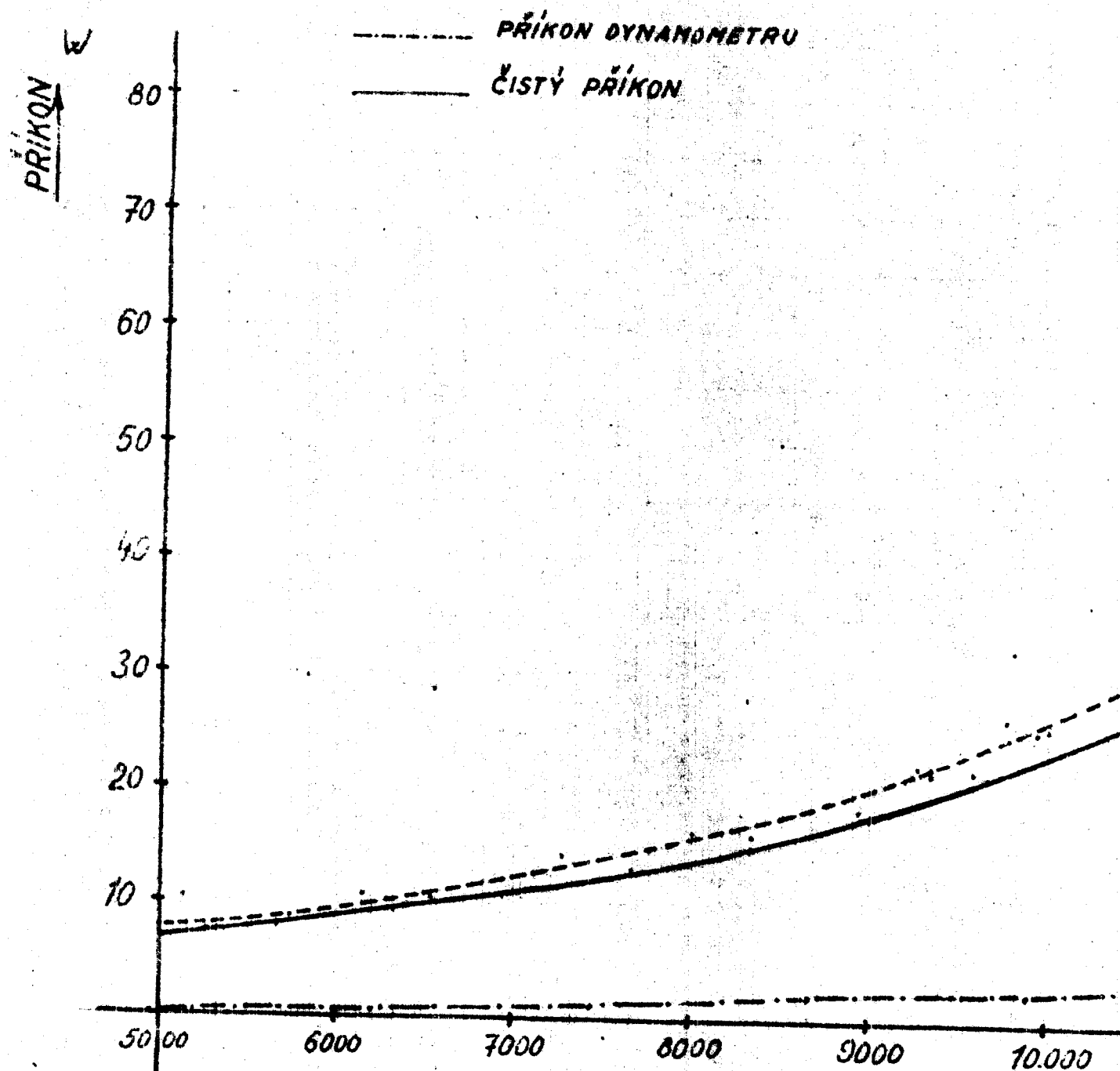


1	$\phi 70 \times 5$	ČSN 426510	11600	1	NAK-01	3
Název	Konstrukce	Přístroj	Mater. komponent	Mater. vložky	Číslo	Stavba
Poznámky						
Meritko	Kresla	Číslo	Číslo	Číslo	Číslo	Číslo
1:1	Přezkoušel	2	2	2	2	2
	Norm. ref.	3	3	3	3	3
	Vyt. provedl	4	4	4	4	4
	Podpis	5	5	5	5	5
VÚTT		PODLŮŽKA		NAK-04		

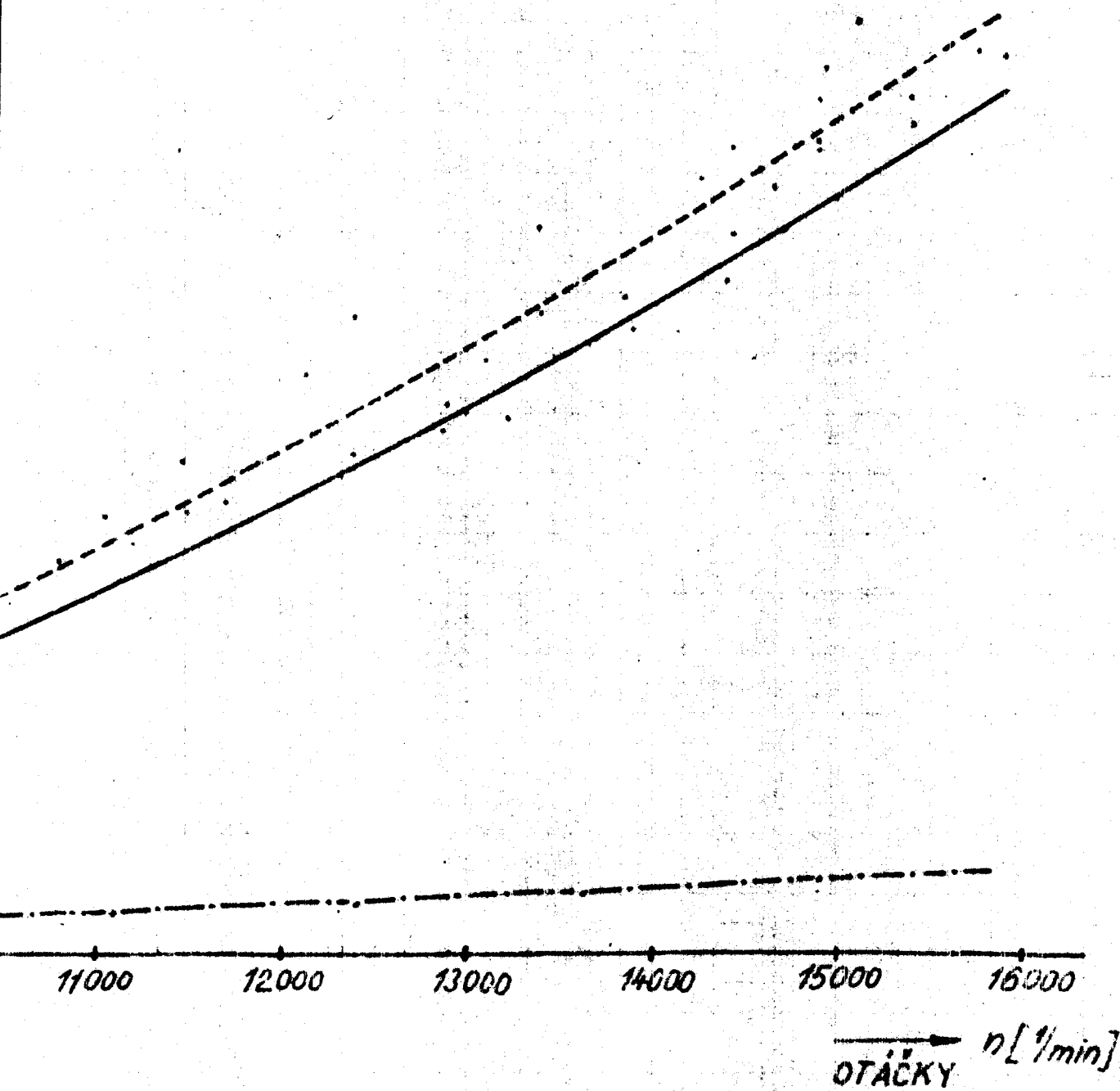


1	$\phi 70 \times 75$	ČSN 426510	11600	NAK-01	1
Prostý kus	Název - Rozměr	Polotovary	Matice - válcová	Číslo kresla	Číslo kresla
Doplnění					
Měřítka	Kreslí	Prozkoušel	Norma	Výk. por. číslo	Číslo kresla
1:1	Š. a. l.				
VÚTT		MATICE		NAK-02	

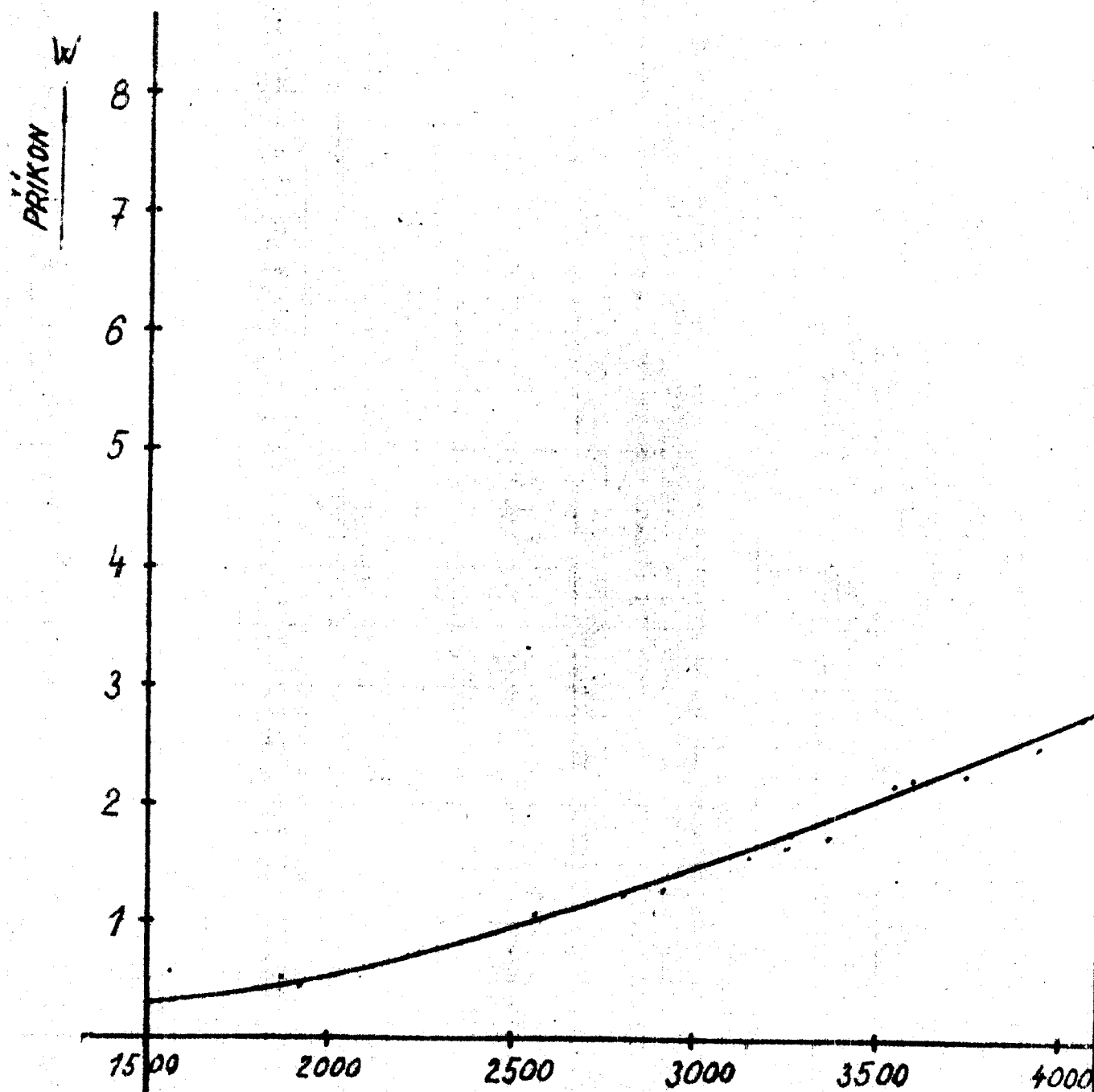
CHARAKTERISTIKA VALIVÉ



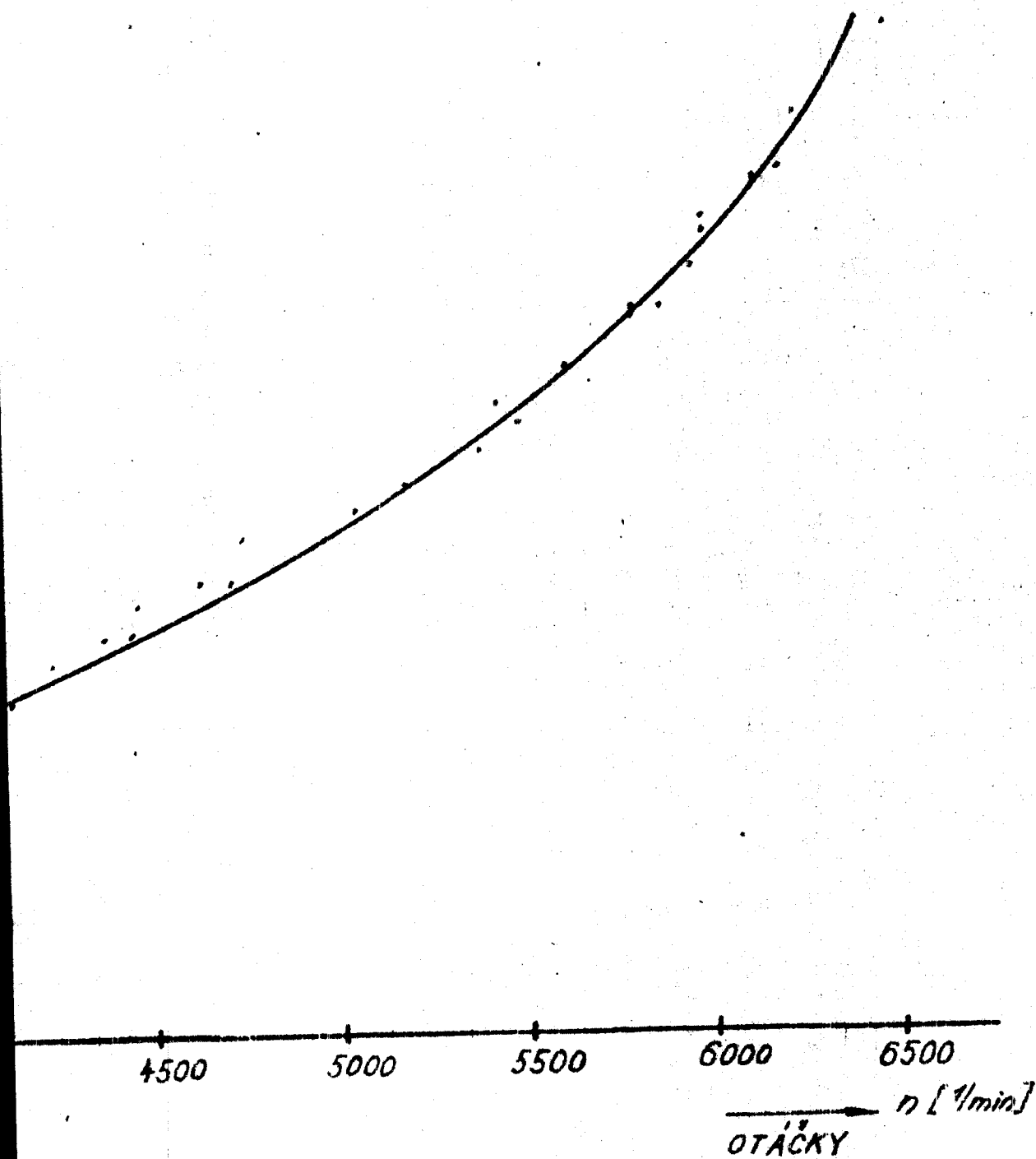
40 ULOŽENÍ

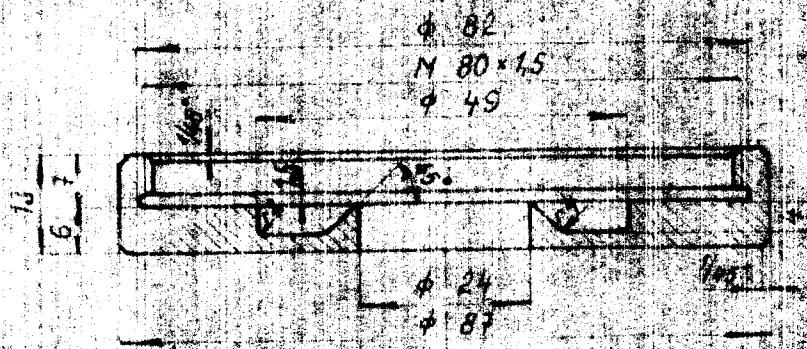


CHARAKTERISTIKA



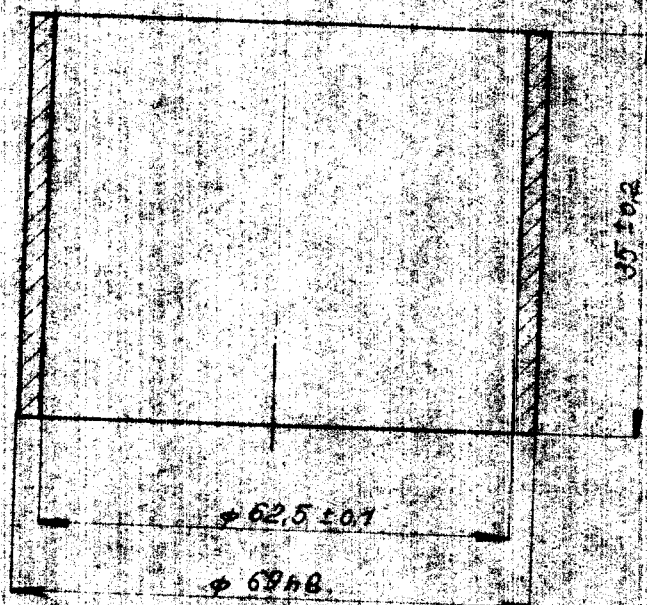
DYNAMOMETRU





1	φ100 x 15	ČSN 420570	11600	1	NAV-06				
Počet kusů	Název	Rozměry	Prostředky	Mater. kůň	Mater. výchozí	Prostředky	Číslo	Prostředky	Prostředky
Poznámka			Celkový list výroby						
Mentko	Kreslí	Č. výtisku							
11	Přezkoušel								
	Norm. ref.								
	Výk. provedl	Č. kódu							
Typ			Stav						
Název			Název						
VÚTT			NAV-19						

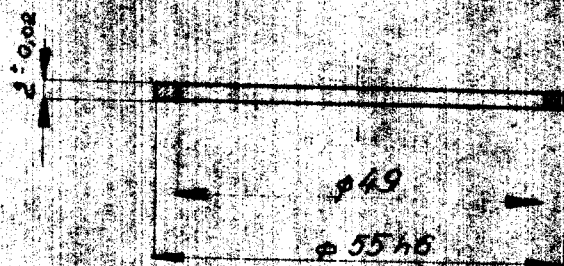
[illegible][illegible]



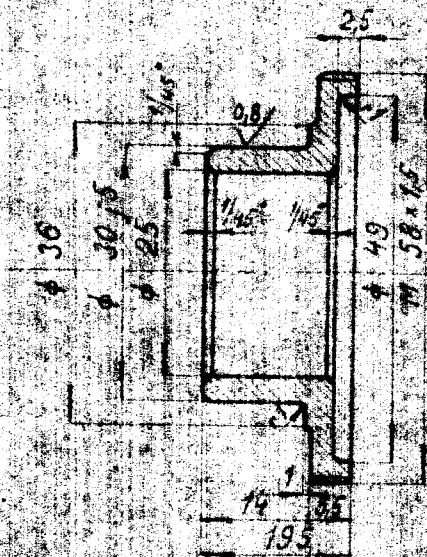
1	φ 70 × 38	ČSN 426510		11600	1			NAV-06	11
Poz. kusu	Název	Rozměr	Podstava	Mater. kotev	Mater. výška	Pod. číslo	Váha	Hmotnost	Číslo kresby
Poznámka									
Materiál	Křeslo	Uchycení	Č. kotev	Č. kotev	Č. kotev	Č. kotev	Č. kotev	Č. kotev	Č. kotev
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
VÝTT									
DISTANČNÍ TRUBKA									
NAV-17									



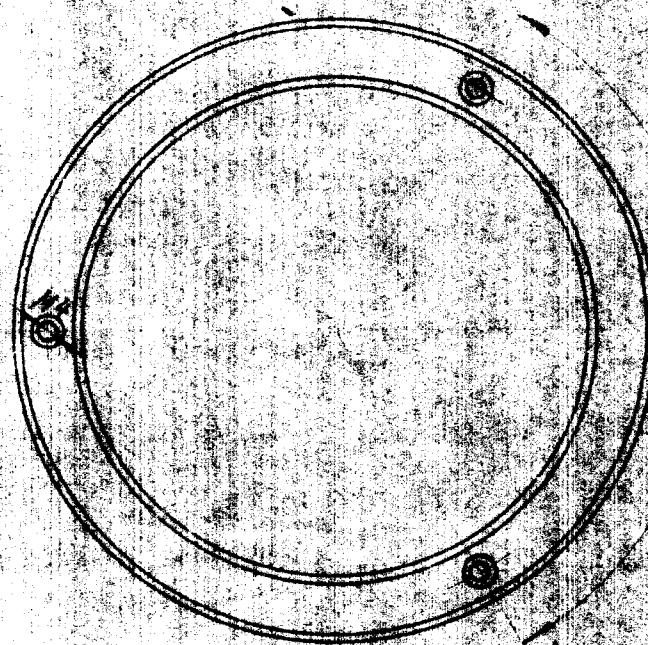
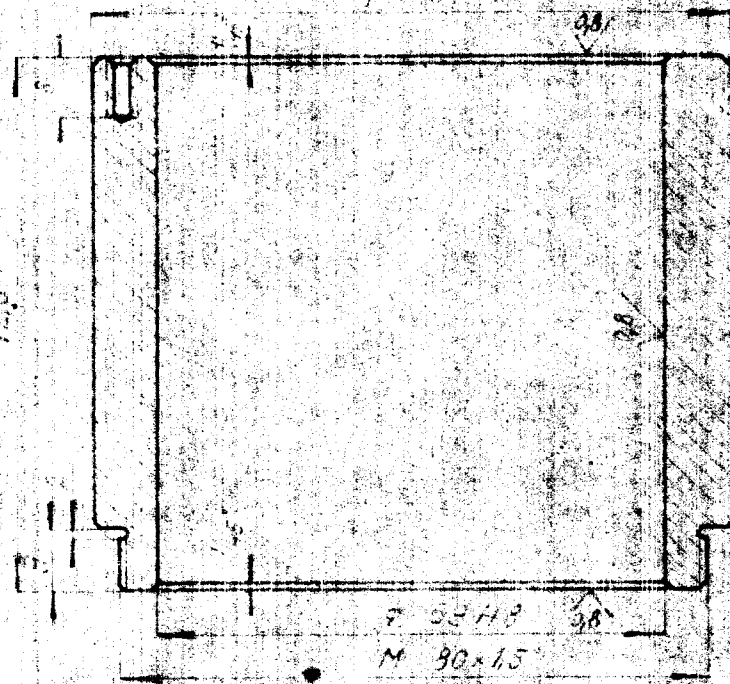
1	φ 30,6	ČSN 426510	11500	1			NAV-06	10
Počet kusů	Název, Rozměr	Polohování	Materiál	Materiál	Číslo	Stavba	Počet kusů	Pok.
Poznámka				Odkaz na výkres				
Měřítko	Kreslí	Číslo	Číslo	Číslo	Číslo	Číslo	Číslo	Číslo
1:1	Přezkoušel							
	Norm. techn.							
	Výr. proveden	Schválil						
		1101						
VÚTT		Název		Název		Název		
		DISTANČNÍ KROUŽEK		NAV-16				



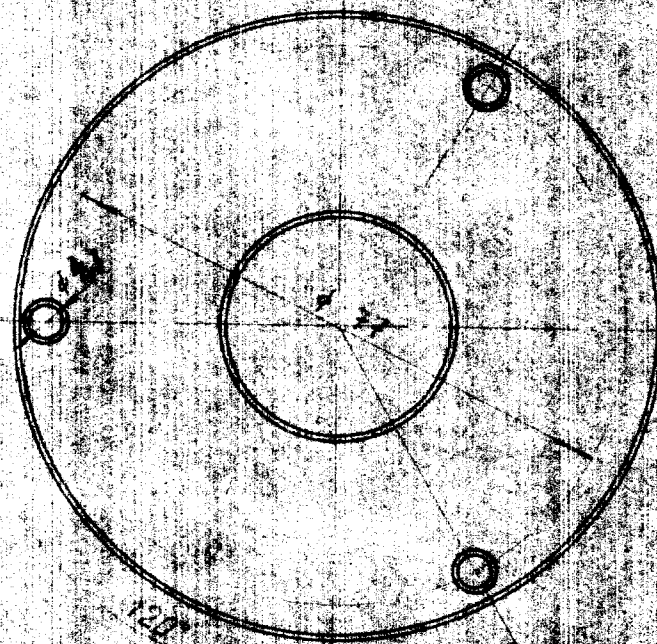
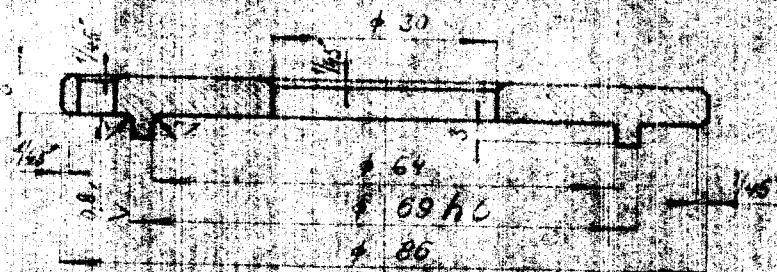
1	φ60x3	ČSN 426510	11600	1	NAV-08	9
Posled. kresl.	Název	Ing. ...	Polotovka	Mater. ...	Mater. ...	Mater. ...
Poznámka				Číslo a místo vlny k...		
Měřítko	Kreslil	Kontrola	Číslo a místo vlny k...			
1:1	1. kreslil					
	Norm. ref.					
	Výr. provedení	Schválil				
VÚTT	Typ	Skupina	Skupina			
	Název	DISTANČNÍ KROUŽEK		NAV-15		
Posled. kresl.			List			



1	φ 50x22	ČSN 426510	17600	1	NAV-D6	7		
Číslo kusu	Název a Rozměr	Polotovár	Mat. kondice	Mat. vzhled	Č. vlny	Br. tab.	Číslo výroby	Pos.
Poznámka	Celková hmotnost							
Měřič	Kreslí	Číslo kusu	Číslo výroby					
1/1	Přezkoušel							
	Norm. (m)							
	Vyr. provedl	Seznam						
	Dur.							
VÚTT	Typ	17600	Kód výrobce					
	Název	NAV-D6	Kód výrobce					
		NAV-13						

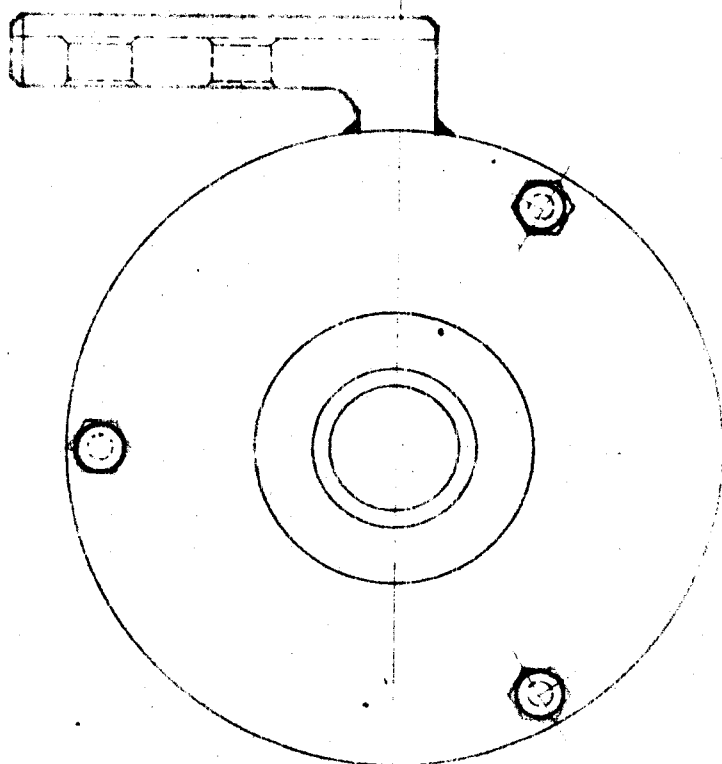
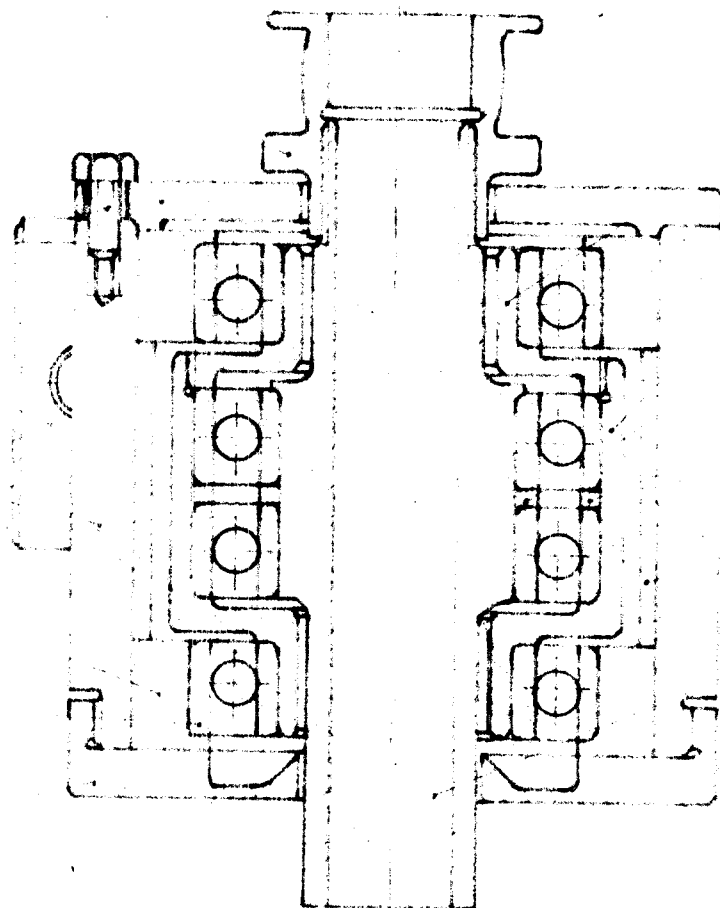


100	ČSN 420510	1600 1	NAV-06	5					
Počet kusů	Název	Roční	Polohový	Matr. výchozí	Matr. výchozí	Matr. výchozí	Matr. výchozí	Matr. výchozí	Matr. výchozí
Příloha				Celková část výtisků					
Výtisk	Kresla	Číslo		Číslo	Číslo		Číslo	Číslo	Číslo
	Přeskočet								
	Norm. ref.								
	Vyr. předpis	Schválen			Číslo				
		Dop							
Typ		Skupina		Matr. výchozí		Matr. výchozí			
Název		Název		Název		Název			
VÚTT		POUŽDRO		NAV - 11					
Pocet listů		Pocet listů		Pocet listů		Pocet listů			



100		ESN 425510		1600		NAV-06		2	
Název		Položka		Mater. vč. chod.		Hr. vč. chod.		Číslo výkresu	
Měřítko		Kreslí		Číslo kresla		Číslo výkresu		Hr. vč. chod.	
Prozkoumal		Schválil		Číslo kresla		Číslo výkresu		Hr. vč. chod.	
Vyr. předat		Dne		Číslo kresla		Číslo výkresu		Hr. vč. chod.	
Typ		Skupina		Stav výkresu		Číslo výkresu		Hr. vč. chod.	
Název		VÝC		NAV-08		Číslo výkresu		Hr. vč. chod.	
VÚTT									

1
2
3
4
5
6
14
13



7

8

10

6

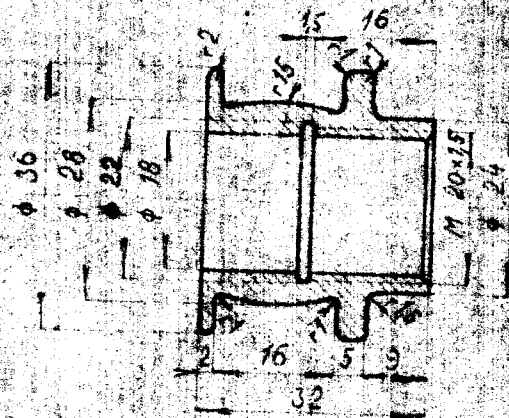
11

12

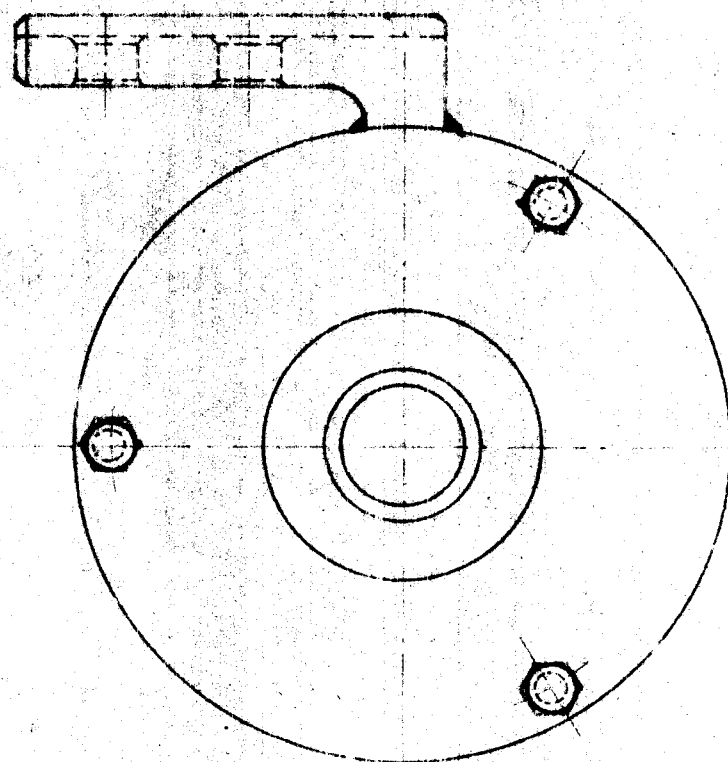
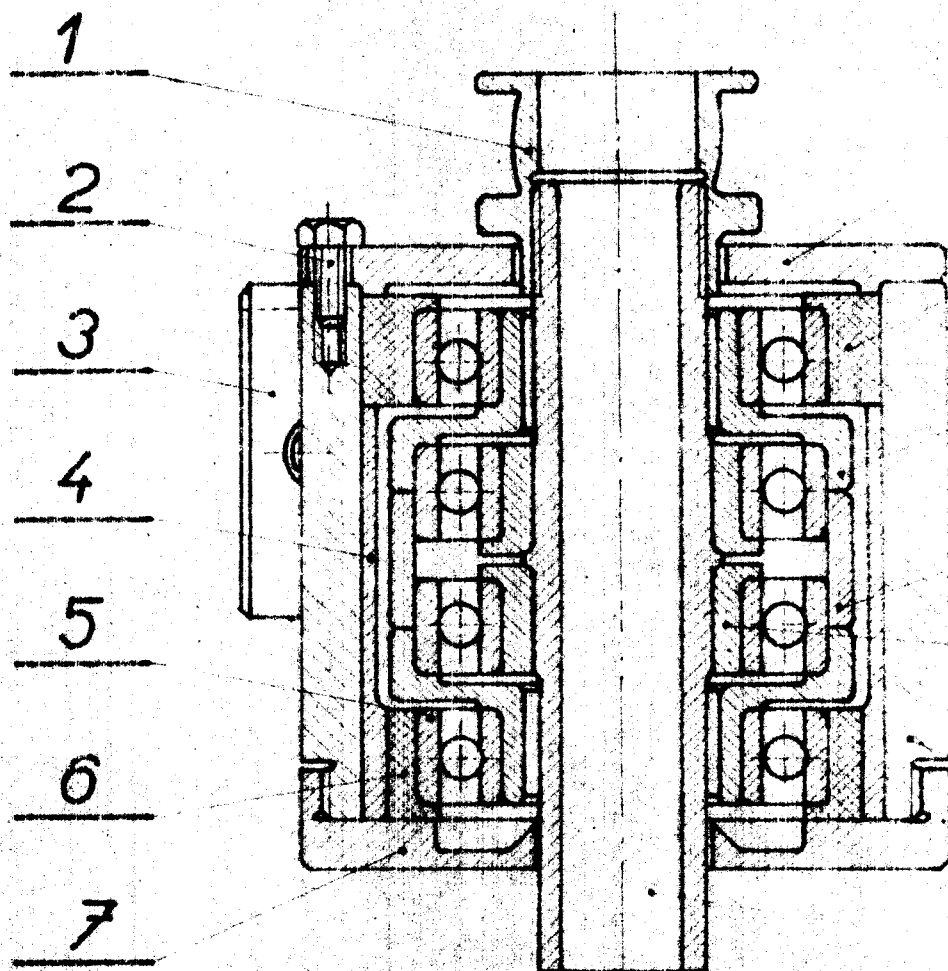
4	LOČISKO	N 024635	6000				
	MATEC	C N 426510		11600	1		NAV
1	TRN	C N 426510		11600	1		NAV
1	DISTANČNÍ TAČKA	C N 426510		11600	1		NAV
1	DISTANČNÍ KROUŽEK	C N 426510		11600	1		NAV
1	DISTANČNÍ KROUŽEK	C N 426510		11600	1		NAV
1	JINÁ T. POUZDRO	C N 426510		11600	1		NAV
1	DUV ČEP	C N 426510		11600			NAV
2	VÁKOVKA	C N 426510		11600			NAV
1	POUZDRO	C N 426510		11600	1		NAV
1	POV. V.	C N 421410	15x150x10	10000	1		
3	SKRTE	C N 021101	11x15				
1	VAD	C N 426510		11600	1		NAV
1	ŘEMENÍ	C N 426510		11600	1		NAV

DŮLEŽITÉ VŘETENO

NAV-06



Ø 38x35		ČSN 420510		11500		1		NAV-06		1	
Počet kusů	Název	Ročník	Počet stran	Mater. korektur	Mater. vzhledu	Stavba	Průběh	Číslo výkresu	Titul		
Poznámka				Celková čistá váha kg							
Měřítko	Kreslí	Schválil		Přezkoušel	Datum	Podpis	Index	Změna			
	1/1										
Výtisk		Schválil		Datum		Podpis		Index			
VÚTT		KEMENICE		NAV-07							



8

9

10

11

12

13

14

1	HRÍDEL	ČSN 426510	11600	1	14
1	LOŽ. TĚLESO	ČSN 426510	11600	1	13
2	NÁKRUŽEK	ČSN 427510	42 4250.60 AL9		12
1	SPOJOVACÍ TRUBKA	ČSN 427510	42 4250.60 AL9		11
2	UNÁŠECÍ POUZDO	ČSN 427510	42 4250.60 AL9		10
1	NÁKRUŽEK	ČSN 643117	SILON		9
1	VÍKO	ČSN 426510	11600		8
1	MATICE	ČSN 426510	11600		7
1	NÁKRUŽEK	ČSN 643117	SILON		6
4	LOŽISKO 5006	ČSN 021101			5
1	DISTANČNÍ TRUBKA	ČSN 426510	11600		4
1	DRŽÁK	ČSN 121410	103 150x10		3
3	SROUB M4x15	ČSN 021101			2
1	ŘEMENICE	ČSN 426510	11600	1	1

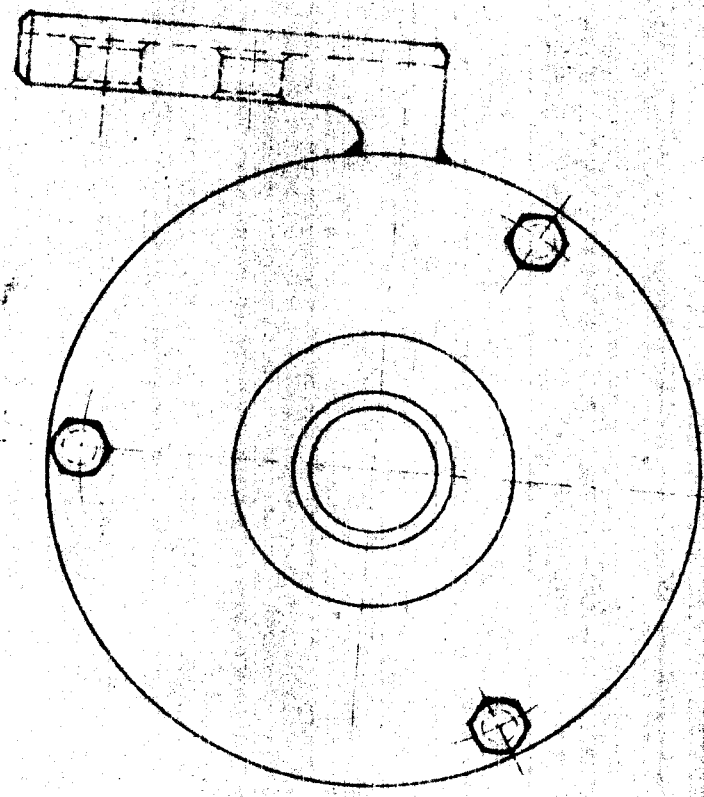
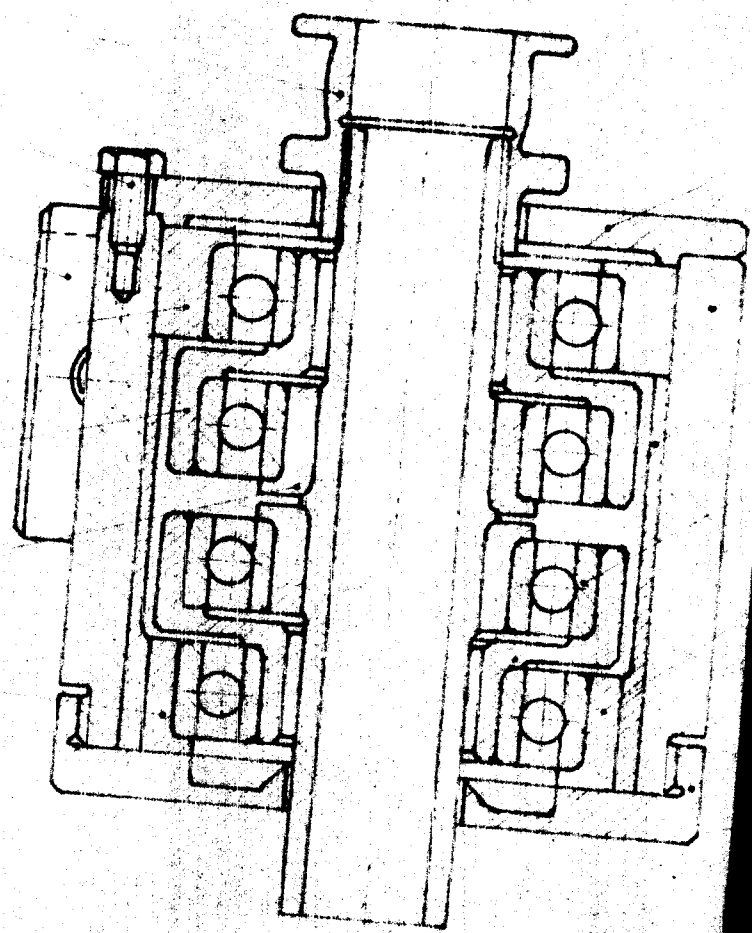
hruška

1:1

DUTÉ VŘETENQ

NAV-04

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7



8

9

10

11

12

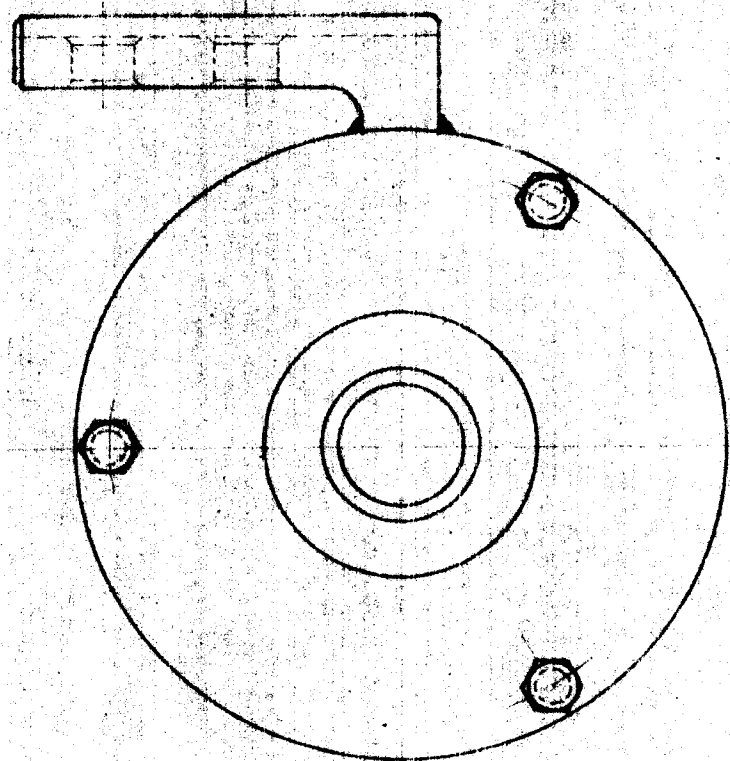
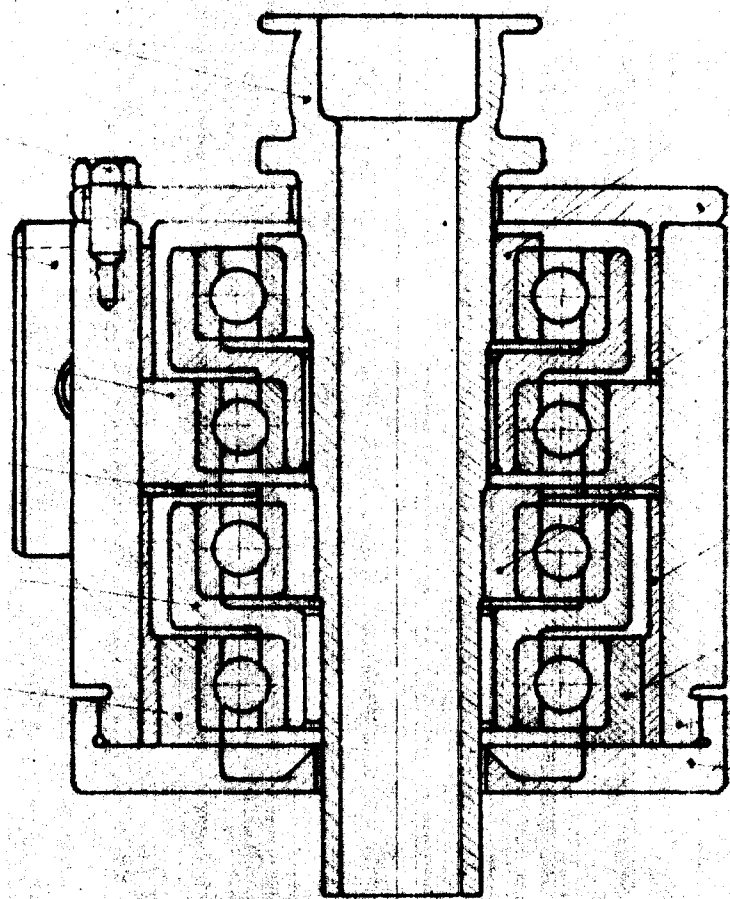
13

1	MATICE	LEN 426510	11500
1	NAKRUŽEK	LEN 043611	3120N
4	LOŽISKO COOB	LEN 124635	
1	OSTRHOÚSTNÍK	LEN 126510	11500
1	LOŽ. TĚLESO	LEN 426510	11500
1	VÍK	LEN 426510	11500
1	NAKRUŽEK	LEN 043611	3120N
2	NAKRUŽEK	LEN 124635	124635.60 AL3
2	UNÁSEČ. POJIZDO	LEN 124635	424635.60 AL3
1	NAKRUŽEK	LEN 043611	3120N
1	DRŽÁK	LEN 12141V. 15x150x10	10070.0
3	ŠROUB M4x15	LEN 121101	
1	ŘEMENICE	LEN 426510	11600

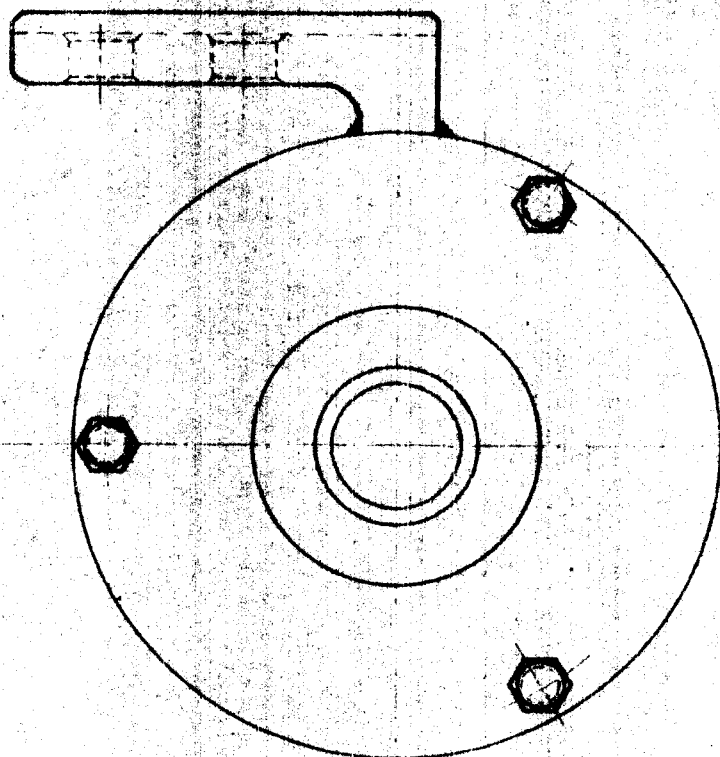
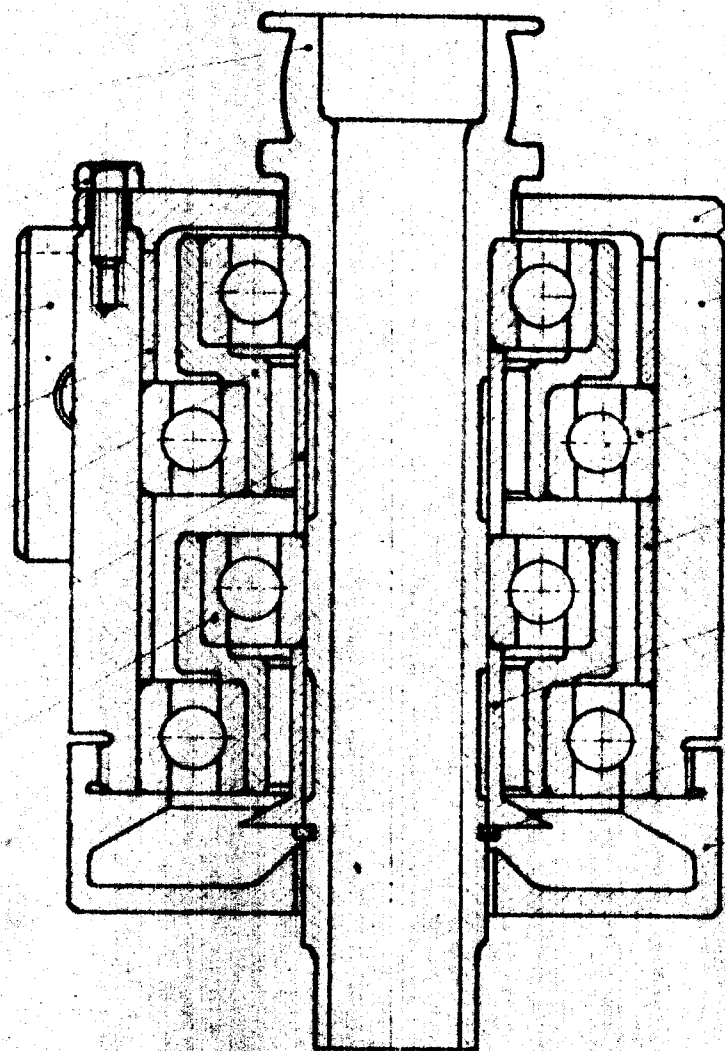
DUTÉ VŘETENO

NAV - 03

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7



8

9

10

11

12

13

14

1	MATICE	ČSN 426510	11600	1	14
1	PODSTAVY ANOTACEK	ČSN 123430 d=24			13
1	DISTANČNÍ TRUBKA	ČSN 426510	11600	1	12
1	DISTANČNÍ TRUBKA	ČSN 426510	11600	1	11
2	LOŽNÍKOVÝ PRŮVOD	ČSN 024633			10
1	LOŽNÍKOVÝ PRŮVOD	ČSN 426510	11600	4	9
1	VÍK	ČSN 426510	11600	1	8
2	LOŽNÍKOVÝ PRŮVOD	ČSN 024633			7
1	DISTANČNÍ TRUBKA	ČSN 426510	11600	1	6
2	UNÁŠECI POZDLO	ČSN 426510	11600	1	5
1	DISTANČNÍ TRUBKA	ČSN 426510	11600	1	4
1	OPRAVA	ČSN 1214/VI 75×150×10	10370.0	1	3
3	PROSTOROVÝ	ČSN 021101			2
14	HŘÍDEL	ČSN 426510	11600	1	1

DUŽE VŘETENO

NAV-01