

ZKL Výzkum a vývoj a.s :

- Zásady zkoušení valivých ložisek
- Zkoušení trvanlivosti, popis zkušebních strojů a přípravků
- Zkoušení mezní frekvence otáčení
- Ověřování statické únosnosti a speciální zkoušky

Zkoušky valivých ložisek slouží pro souhrnné posouzení jakosti valivých ložisek pomocí hodnotících metod a zkoušek. Metody a zkoušky jsou normalizovány buď formou ČSN ISO, PN nebo MP (metodické pokyny).

Zkušebna ZKL – Výzkum a vývoj, a.s.

Ve zkušebně se provádí zkoušky běžných i speciálních valivých ložisek, navrhuje se zkušební zařízení ke speciálním zkouškám všeho druhu. Zkušebna nabízí všem výrobcům valivých ložisek i dalších technických zařízení služby v těchto základních oblastech :

a) Zkouška velikosti základní dynamické a statické únosnosti (ZDÚ)

- kontrola hodnoty ZDÚ, která je u běžného provedení základním parametrem valivého ložiska (ložisek uvedených v katalogu ZKL nebo ložisek od jiných zahraničních výrobců)

b) Zkouška mezní frekvence otáčení valivých ložisek (MFO)

- tato zkouška slouží ke kontrole dalších kvalitativních parametrů běžných ložisek. Umožňuje nejen kontrolovat tento parametr, ale také ho stanovit. Zkouška se provádí na jednoúčelových strojích typu MFO – 1, MFO – 2, MFO – 3

c) Zkouška k vyhodnocení technických vlastností krytých ložisek

- tato zkouška se provádí na jednoúčelových strojích typu MTT – 15 – 1.

Základní zkoušky

Materiálové požadavky

Vzhledem ke statistickému vyhodnocování výsledků zkoušek je nutno použít statisticky významný vzorek ložisek, to je minimálně 20 ks přímo ke zkoušce, 4 ks jako náhradní za vypadlá ložiska (při základní 90% pravděpodobnosti) a 1 ks k metalografickému rozboru, případně jako porovnávací k archivaci.

Zkouška dynamické únosnosti

Ověřování základní dynamické únosnosti Cr se v ZKL provádí na zkušebních stanicích typu RAH D a ZT. Na zkušebních stanicích RAH D je možno zkoušet základní dynamickou únosnost ložisek při kombinovaném (radiálním a axiálním) zatížení od průměru díry 5 mm do průměru vnějšího kroužku 240 mm, stanice jsou podle velikosti označeny RAH - D-1, 2, 3, 4, 4/5 a 5. Při vlastní zkoušce se postupuje podle normy ČSN ISO 281 (024607), podnikové normy PN 50209 a podle metodických pokynů platných pro jednotlivé typorozměry valivých ložisek. Při zkoušce jsou ložiska zatěžována vnějšími zatíženími stanovenými podle metodického pokynu, jsou měřeny a zaznamenávány teploty zkoušených ložisek a měřena hladina vibrací, podle jejíž velikosti je vyhodnocován vznik únavového jevu - pittingu.

Zkušební stanice RAH D jsou umístěny na jednom podstavci a tvoří tzv. zkušební baterii. Baterie zkušebních stanic má dva olejové okruhy. Jeden tlakový okruh je určen pro hydraulické agregáty, pomocí nich jsou přes hydraulické válce zatěžována ložiska, druhý, mazací okruh je určen pro mazání ložisek a odvod tepla, které se vyvíjí ve valivém ložisku. Mazací olej se v olejové nádrži chladí pomocí vloženého vodního chladiče a zpět se vrací přes olejový filtr k ložiskům.

Zkouška statické únosnosti

Provádí se na stejných zkušebních strojích jako zkouška dynamické únosnosti, radiálním zatížením při nulových otáčkách.

Zkouška mezní frekvence otáčení

Další, často prováděnou zkouškou ložisek je zkouška mezní frekvence otáčení, která je prováděna na zkušebních stanicích typu MFO - 1, 2 a 3 (autor prof. dr. ing. Boháček z VUT Brno). Valivé a kluzné tření ve valivém ložisku se při jeho otáčení přeměňují v teplo, které způsobuje ohřev ložiskového uložení. Základním předpokladem, na němž je založena metodika mezní frekvence otáčení, je skutečnost, že valivé ložisko s horšími vlastnostmi určujícími jeho rychloběžnost bude vyvíjet větší množství tepla a naopak ložisko s lepšími vlastnostmi bude produkovat menší množství tepla. Nejdůležitějším hlediskem na předpokládání mezního stavu rychloběžnosti valivého uložení je celková tepelná bilance. Odvod tepla z rychloběžných valivých uložení často souvisí s mazáním, a to proto, že mazací médium při svém průchodu přes uzel uložení plní současně i funkci chladicího média. Intenzita odvodu vzniklého tepla vzrůstá s množstvím protékajícího oleje. Jen malá část mazacího média - oleje - je potřebná pro vlastní mazání valivého kontaktu a kluzných částí (klece ve styku s valivými tělesy nebo při jejich vedení s nákržky ložiskových kroužků).

Speciální zkoušky

Kromě základních zkušebních metod a zkoušek jsou na speciálních zkušebních stanicích MTT prováděny zkoušky momentu tření, zkoušky úniku maziva a zkoušky těsnosti u zakrytovaných ložisek. Speciální zkoušky ložisek jsou prováděny jak pro výzkumné úkoly, tak zejména pro speciální požadavky zákazníků. Obsah speciálních zkoušek je určen požadavky objednatele a řídí se metodickými pokyny.

Certifikace

Valivá ložiska jsou výrobkem, který je součástí nejrůznějších zařízení určených k široké potřebě uživatelů. Vzhledem k tomu, že ložiska byla vyřazena z oblasti výrobků stanovených k výkonu státního zkušebnictví, nelze vyloučit pokles jakosti těchto výrobků, často dovážených z různých světových teritorií, kde hlavním parametrem je pouze diskutabilní nízká cena, přičemž kvalita bývá povětšinou velmi nízká. Certifikace není vyžadována mezinárodními dohodami, avšak jednotliví solidní výrobci se podrobují nepovinné certifikaci na svoje systémy řízení a výrobky u nestranných specializovaných firem, jakou je i společnost ZKL - Výzkum a vývoj, a. s.

Zkušební protokol

Výstupem zkoušek základní dynamické únosnosti ložisek je zkušební protokol, v němž jsou uvedeny podmínky, za kterých byla zkouška provedena, jaké polotovary a materiály součástí ložisek byly použity pro výrobu ložisek.

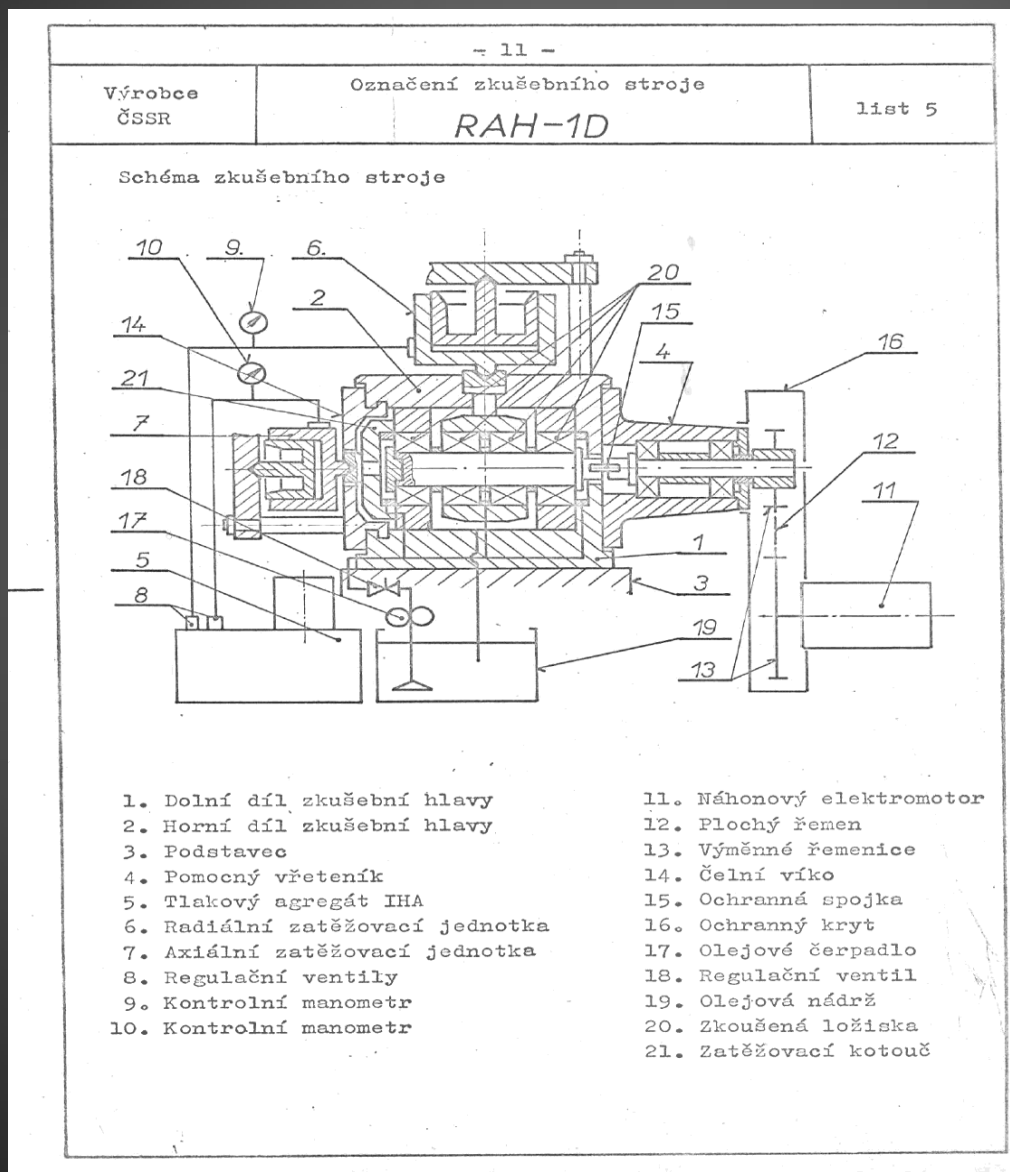
Výpočet dosažené základní dynamické únosnosti se provádí Weibullovým rozdělením a výsledek je udán v % katalogové dynamické únosnosti. Zkušební protokol dále obsahuje údaje o velikosti a umístění pittingu, vizuální kontrolu součástí ložisek, metrologické proměření připojovacích rozměrů ložiska, metrologické proměření tvaru a vlnitosti, drsnosti a radiálního házení kroužků, velikost rádiusů oběžných drah a jejich tvar, radiální vůle v ložisku, fotografickou dokumentaci a komplexní metalografický rozbor součástí ložisek.

Objektivnost zkoušek na zkušebních stanicích.

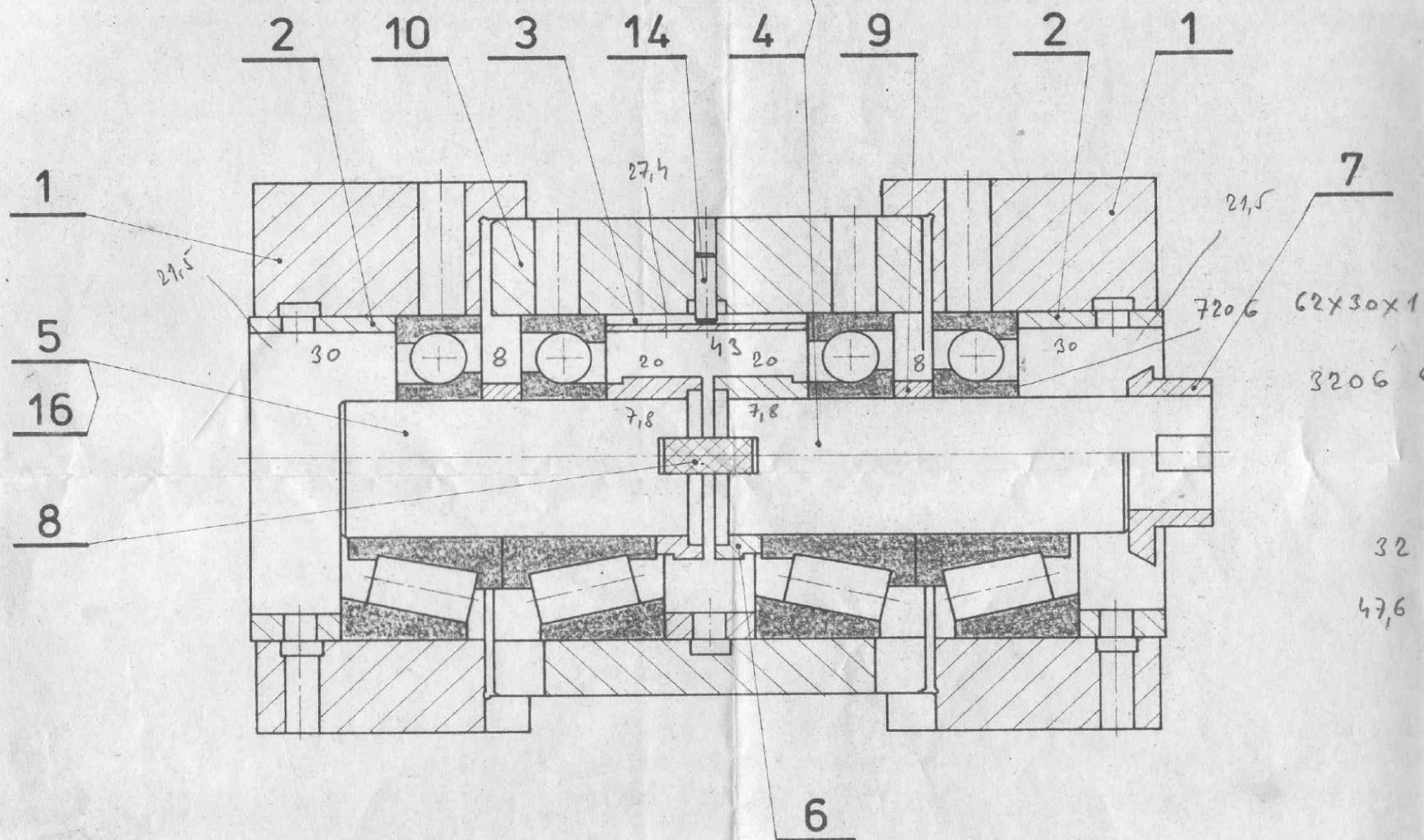
Objektivnost a reprodukovatelnost prováděných zkoušek je zaručena bezobslužným provozem, což je zajištěno automatickým měřením a kontrolou teploty zkoušených ložisek a jiných míst, teploty jsou dále průběžně zaznamenávány. Kontrolními systémy se náhon zkoušených ložisek vypne, jestliže dojde k překročení nastavené teploty snímané z prostoru povrchu vnějších kroužků ložisek nebo při prudkém zvýšení teploty mazacího oleje či při podstatném zvýšení hladiny vibrací, zejména při vzniku únavového jevu - pittingu - a také při poruše hydraulického systému.

Zkušební stroje radiálně axiální:

Schéma radiálně axiálního zkušebního stroje řady RAH:



Sestava axiálně zatěžovaných ložisek pro zkušební stroj řady RAH-D



RAH – 1D

Průměr otvoru vnitřního kroužku: 5 – 12 mm

Průměr otvoru vnějšího kroužku: 16 – 30 mm

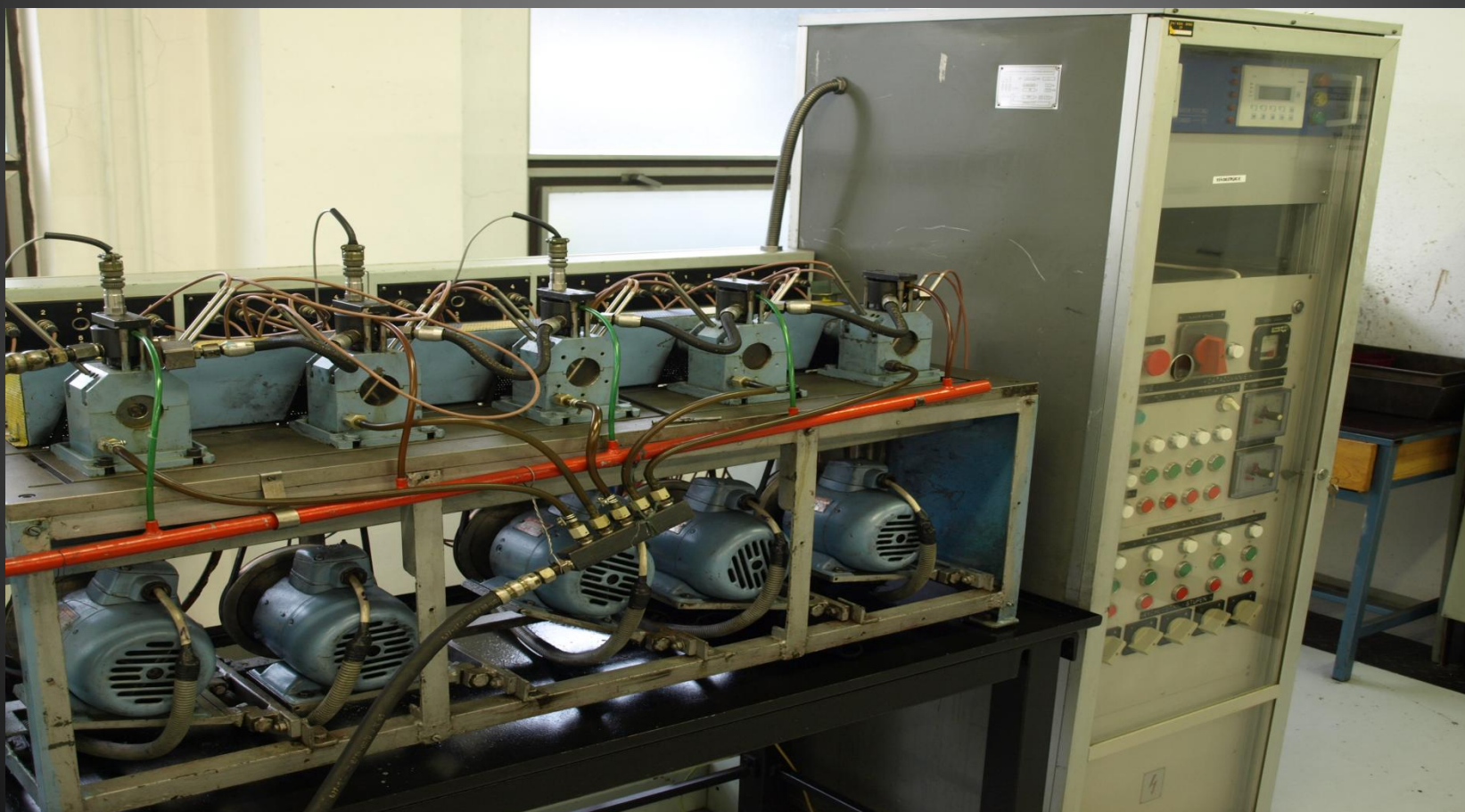
Šířka ložiska: 5 – 8 mm

Otáčky: 5 000 – 20 000 ot/min

Maximální radiální síla na 1 ložisko: 1 550 N

Maximální axiální síla na 1 ložisko: 3 100 N

Výkon elektromotorů pohonu: 5 x 0,37 kW



RAH – 2D

Průměr otvoru vnitřního kroužku: 10 – 30 mm

Průměr otvoru vnějšího kroužku: 30 – 55 mm

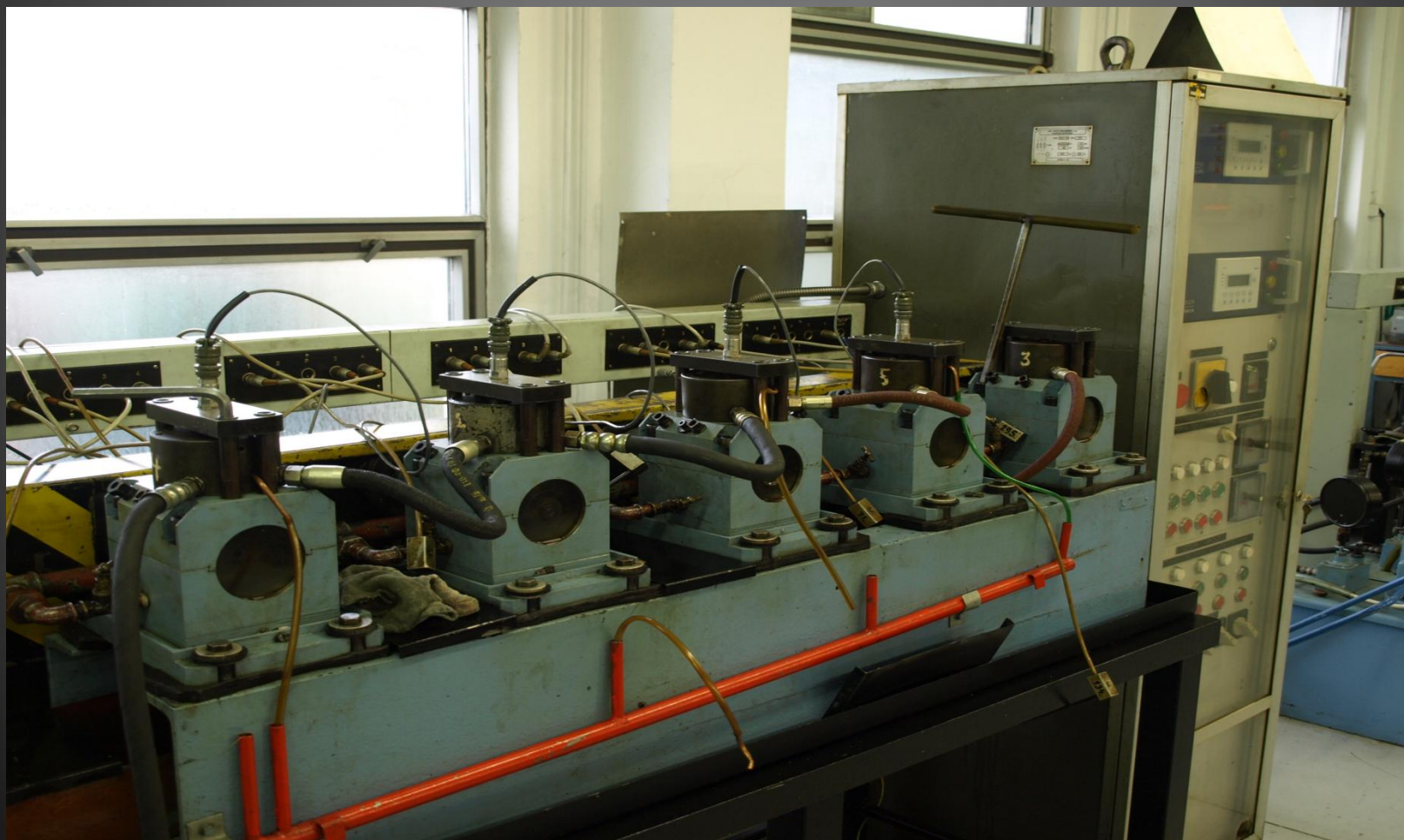
Šířka ložiska: 8 – 20 mm

Otáčky: 4 300 – 7 000 ot/min

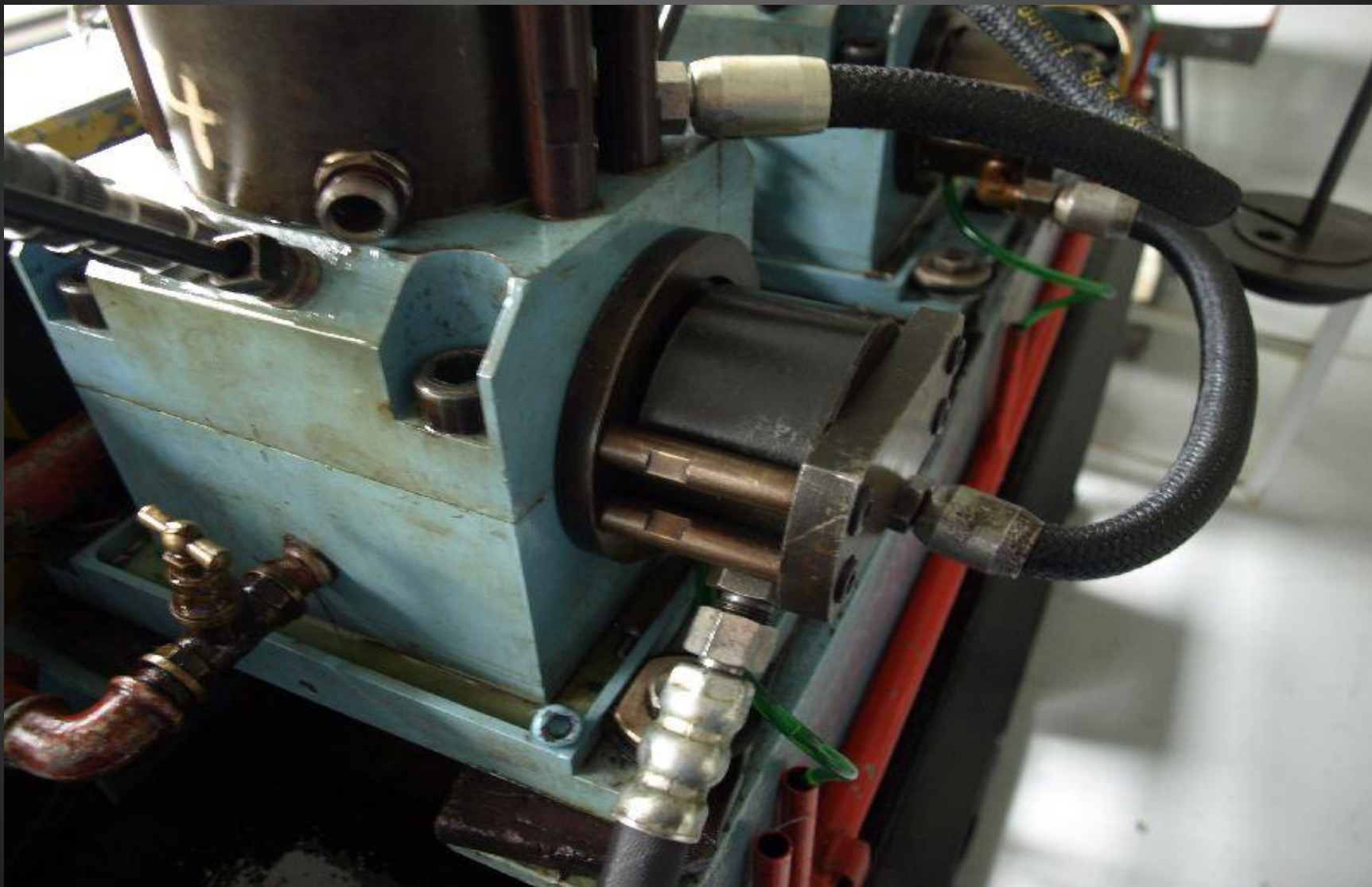
Maximální radiální síla na 1 ložisko: 6 250 N

Maximální axiální síla na 1 ložisko: 6 250 N

Výkon elektromotorů pohonu: 5 x 2,2 kW



RAH – 2D Umístění hydraulického válce axiálního zatížení



RAH – 3D

Průměr otvoru vnitřního kroužku: 25 – 50 mm

Průměr otvoru vnějšího kroužku: 62 – 85 mm

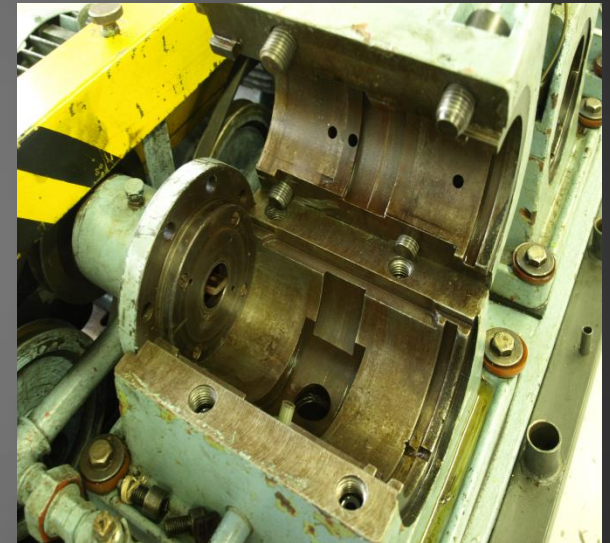
Šířka ložiska: 9 – 35 mm

Otáčky: 2 100 – 4 200 ot/min

Maximální radiální síla na 1 ložisko: 12 500 N

Maximální axiální síla na 1 ložisko: 12 500 N

Výkon elektromotorů pohonu: 5 x 4,0 kW



RAH – 4D

Průměr otvoru vnitřního kroužku: 40 – 90 mm

Průměr otvoru vnějšího kroužku: 90 – 140 mm

Šířka ložiska: 11 – 46 mm

Otáčky: 2 100 – 4 200 ot/min

Maximální radiální síla na 1 ložisko: 25 000 N

Maximální axiální síla na 1 ložisko: 25 000 N

Výkon elektromotorů pohonu: 5 x 7,5 kW



RAH – 4/5D

Průměr otvoru vnitřního kroužku: 60 – 120 mm

Průměr otvoru vnějšího kroužku: 145 – 190 mm

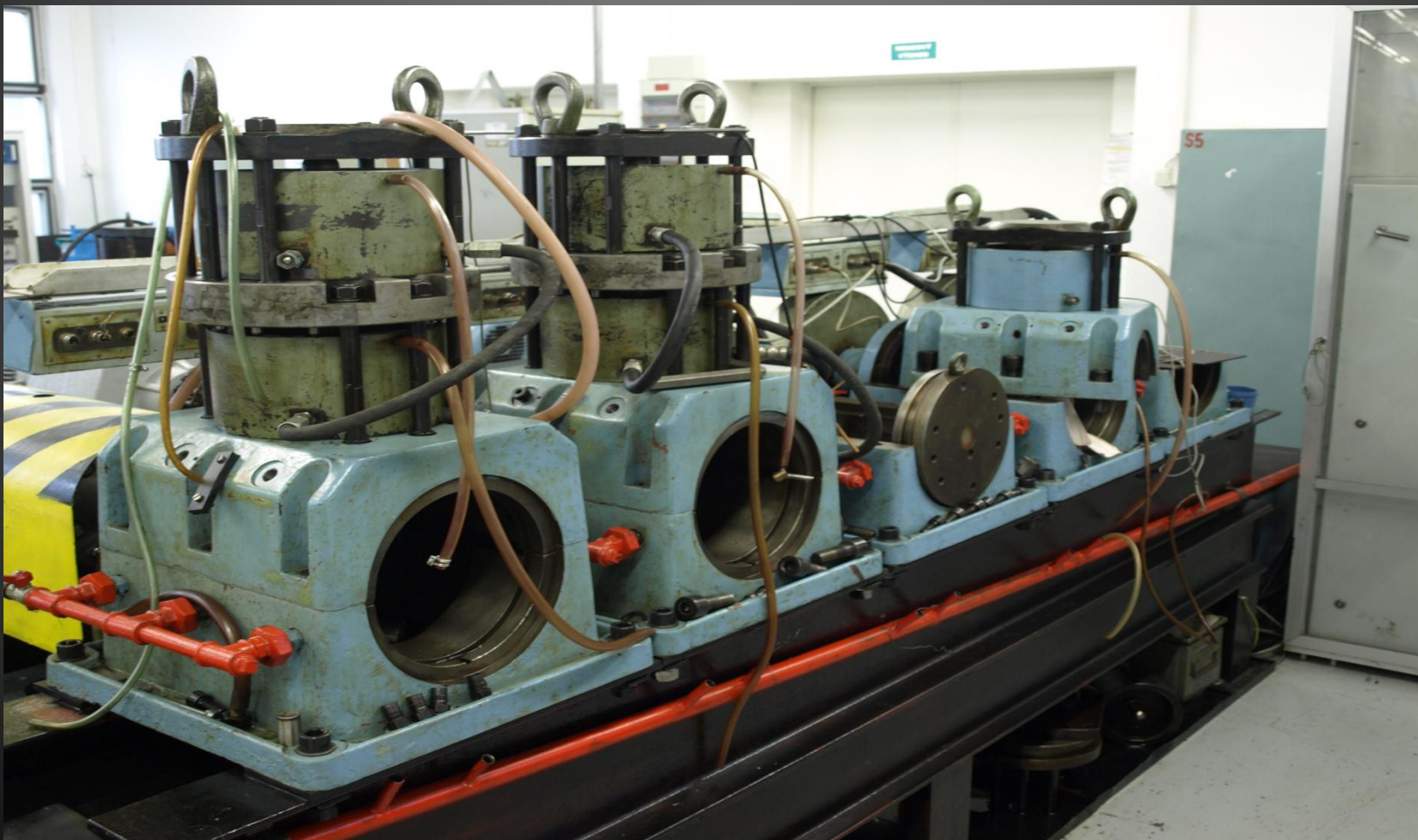
Šířka ložiska: 16 – 66 mm

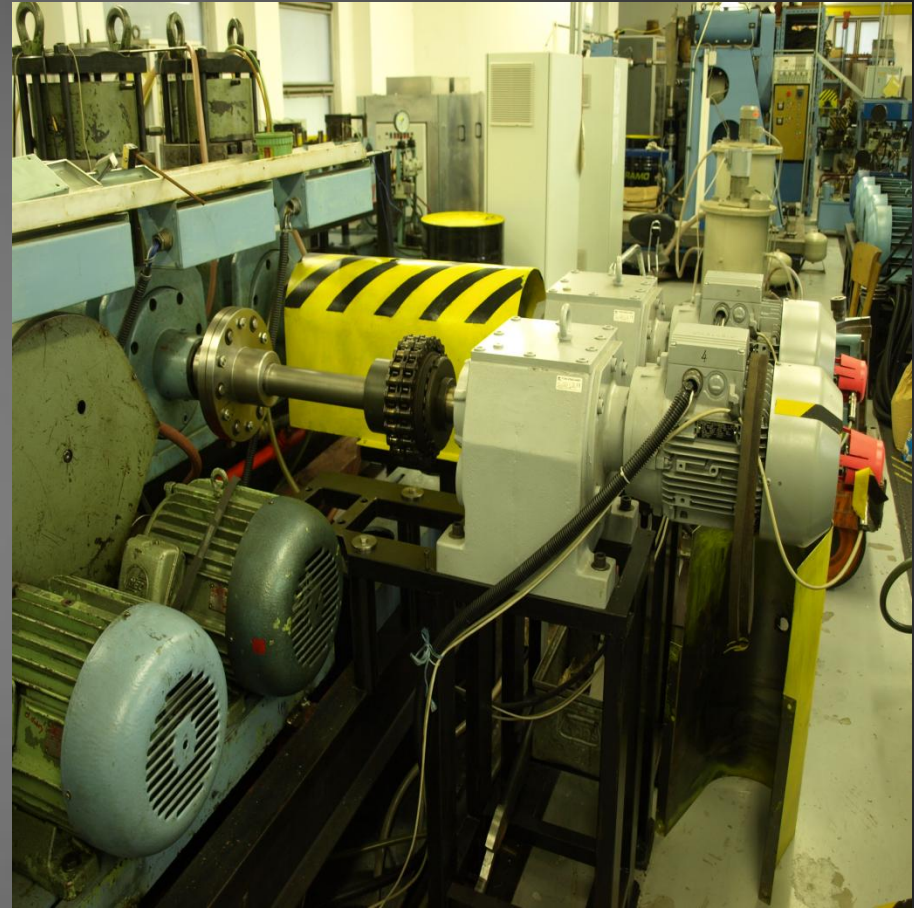
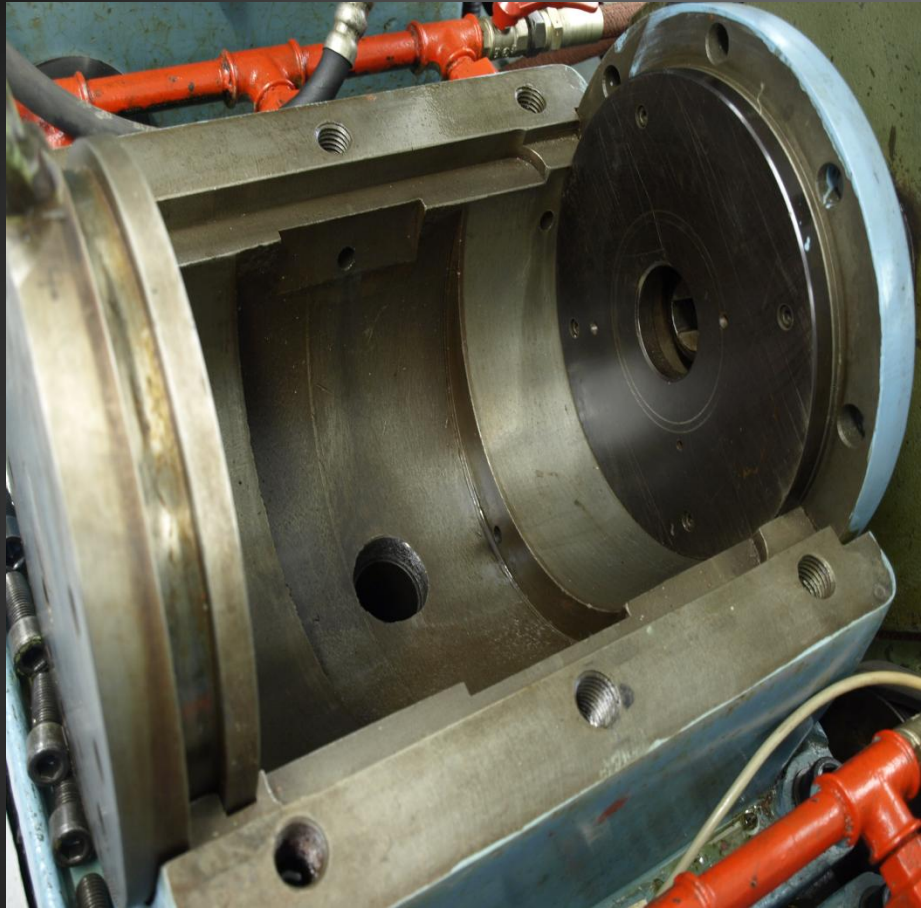
Otáčky: 1 000 – 1 500 ot/min

Maximální radiální síla na 1 ložisko: 50 000 N

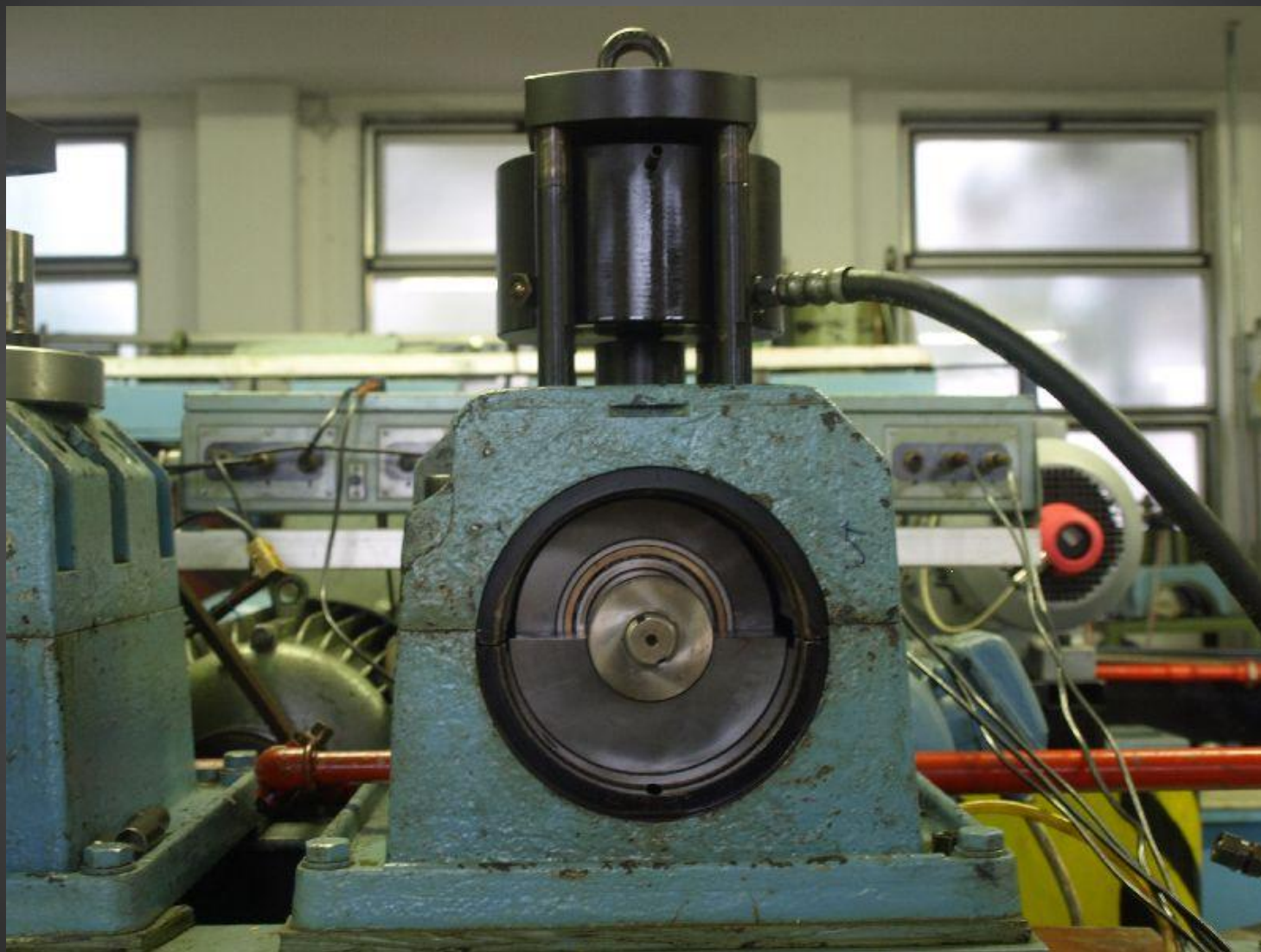
Maximální axiální síla na 1 ložisko: 50 000 N

Výkon elektromotorů pohonu: 5 x 10,0 kW





RAH – 4/5D Přípravek pro zkoušku statické únosnosti



RAH – 5D

Průměr otvoru vnitřního kroužku: 80 – 160 mm

Průměr otvoru vnějšího kroužku: 200 – 240 mm

Šířka ložiska: 22 – 80 mm

Otáčky: 1 000 ot/min

Maximální radiální síla na 1 ložisko: 1 00 000 N

Maximální axiální síla na 1 ložisko: 1 00 000 N

Výkon elektromotorů pohonu: 5 x 13,0 kW

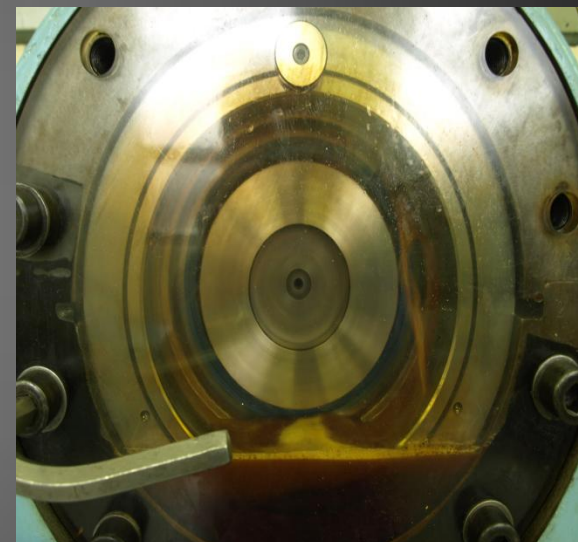
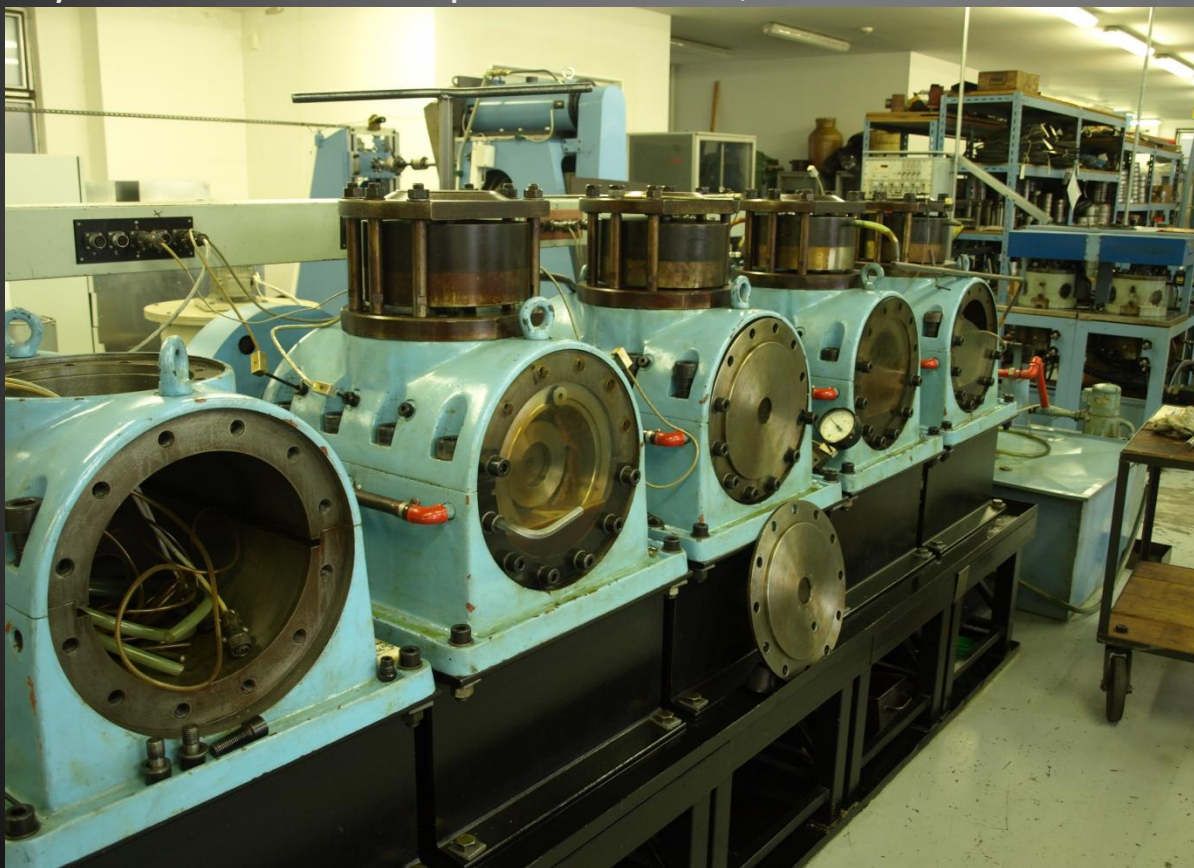
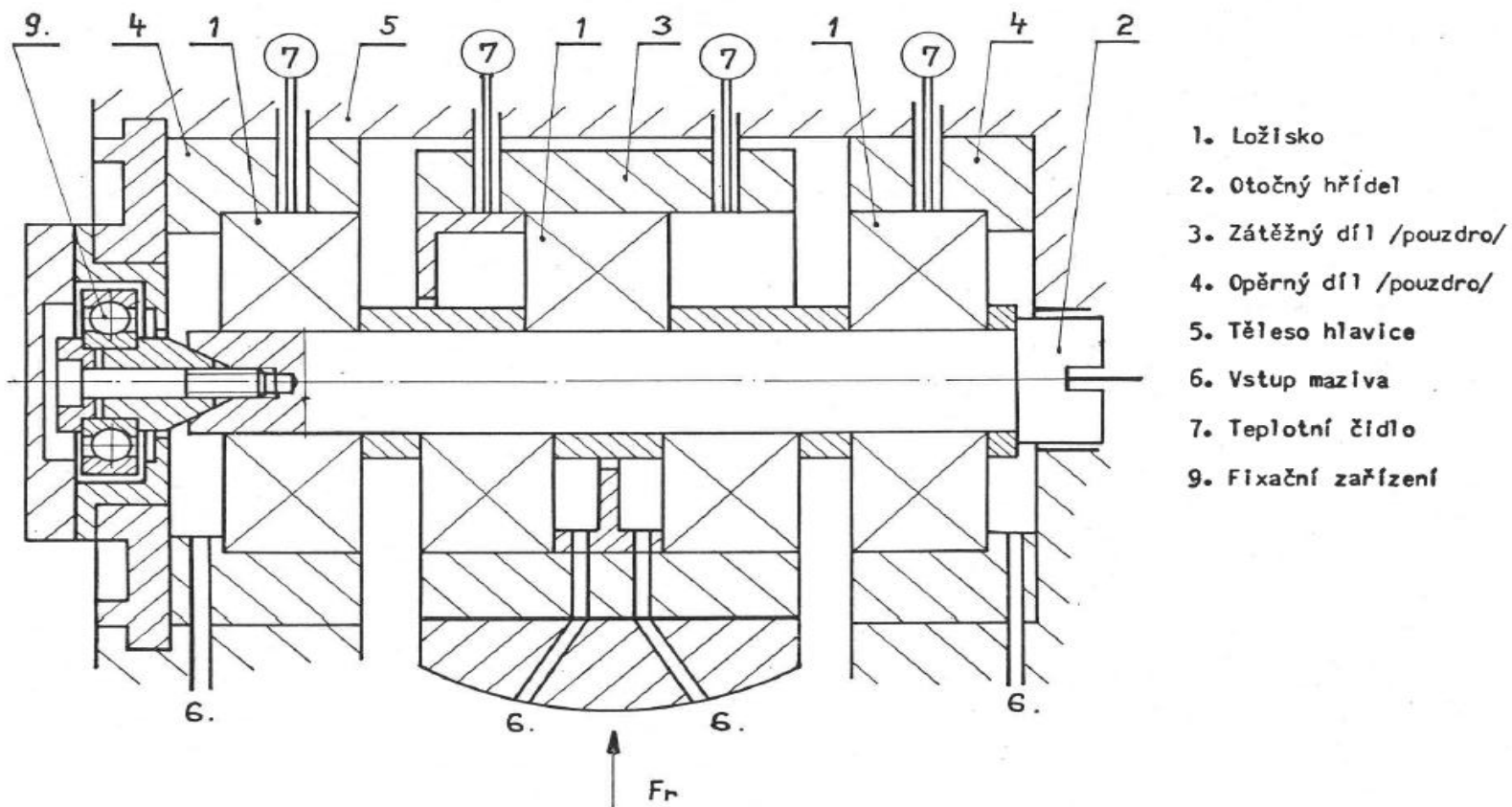


Schéma radiálně axiálního zkušebního stroje řady ZT:



Obr. 5

ZT 1-5

Průměr otvoru vnitřního kroužku: 15 – 40 mm

Průměr otvoru vnějšího kroužku: 32 – 68 mm

Šířka ložiska: max. 25,5 mm

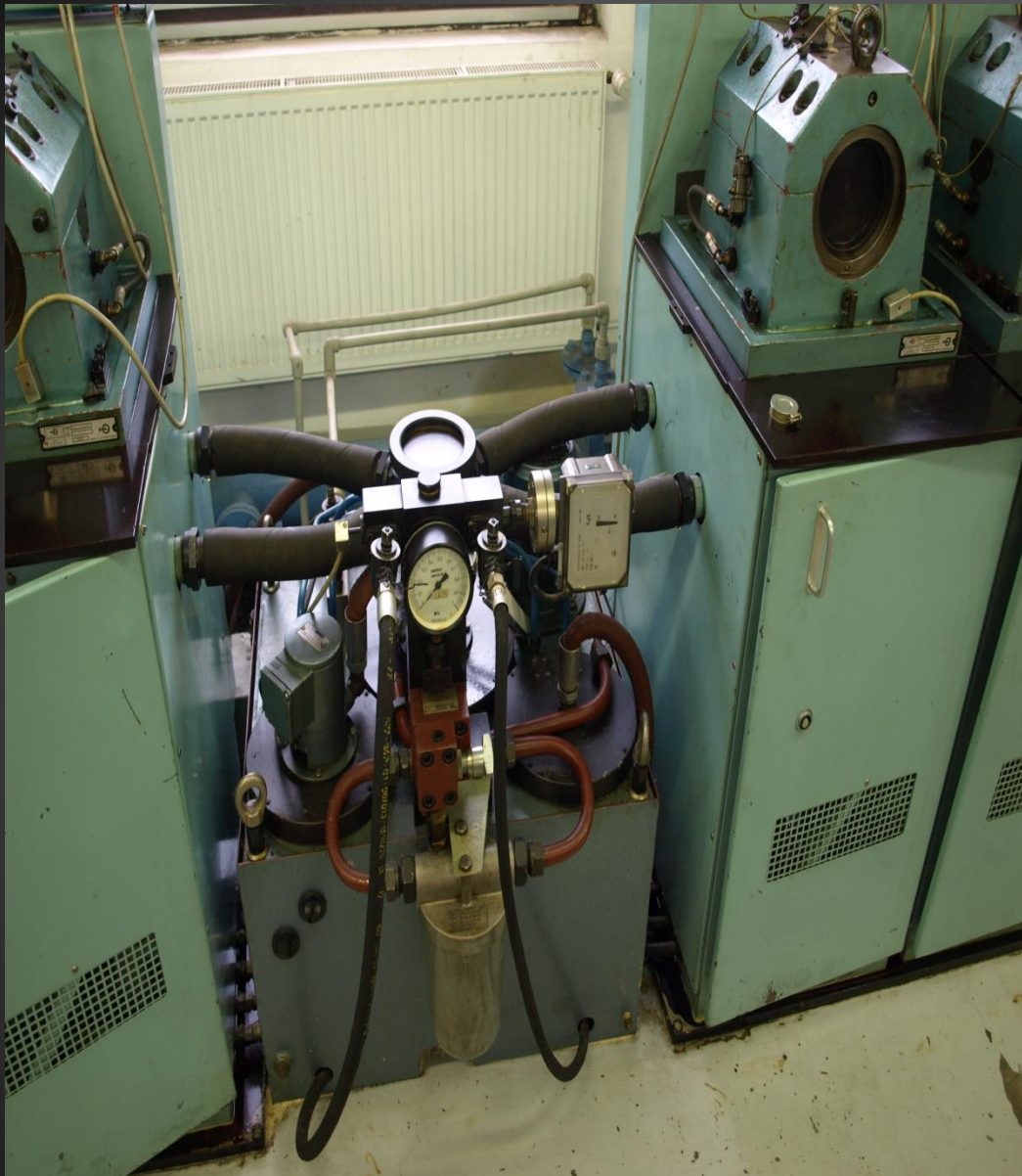
Otáčky: 3 000 – 12 000 ot/min

Maximální radiální síla na 1 ložisko: 50 000 N

Maximální axiální síla na 1 ložisko: 25 000 N

Výkon elektromotorů pohonu: 17,0 kW





ZT 2-5

Průměr otvoru vnitřního kroužku: 30 – 75 mm
Průměr otvoru vnějšího kroužku: 72 – 120 mm
Šířka ložiska: max. 50 mm
Otáčky: 2 000 – 8 000 ot/min
Maximální radiální síla na 1 ložisko: 125 000 N
Maximální axiální síla na 1 ložisko: 80 000 N
Výkon elektromotorů pohonu: 30,0 kW

ZT 3-5

Průměr otvoru vnitřního kroužku: 55 – 110 mm
Průměr otvoru vnějšího kroužku: 125 – 170 mm
Šířka ložiska: max. 60 mm
Otáčky: 625 – 6 000 ot/min
Maximální radiální síla na 1 ložisko: 250 000 N
Maximální axiální síla na 1 ložisko: 150 000 N
Výkon elektromotorů pohonu: 58,0 kW

ZT 4-5

Průměr otvoru vnitřního kroužku: 70 – 160 mm
Průměr otvoru vnějšího kroužku: 180 – 240 mm
Šířka ložiska: max. 85 mm
Otáčky: 500 – 4 500 ot/min
Maximální radiální síla na 1 ložisko: 600 000 N
Maximální axiální síla na 1 ložisko: 300 000 N
Výkon elektromotorů pohonu: 90,0 kW

Nářadí ke zkušebním stanicím řady RAH a ZT



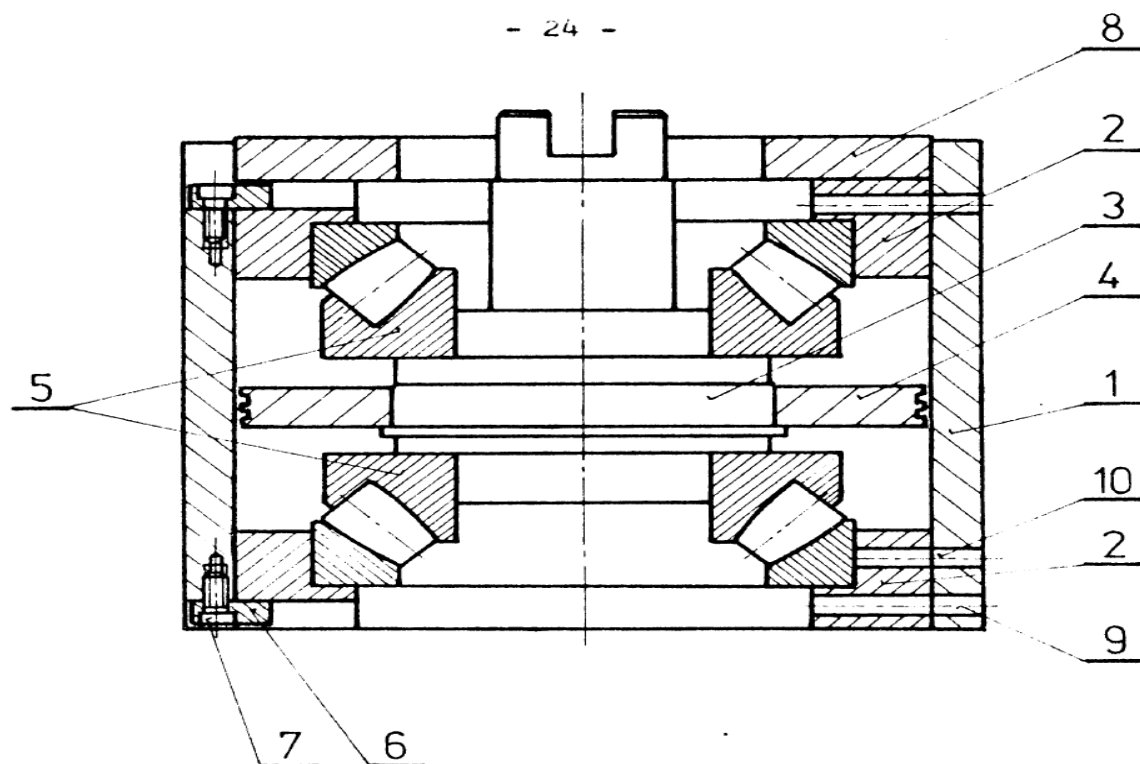






Zkušební stroje axiální

Schéma sestavy zkoušených ložisek v axiálním zkušebním stroji AS1



- 1. Pouzdro
- 2. Pouzdro příslušenství
- 3. Hřídél
- 4. Odstřikovací kroužek
- 5. Zkoušené ložisko

- 6. Polohovací pero
- 7. Šroub
- 8. Deska
- 9. Díra pro vtok mazacího oleje
- 10. Díra pro teploměrné čidlo

AS 1

Průměr otvoru hřídelového kroužku: 60 – 110 mm

Průměr otvoru průchozího kroužku: 130 – 190 mm

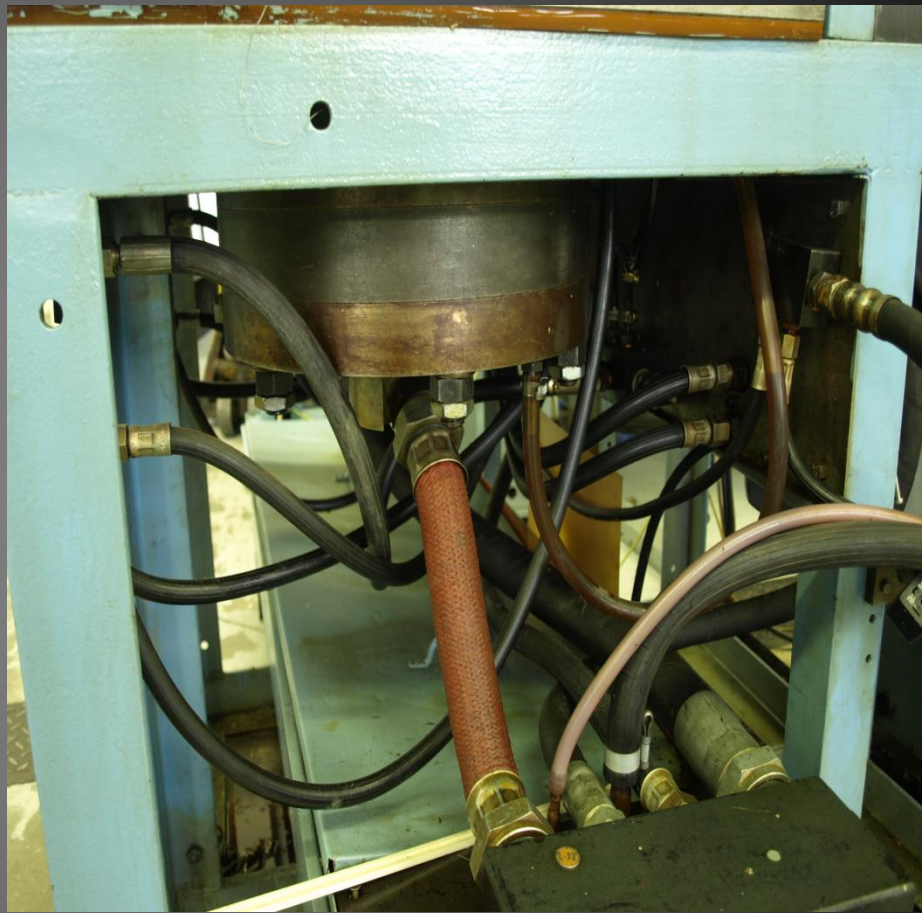
Stavební výška ložiska: 42 - 60 mm

Otáčky: 1 000 ot/min

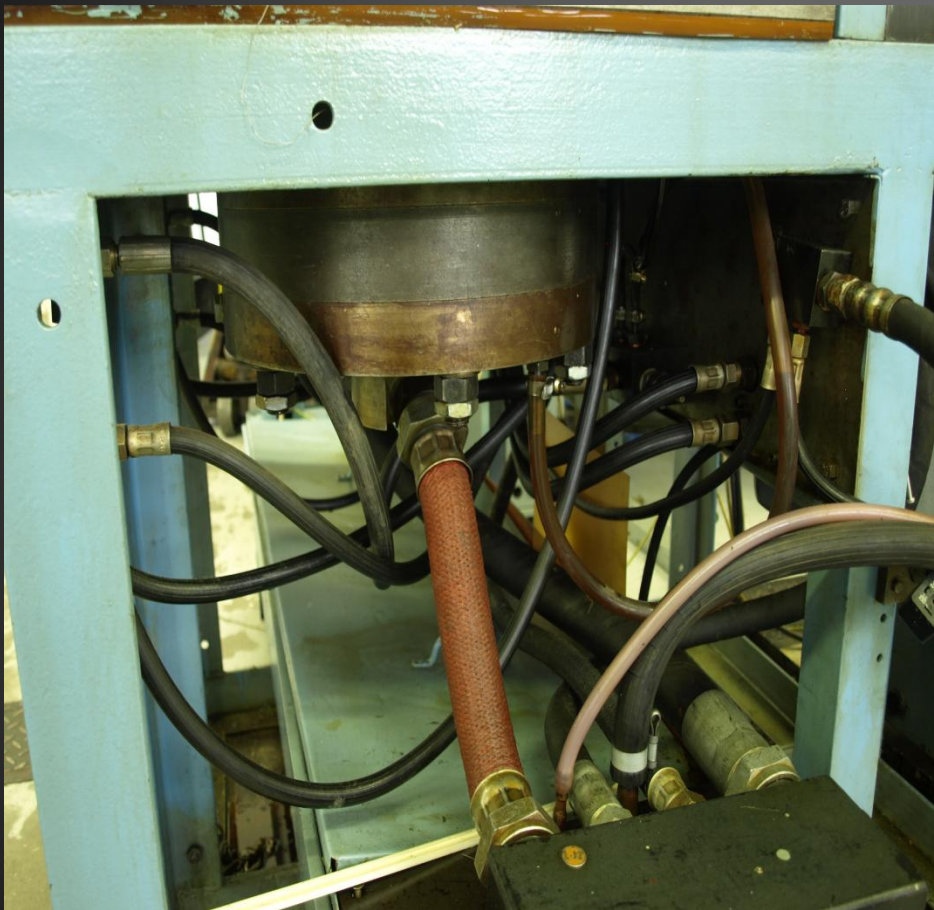
Maximální axiální síla na 1 ložisko: 250 000 N

Výkon elektromotorů pohonu: 12,0 kW





Nářadí pro axiální zkušební stroj AS1



Zkušební stroje pro mezní frekvence otáčení

Schéma sestavy zkušebního stroje pro zkoušky MFO radiálních ložisek

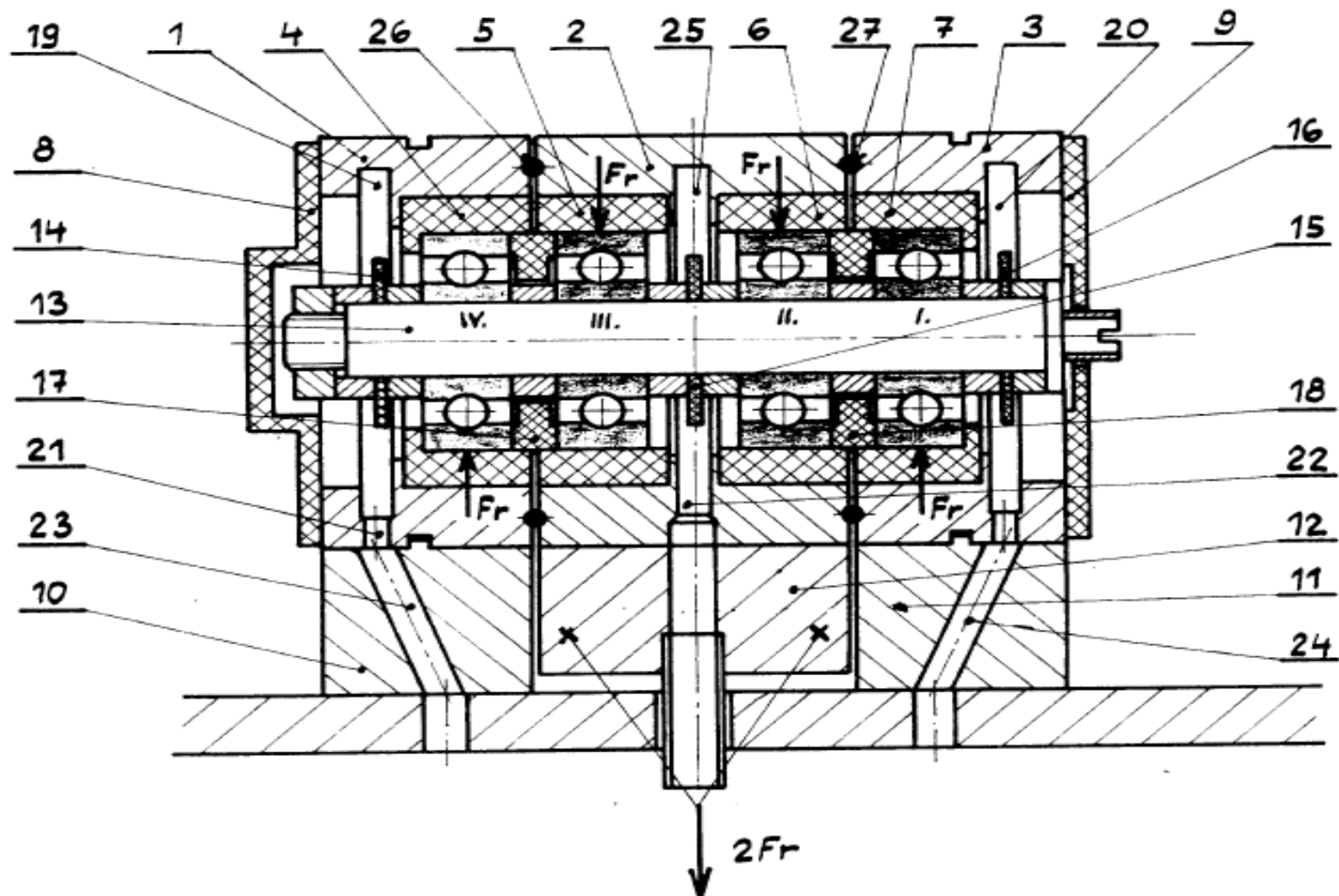
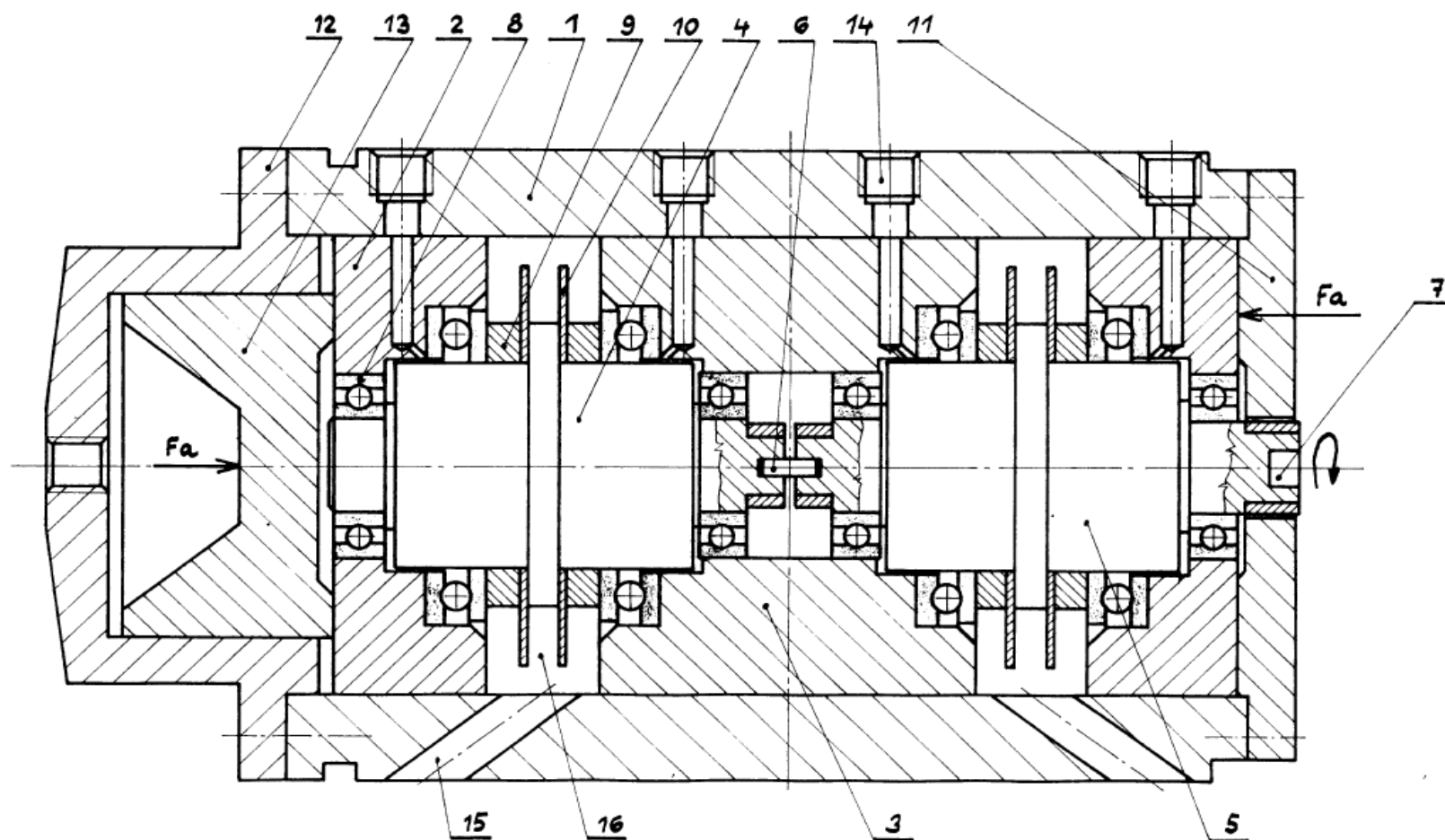


Schéma sestavy zkušebního stroje pro zkoušky MFO axiálních ložisek



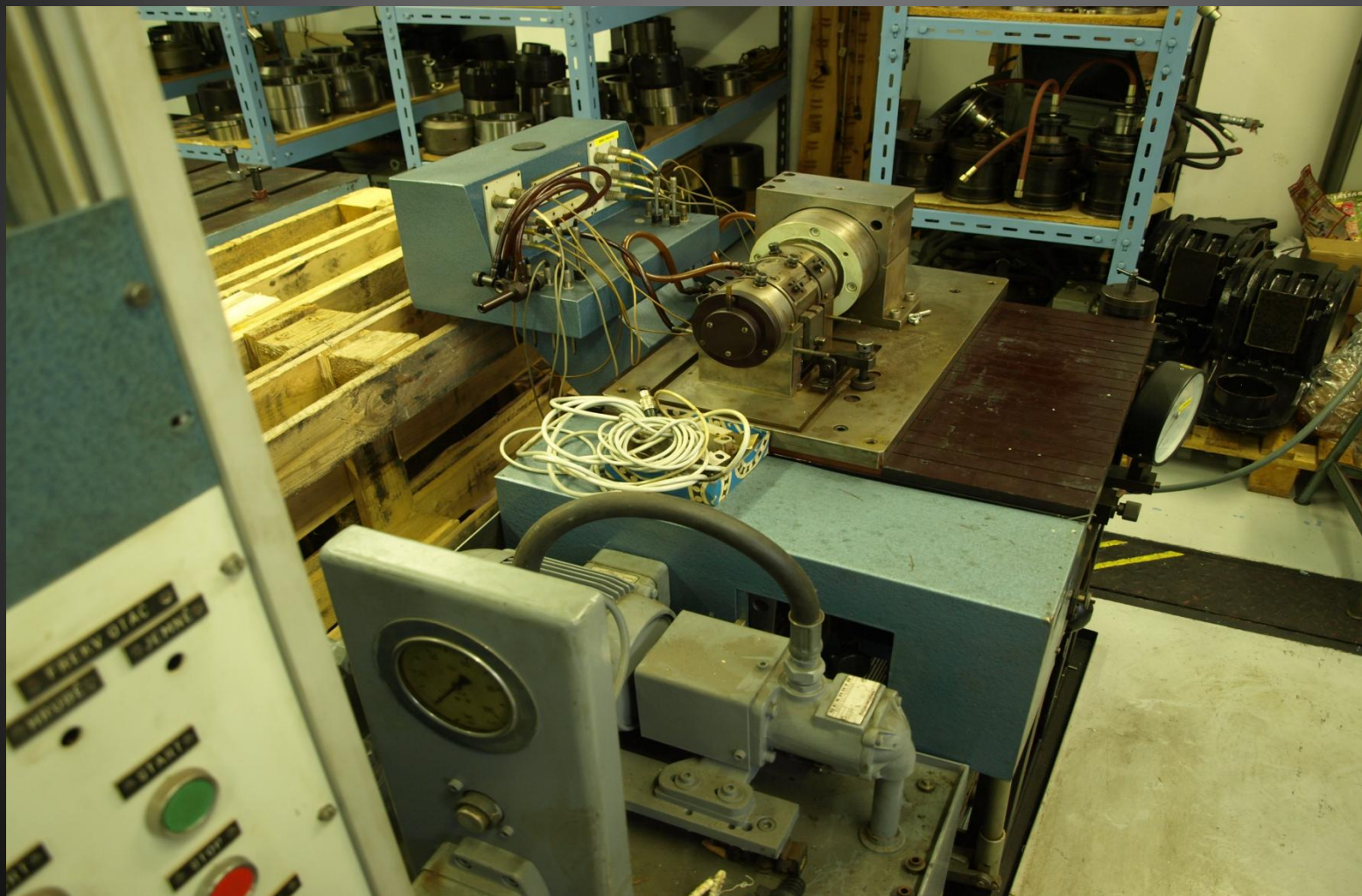
MFO 1

Průměr otvoru vnitřního kroužku: 5 – 40 mm

Průměr otvoru vnějšího kroužku: 16 – 62 mm

Šířka ložiska: 5 – 25,4 mm

Otáčky: max. 50 000 ot/min



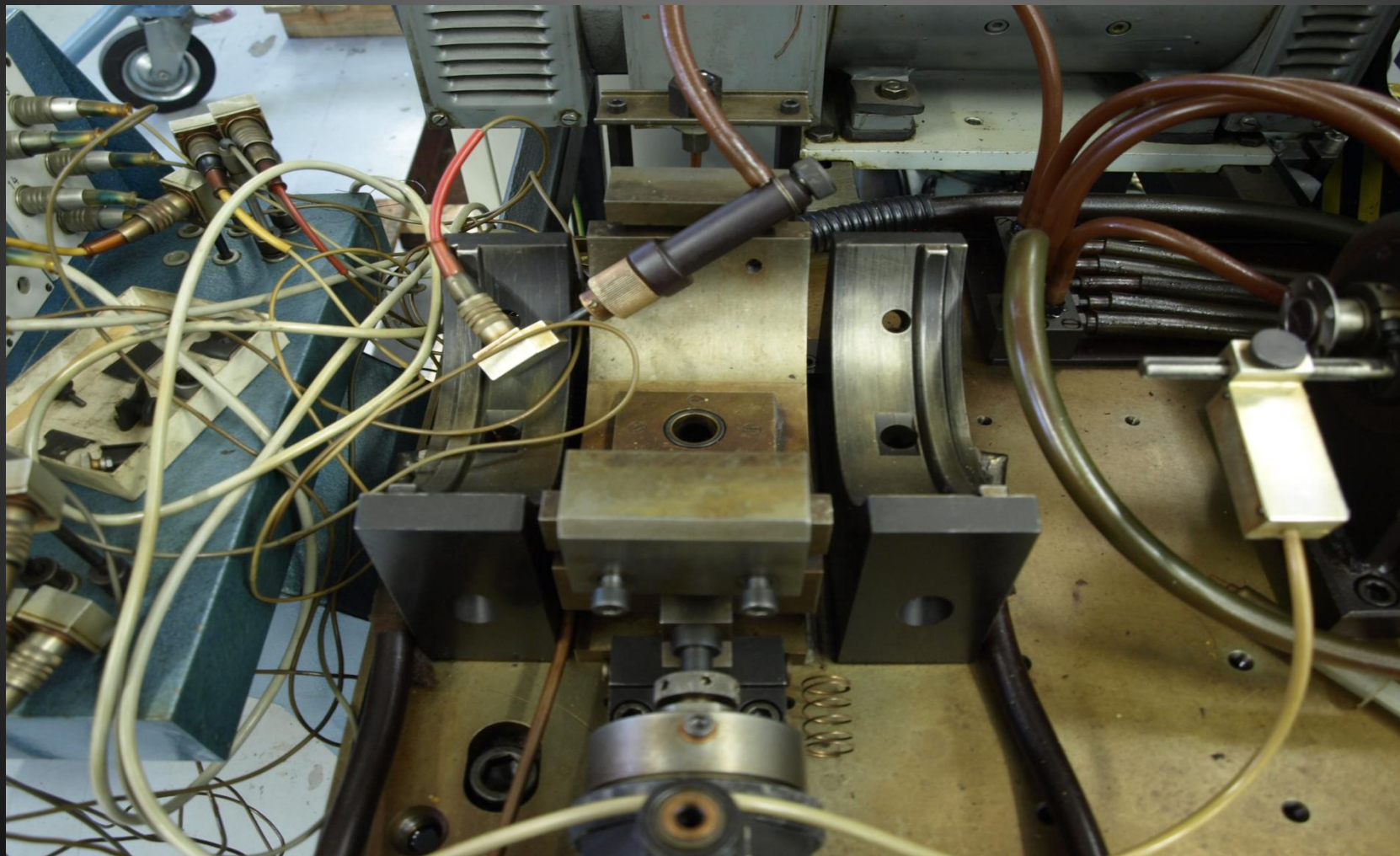
MFO 2

Průměr otvoru vnitřního kroužku: 30 – 75 mm

Průměr otvoru vnějšího kroužku: 72 – 120 mm

Šířka ložiska: max. 49,2 mm

Otáčky: max. 50 000 ot/min



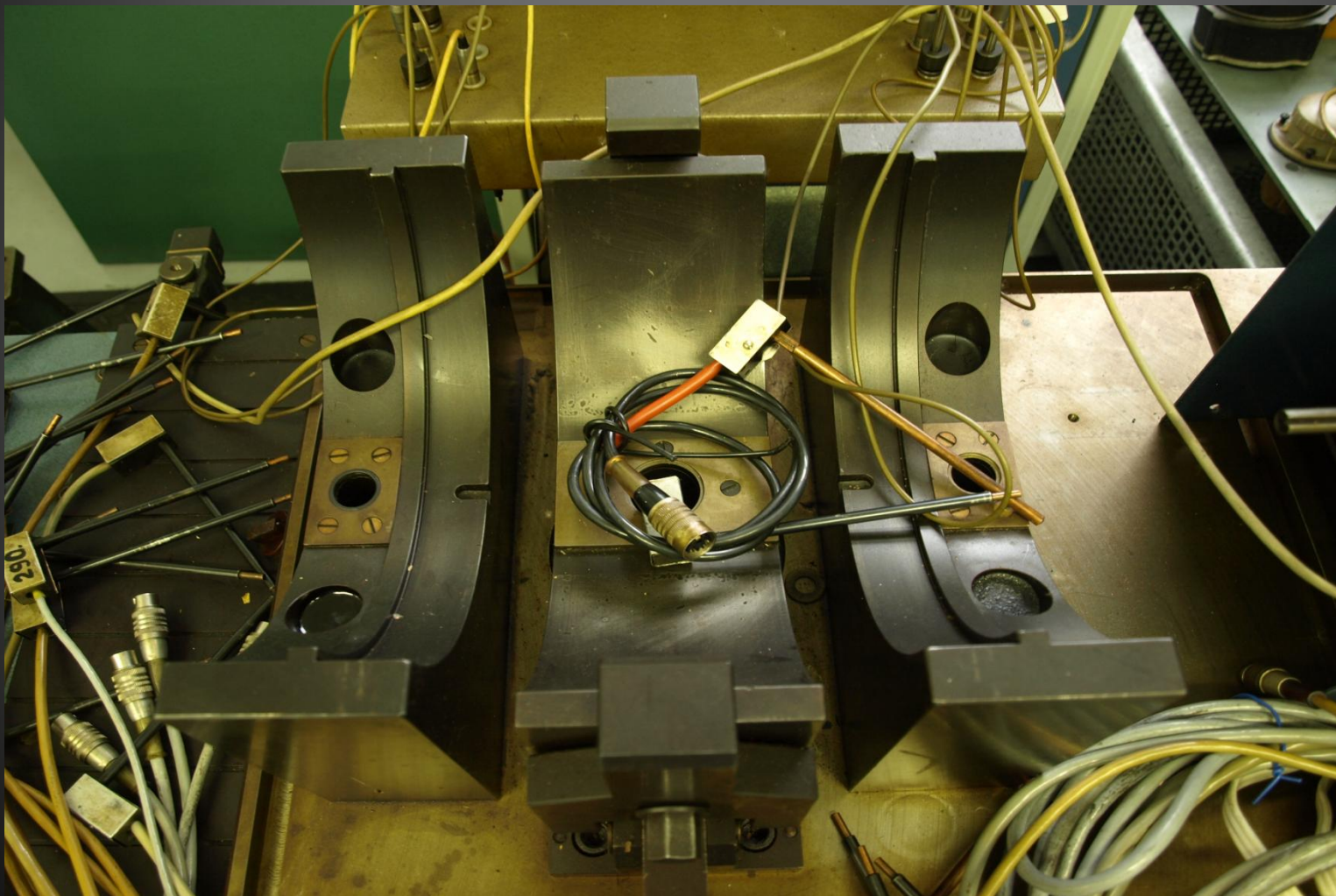
MFO 3

Průměr otvoru vnitřního kroužku: 50 – 110 mm

Průměr otvoru vnějšího kroužku: 125 – 170 mm

Šířka ložiska: 14 – 63,3 mm

Otáčky: 600 - 8500 ot/min



Nářadí pro zkušební stroj MFO



Speciální zkoušky ložisek

Měření momentu tření, zkouška těsnosti.

MTT

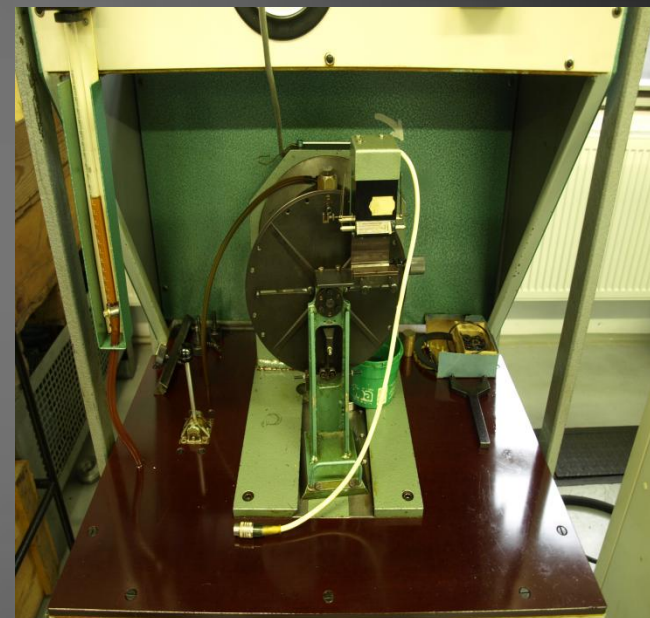
Průměr otvoru vnitřního kroužku: 10 – 75 mm

Průměr otvoru vnějšího kroužku: 26 – 160 mm

Šířka ložiska: 8 - 37 mm

Otáčky: 100 – 14 500 ot/min

Výkon elektromotorů pohonu: 1,9 kW



ZKOUŠENÍ KOLOVÝCH LOŽISEK PLC 15 – 32 NA ZAŘÍZENÍ INOVA

Tento metodický pokyn stanovuje provádění zkoušek kolových ložisek (jednotek) PLC 15-32 na zařízení Inova. Na tomto zkušebním zařízení lze provádět následující zkoušky:

I/ Dynamické zkoušky

B/ Zkouška trvanlivosti - VW5

C/ Zkouška trvanlivosti - AK

II/ Zkouška těsnosti ložiska

III/ Statická zkouška tuhosti

A/ V malém zatěžovacím rozsahu

B/ Ve vysoce zatěžované oblasti

Parametry zkušebního stroje :

Radiální síla	max	25	kN
zdvih válce		100	mm
Axiální síla	max	25	kN
zdvih válce		100	mm
Vzdálenost ax.síly od osy		150 – 400	mm
Frekvence otáček	max	2200	otáček/min
Elmotor - vřeteník		15 kW/ 1460min	

Parametry HU 25

Jmenovitý výstupní průtok	(dm3/min)	25
Tlak ve výtlačném hrdle P		
Jmenovitý	MPa	28
nastavitelný v rozsahu	MPa	5 – 28,5
Doporučená provozní teplota oleje	°C	45 - 55
Max. teplota oleje	°C	65
Plnopřítoková filtrace, absolutní	µm	10
Objem oleje v nádrži		
Maximální	dm3	200
Minimální	dm3	50
Množství chladicí vody při t vstup=20°C	dm3/min	8,3

Zkouška těsnění ložiska :

Pro účely zjištění těsnosti ložiska kola je jednotka podrobena dvouosému zatěžování (radiální zatížení F_z , boční síla F_y) při různé frekvenci otáčení a při současném ostřiku znečištěnou vodou. Tyto režimy udá zadavatel.

Zařízení je pro ostřík vybaveno nádobou na míchání , čerpací nádobou (motor napájen měničem) a na zkušební stroj se musí instalovat komora ostřiku s dvojicí trysek. Množství znečištěné vody je 2 l/min.

Složení je rovněž zadáváno – mimo vody se jedná o formovací písek přesného množství, zrnitosti, dále jílovou křídu a chlorid sodný (sůl).

V příloze č.3 jsou zkušební podmínky této zkoušky.

Směs se na každou zkoušenou jednotku obnovuje!

Př.: dle PV 1445

Do 40 l vody

6,5 kg formovací písek se zrnitostí: 0,3 – 0,6 mm = 41%

0,2 – 0,3 mm = 52 %

0,09- 0,2 mm = 7 %

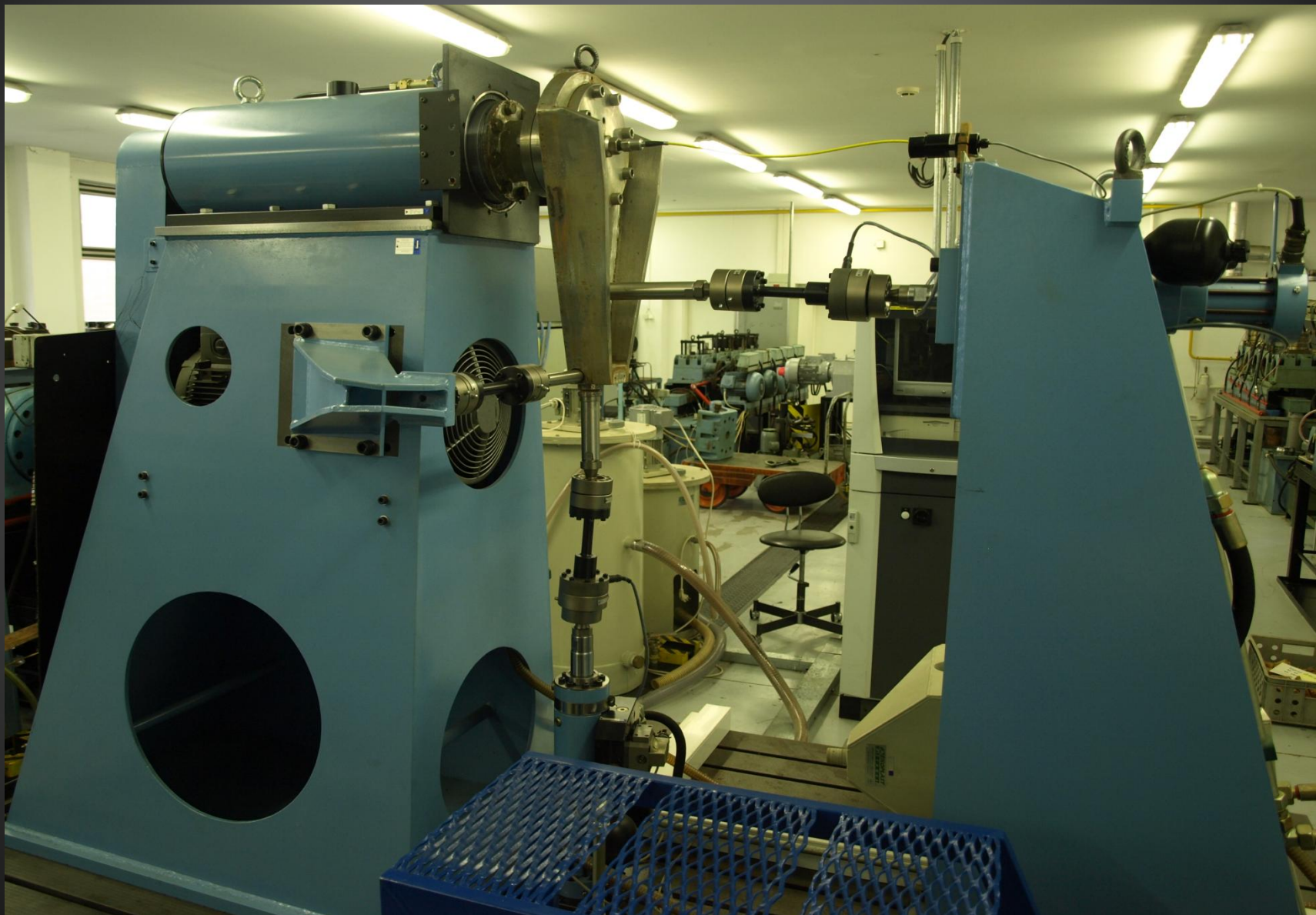
3,5 kg jílové křídy

1,5 kg soli



Ložisko PLC 15-32

Zkušební stanice INOVA



Zkušební stroj AXMAT

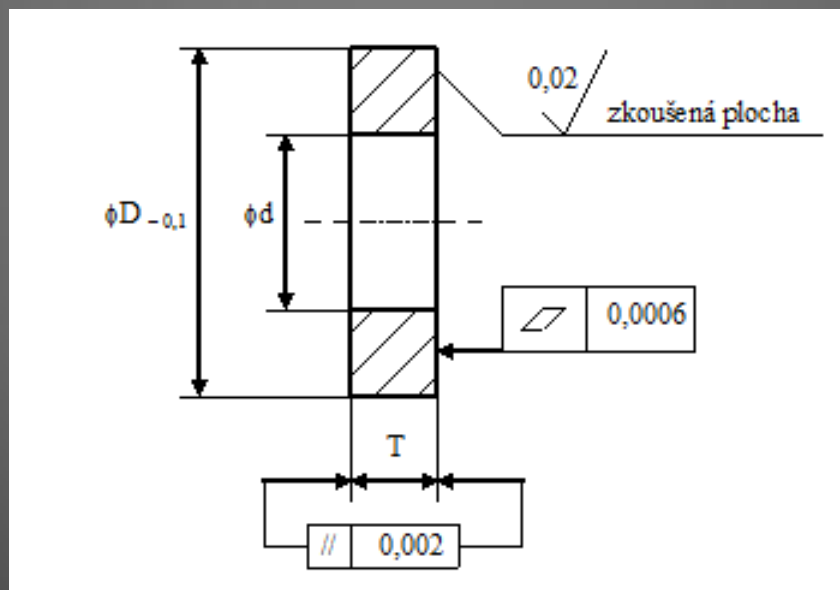
Zařízení AXMAT je určeno k ověřování jakosti materiálu a způsobu jeho tepelného zpracování. Dále umožňuje provádět výzkum vlivu maziv na trvanlivost valivých kontaktů, zkoušky trvanlivosti při vyšších teplotách, zkoušky šíření kontaktní únavy apod.

Předložená metodika je určena jako vodítko pro hodnocení kvality materiálu na zařízení AXMAT standardním způsobem.

PRINCIP ZKUŠEBNÍHO UZLU

Zkušební uzel je tvořen nehybným plochým vzorkem diskového tvaru, který je upevněn v držáku. Volitelnou osovou silou je zkušební vzorek přitlačován svojí rovinnou plochou proti vrstvě kuliček uložené v kruhové oběžné dráze opěrného kroužku tvořeného kroužkem axiálního ložiska. Opěrný kroužek je upevněn v unašeči a spolu s ním pomocí kuželového trnu v hřídeli pohonné jednotky.

Na držáku vzorku je připevněn snímač pittingu, který předává signál k vypnutí pohonné jednotky při vzniku poškození.



Tab. č. 1 - Základní údaje pro zkušební uzel
zařízení AXMAT

ORGANIZACE ZKUŠEBNÍHO UZLU

Zkušební uzel je navržen tak, aby doba zkoušky byla co nejkratší s přednostním vznikem únavového poškození na zkušebním vzorku.

Výrobní přesnost zkušebního vzorku je nutno dodržet podle výše uvedeného náčrtu.

Kuličky, použité ve valivém systému, musí být třídy přesnosti alespoň 5, jejich třídící tolerance musí být pod 0,5 μm , opěrné kroužky musí být z ložisek stupně přesnosti alespoň P6.

Zkušební zařízení umožňuje použít opěrné kroužky axiálních ložisek do maximální velikosti 51110, 51209, 51308 a 51406. Průměr oběžné dráhy je možno volit v rozmezí 17 až 60 mm.

V tabulce č. 1 jsou uvedeny základní údaje pro použitelný rozsah zkušebních uzlů, tj. typorozměrů ložiska opěrného kroužku, tomu odpovídající průměr a počet kuliček, roztečný průměr oběžné dráhy, výpočtový odhad základní dynamické únosnosti zkušebního vzorku a jeho základní rozměry.

Číslo uzlu	Opěrný kroužek	D_w [mm]	Z [ks]	D_s [mm]	C_p [N]	D [mm]	d [mm]	T [mm]
1	51100	3,175	16	17,0	2 319	23	10	5
2	51200	3,969	14	18,0	3 332	23	10	5
3	51101	3,175	18	19,0	2 426	23	10	5
4	51201	3,969	15	20,0	3 380	28	10	5
5	51102	3,175	21	21,5	2 590	28	10	5
6	51202	3,969	18	23,5	3 637	28	10	5
7	51103	3,175	23	23,5	2 680	28	10	5
8	51203	3,969	20	26,0	3 785	34	18	5
9	51104	3,969	21	27,5	3 845	24	18	5
10	51204	4,763	19	30,0	5 139	38	22	8
11	51404	6,747	16	35,0	9 091	44	26	8
12	51105	3,969	26	33,0	4 178	42	24	8
13	51205	5,556	21	36,0	6 957	46	26	8
14	51305	6,350	19	38,5	8 722	48	28	8
15	51405	8,500	15	42,5	13 344	54	30	10
16	51106	3,969	30	38,5	4 408	48	28	8
17	51206	5,556	23	41,0	7 344	52	32	10
18	51306	6,747	20	45,0	9 783	54	36	10
19	51406	9,525	16	50,0	16 851	58	42	10
20	51107	3,969	34	43,5	4 620	54	36	10
21	51207	6,350	23	48,5	9 244	58	36	10
22	51307	7,938	20	51,5	13 218	58	42	10
23	51108	4,763	32	50,0	6 241	58	42	10
24	51208	6,747	25	54,0	10 748	64	44	10
25	51308	8,731	21	59,0	16 011	68	50	10
26	51109	4,763	36	55,0	6 560	64	44	10
27	51209	6,747	27	59,0	11 017	68	50	10
28	51110	4,763	39	60,0	6 742	68	50	10

Tab. č. 2 Zkušební režimy zařízení AXMAT

ZKUŠEBNÍ REŽIMY

Zkušební režim je charakterizován jmenovitým maximálním kontaktním napětím (Hertzovým) ve styku kuličky se zkušebním vzorkem. V tabulce č. 2 jsou uvedeny hodnoty axiálního zatížení valivého uzlu, které odpovídají zkušebnímu napětí 5 000, 4 000 a 3 000 MPa. Současně je uveden výpočtový odhad základní trvanlivosti zkušebního vzorku.

Druhý parametr, který charakterizuje zkušební režim, tj. otáčky opěrného kroužku jsou dány konstrukcí zkušebního zařízení a použitým motorem. V případě zařízení AXMAT činí pracovní otáčky $1\,420\text{ min}^{-1}$.

Číslo uzlu	Opěrný kroužek	$\sigma = 5\,000\text{ MPa}$		$\sigma = 4\,000\text{ MPa}$		$\sigma = 3\,000\text{ MPa}$	
		F_a [N]	L [10^6 ot]	F_a [N]	L [10^6 ot]	F_a [N]	L [10^6 ot]
1	51100	2 037	1,475	1 043	10,922	440	146,40
2	51200	2 785	1,712	1 426	12,759	602	169,90
3	51101	2 291	1,186	1 173	8,840	495	117,70
4	51201	2 984	1,454	1 528	10,831	645	144,20
5	51102	2 673	0,910	1 369	6,779	577	90,29
6	51202	3 581	1,048	1 833	7,806	773	103,90
7	51103	2 928	0,767	1 499	5,714	632	76,09
8	51203	3 978	0,861	2 037	6,415	859	85,43
9	51104	4 177	0,780	2 139	5,809	902	77,36
10	51204	5 443	0,842	2 787	6,270	1 176	83,51
11	51404	9 197	0,966	4 709	7,195	1 987	95,83
12	51105	5 172	0,527	2 648	3,928	1 117	52,31
13	51205	7 796	0,711	3 992	5,294	1 684	70,51
14	51305	9 674	0,733	4 953	5,461	2 090	72,73
15 *	51405	13 685	0,927	7 007	6,907	2 956	91,98
16	51106	5 968	0,403	3 055	3,004	1 289	40,00
17	51206	8 965	0,550	4 590	4,095	1 937	54,54
18 *	51306	11 497	0,616	5 886	4,591	2 483	61,14
19 *	51406	18 330	0,777	9 385	5,788	3 959	77,09
20	51107	6 763	0,319	3 463	2,374	1 461	31,62
21 *	51207	11 711	0,492	5 996	3,665	2 530	48,31
22 *	51307	15 914	0,573	8 148	4,269	3 437	56,86
23	51108	6 167	0,316	4 694	2,351	1 980	31,31
24 *	51208	14 371	0,418	7 358	3,117	3 104	41,51
25 *	51308	20 215	0,497	10 350	3,702	4 366	49,30
26	51109	10 313	0,257	5 280	1,918	2 227	25,54
27 *	51209	15 520	0,358	7 946	2,665	3 352	35,49
28 *	51110	11 172	0,220	5 720	1,637	2 413	21,80

Pozn.: Hodnoty axiálního zatížení, uvedené v tabulce č. 2 jsou vypočteny pro uvedená nominální konkrétní zatížení. S ohledem na způsob vyvození axiálního zatížení na zařízení AXMAT (závaží přes páku) není možná plynulá regulace zatížení. Proto se volí zatížení nejbližšího nominálnímu. Jmenovitá hodnota konkrétního napětí se potom vypočte podle následujícího vztahu:

$$\sigma = 2147 \cdot \left[\frac{F_a}{Z \cdot D_w^2} \right]^{1/3}$$

kde σ [MPa].....jmenovité kontaktní napětí (Hertzovo)

F_a [N].....jmenovitá hodnota axiálního zatížení

Z [ks].....počet kuliček ve valivém uzlu

D_w [mm].....průměr kuličky

Zkušební zařízení AXMAT je určeno pro trvalé axiální zatížení při zkoušce max. 10 kN. K této skutečnosti je třeba přihlížet při volbě zkušebního uzlu a provozního režimu. V tabulce č. 2 jsou čísla zkušebních uzlů, které se nedoporučuje volit pro zkoušky při $\sigma = 5\,000$ MPa označeny hvězdičkou.

MAZÁNÍ

Pro dosažení objektivních výsledků zkoušky je třeba zabezpečit dostatečnou úroveň mazání tak, aby v kontaktu kuliček a zkušební vzorku byla zabezpečena existence EHD filmu.

Vzhledem k daným provozním podmínkám na zařízení AXMAT a předepsané drsnosti pracovní plochy zkušební vzorku ($R_a \leq 0,02$) provádí se mazání zkušební valivého uzlu plastickým mazivem. Pro dosažení srovnatelných výsledků je nutné použít mazivo SHELL ALVANIA 3.

Pozn.: Při použití plastického maziva NH 2 nesmí překročit teplota zkušební vzorku hodnotu 85°C.

Při použití oleje OL - J2 je třeba drsnost pracovní plochy zkušební vzorku dodržet lepší než $R_a = 0,005$ a provozní teplota použitého oleje nesmí překročit hodnotu 50°C.

POČET VZORKŮ, PLÁN ZKOUŠKY, POKYNY K PROVEDENÍ ZKOUŠKY

Zkouška je organizována jako úplná zkouška dvaceti zkušebních vzorků.

Pro přípravu vzorků se zhotoví 25 kusů, které se po tepelném a mechanickém opracování vizuálně zkontrolují na případné hrubé závady. Po konečném opracování pracovní plochy na předepsanou hodnotu drsnosti se vzorky nakonzervují a uloží na dobu nejméně 21 dnů. Po této době je možno použít zkušební vzorky ke zkoušce. Vzorky se rozdělí na dvě skupiny – 20 a 5 kusů. Skupina 20 vzorků se použije ke zkoušce, zbývajících 5 vzorků se použije ke kontrole kvality povrchu a tvrdosti a k dalším potřebným expertizám.

Zkouška každého vzorku je ukončena vznikem pittingu na zkušebním vzorku nebo dosažením 500 hodin bez porušení vzorku.

Čas do vzniku pittingu se zaznamená. Vznikne-li únavové poškození dříve než na zkušebním vzorku některá další část valivého systému zkušebního uzlu (kulička, opěrný kroužek), zkouška se přeruší, vymění se kuličky a opěrný kroužek, systém se znovu namaže a ve zkoušce se pokračuje. Každé takto vzniklé přerušení se zaznamená se stručnou informací o příčině přerušení a době přerušení zkoušky.

Obdobně se zaznamená každé přerušení z jiných než uvedených důvodů.

Zkouška je ukončena po odzkoušení dvaceti zkušebních vzorků.

Sestava zkušebních strojů AXMAT



Zkušební hlava stroje AXMAT



Dynamická únosnost a trvanlivost – ČSN ISO 281 (024607)

Základní trvanlivost ložiska.

Trvanlivostí valivého ložiska rozumíme počet otáček, které ložisko vykoná (nebo dobu chodu při dané frekvenci otáčení), než se objeví první známky únavy materiálu na valivých tělesech nebo oběžných drahách. Praktické zkoušky ukazují, že trvanlivost zcela stejných ložisek při stejných provozních podmínkách značně kolísá. Aby bylo možné za těchto okolností používat jednotný způsob výpočtu valivých ložisek, byla pro účely posuzování trvanlivosti ložisek zavedena takzvaná základní trvanlivost.

Základní trvanlivost valivých ložisek je trvanlivost, kterou dosáhne nebo překročí 90% stejných ložisek při stejných provozních podmínkách, jestliže je použito běžně užívaného materiálu, dosaženo běžné výrobní kvality a ložisko pracuje za normálních podmínek provozu. Základní trvanlivost je definována rovnicí

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^p [\text{min}^{-1}] \quad L_{10h} = \left(\frac{C}{P} \right)^p \cdot \frac{10^6}{60n} [h]$$

kde:

C ... základní dynamická únosnost ložiska [N, lb]

P ... ekvivalentní dynamické zatížení ložiska [N, lb]

n ... frekvence otáčení ložiska [1/min]

p ... exponent (pro kuličková ložiska p=3, pro ostatní ložiska p=10/3)

Základní dynamická únosnost ložiska je definována jako stálé neproměnné zatížení, při kterém ložisko dosáhne základní trvanlivost jednoho milionu otáček. Hodnoty dynamických únosností jsou pro každé ložisko uváděny v příslušném katalogu.

Ekvivalentní dynamické zatížení ložiska je definováno jako výhradně radiální zatížení (u radiálních ložisek) resp. výhradně axiální zatížení (u axiálních ložisek), při jehož působení bude mít ložisko stejnou trvanlivost, jakou dosáhne v podmínkách skutečného zatížení. Velikost ekvivalentního zatížení je popsána vztahem

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a \quad [N, lb]$$

kde:

F_r ... radiální složka skutečného zatížení [N, lb]

F_a ... axiální složka skutečného zatížení [N, lb]

X ... koeficient radiálního dynamického zatížení

Y ... koeficient axiálního dynamického zatížení

Hodnoty koeficientů X, Y jsou závislé na typu, provedení a velikosti ložiska, u některých ložisek také na směru a velikosti skutečného zatížení. Pro každé ložisko jsou uváděny v příslušném katalogu.

Modifikovaná trvanlivost ložiska.

Základní trvanlivost hodnotí životnost valivých ložisek pouze z hlediska působících zatížení a nebere do úvahy další vlivy jako jsou podmínky provozu, výrobní kvalita či vlastnosti použitých materiálů. Snahy o zvyšování kvality a spolehlivosti konstrukcí vedly k požadavku dalšího zpřesnění výpočtu trvanlivosti ložisek. Proto byla normou ISO zavedena modifikovaná rovnice trvanlivosti

$$L_{mh} = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot L_{10h} = a_1 \cdot a_{23} \cdot L_{10h} \quad [h]$$

•kde:

a_1 ... součinitel trvanlivosti pro požadovanou spolehlivost (viz. tabulka níže)

a_2 ... součinitel trvanlivosti pro dané materiálové vlastnosti a danou úroveň technologie výroby

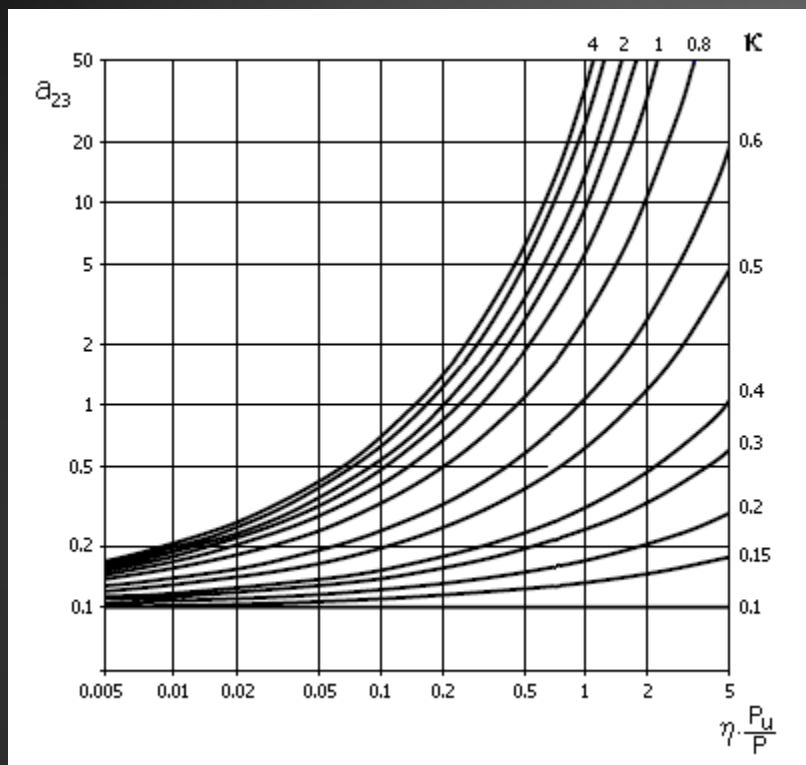
a_3 ... součinitel trvanlivosti pro dané provozní podmínky

Hodnoty součinitele a_1

Spolehlivost [%]	90	95	96	97	98	99
a_1	1.00	0.62	0.53	0.44	0.33	0.21

Vzhledem k vzájemné závislosti součinitelů a_2 a a_3 zavádí výrobci ložisek obvykle jejich společnou hodnotu a_{23} . Hodnota tohoto součinitele bude závislá především na kvalitě mazání a podle doporučení ISO 281 je určována v závislosti na typu ložiska z příslušných grafů (viz. obrázek).

Hodnoty součinitele a_{23} pro radiální válečková ložiska



kde:

k ... viskozitní poměr (udává poměr mezi provozní a vztažnou viskozitou maziva $k = \eta / \eta_1$ - viz. kapitola mazání ložisek)

h ... součinitel úrovně znečištění maziva (viz. odstavec [3.10])

P ... ekvivalentní dynamické zatížení

P_u ... mezní únavové zatížení (uváděno pro každé ložisko v příslušném katalogu)

Trvanlivost [h]	Typ stroje
300 - 3000	Stroje pro domácnost, hospodářské stroje, nástroje, technické vybavení pro lékařské využití
3000 - 8000	Stroje pro přerušovaný provoz: elektrické ruční nástroje, dílenské jeřáby, stavební zařízení a stroje
8000 - 12000	Stroje pro přerušovaný provoz s požadavkem velké spolehlivosti: výtahy, jeřáby pro balené zboží, atd.
10000 - 25000	Stroje pro 8 hodinový provoz, ne vždy plně využité: ozubené převody pro všeobecné použití, elektromotory pro průmyslové použití, rotační drtiče
20000 - 30000	Stroje pro 8 hodinový provoz, plně vytižené: obráběcí stroje, dřevoobráběcí stroje, stroje pro strojírenský průmysl, jeřáby, ventilátory, pásové dopravníky, tiskářské stroje, odstředivky
40000 - 50000	Stroje pro nepřetržitý provoz: válečkové tratě, stacionární elektrické stroje, kompresory, důlní výtahy, pumpy, textilní stroje
30000 - 100000	Stroje na větrnou energii, ložiska pro generátory
60000 - 100000	Stroje pro vodárny, rotační pece, lanové splétací stroje, lodní stroje
> 100000	Velké elektrické stroje, stroje na výrobu energie, důlní pumpy a ventilátory

U kolových vozidel jsou udávány trvanlivosti obvykle v milionech ujetých kilometrů.

Trvanlivost [10^6 km]	Typ vozidla
0.1 - 0.3	Silniční vozidla
0.8	Železniční vozidla - nákladní vagóny
1.5	Železniční vozidla - elektrické pouliční dráhy
3	Železniční vozidla - osobní vozy
3 - 5	Železniční vozidla - dieselové a elektrické lokomotivy

Základní definice ZDÚ

- Trvanlivost:** trvanlivost jednotlivého valivého ložiska je počet otáček, které jeden z kroužků vykoná vzhledem k druhému kroužku, než se objeví příznaky únavy materiálu na jednom z kroužků nebo valivém tělese.
- Spolehlivost:** u skupiny zjevně stejných valivých ložisek pracujících při stejných podmínkách provozu je to procento ložisek dané skupiny, u něhož se očekává, že dosáhne nebo překročí stanovenou trvanlivost.
- Základní trvanlivost L10:** Pro jednotlivé valivé ložisko nebo skupinu identických valivých ložisek pracujících ve stejných podmínkách je trvanlivost představena dobou provozu ložisek při 90% spolehlivosti, jestli je použito současně běžně užívaného materiálu, běžné výrobní kvality a normálních podmínek provozu. $L_{10} = (C_r/P_r)^p$ celý postup výpočtu v ISO 281.
- Upravená trvanlivost:** trvanlivost získaná korekcí základní trvanlivosti pro požadovanou spolehlivost, zvláštní vlastnosti ložisek nebo provozu.
- Základní radiální dynamická únosnost C_r :** stálé nepohyblivé radiální zatížení, které může valivé ložisko teoreticky přenášet při základní trvanlivosti jednoho miliónu cyklů. Výpočet v ISO 281.
- Základní axiální dynamická únosnost C_a :** stálé středové axiální zatížení, které může valivé ložisko teoreticky přenášet při základní trvanlivosti jednoho miliónu cyklů. Celý postup výpočtu v ISO 281.
- Radiální dynamické ekvivalentní zatížení P_r :** stálé nepohyblivé radiální zatížení, při jehož působení bude mít valivé ložisko stejnou trvanlivost jaké dosáhne v podmínkách skutečného zatížení. $P_r = X F_r + Y F_a$ (hodnoty X, Y tabulka 3 v ISO 281)
- Axiální dynamické ekvivalentní zatížení:** stálé středové axiální zatížení, při jehož působení bude mít valivé ložisko stejnou trvanlivost jaké dosáhne v podmínkách skutečného zatížení.
- Jmenovitý úhel styku:** úhel mezi rovinou kolmou k ose ložiska a jmenovitou přímkou působení výslednice sil přenášených kroužky ložiska na valivé těleso.
- Roztečný průměr kuliček:** průměr kružnice procházející středy kuliček v jedné řadě kuliček v ložisku.
- Roztečný průměr válečků:** průměr kružnice procházející osami válečků v jedné řadě válečků v ložisku.
- Normální podmínky provozu:** podmínky, které mohou být přijatelné pro ložisko v případě, že je správně namontováno a chráněno před cizími částicemi, normálně mazáno, má normální podmínky zatížení a není podrobena extrémní teplotě ani výjimečně nízkým nebo vysokým otáčkám.

ZKL Výzkum a vývoj, a. s.
Zkušebna valivých ložisek, Jedovnická 8, 628 00 Bmo

Číslo protokolu	ZT	21	2009	N	V
-----------------	----	----	------	---	---

Zkoušené ložisko	NU 2215
------------------	---------

Zkušební protokol

Zkušební protokol může být reprodukován jedině celý
s písemným souhlasem vedoucího zkušebny ložisek

ZT

PROTOKOL OVĚŘENÍ ZÁKLADNÍ DYNAMICKÉ ÚNOSNOSTI

Označení ložiska	Výrobce	Rok výroby

Účel zkoušky:

Zákazník:

Číslo zakázky:

Datum převzetí
ložisek:

Zahájení zkoušky:

Ukončení
zkoušky:

Datum vydání zkušebního protokolu:

Za správnost zkušebního
procesu:

Vedoucí zkušebny ložisek:

Ředitel ZKL Výzkum a vývoj:

Přílohy:

Rozdělovník:

Počet stran protokolu:

9

ZÁKLADNÍ ÚDAJE O LOŽISKU

Parametr a jeho označení	Hodnota	Jednotka	Předpis
Základní dynamická únosnost C_r		N	Dle zadavatele
Základní statická únosnost C_{or}		N	Dle zadavatele
Katalogová frekvence otáček n_k		min ⁻¹	Dle zadavatele
Střední průměr ložiska d_s		mm	Dle zadavatele
Radiální vůle G_r	normální	μm	Dle zadavatele

Odběr ložisek

Provedl:	Místo:	Datum:	Počet kusů:
			20

Charakteristické znaky vnitřní konstrukce ložiskaJiné specifické vlastnosti:

Neuvedeny.

TECHNOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA

Druh a výrobce polotovaru	Materiál
A kroužek	
B kroužek	
Valivá tělesa	

Způsob broušení oběžných drah

A kroužek	
B kroužek	

Způsob dokončování valivých ploch

A kroužek	
B kroužek	
Valivá tělesa	

Specifikace valivých těles

Výrobce	
Rozměr	
Modifikace a stupeň přesnosti	
Různé:	

PODMÍNKY ZKOUŠKY

Zkouška byla provedena podle PN 5 0209
a metodického pokynu zkušebny ložisek č. MP 32/88

Zkušební zařízení:

Radiální zatížení:	F_r		N
Axiální zatížení:	F_a		N
Ekvivalentní zatížení:	P		N
Zkušební poměr C/P	C/P		
Výpočetní trvanlivost:	L_h		hod.

Katalogová frekvence otáček	n_k		min^{-1}
Zkušební frekvence otáček	n_z		min^{-1}
Zkušební poměr n_z/n_k	n_z/n_k		

Použitý druh maziva			
S vlastnostmi podle			
Průtočné množství oleje:	Q_o		$\text{dm}^3 \text{min}^{-1}$

Popis a zdůvodnění případných odchylek od metodického pokynu:

Upínací příslušenství

Číslo výkresové dokumentace	
Tolerance uložení v pouzdru	
Tolerance uložení na hřídeli	
Počet zkoušených ložisek na hřídeli	
Použitá pomocná ložiska	

Průběh zkoušky

Charakteristika chodu ložisek:

Teplota oleje před vstupem do ložisek

Teplota vnějších kroužků ložisek

Číslo ložisek, u kterých nastala jiná porucha než pitting a popis poruchy:

VÝSLEDEK ZKOUŠKY

1. Výsledky jednotlivých ložisek základní skupiny

Pořadí zničení	Číslo ložiska	L_{10} [hod]	L_1 [10 ⁶ ot]	C_1 [N]	C [%]	Výskyt a velikost (v mm) pittingu		
						A	B	Tělíska
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								

Pozn.:

2. Matematicko-statistický odhad hodnoty ZDÚ výrobní dávky

Nestranný odhad základní trvanlivosti výrobní dávky		mil.ot.
Nestranný odhad základní dynamické únosnosti výrobní dávky	C_{10}	N
Poměr nestranného odhadu ZDÚ výrobní dávky a katalogové (zadané) hodnoty ZDÚ	C_{10}/C_{KA1}	%

Vizuální zkoumání stavu ložisek po zkoušce

ZHODNOCENÍ VÝSLEDKU

Statická únosnost – ČSN ISO 76 (024610)

Při statickém zatížení je ložisko silově zatíženo v klidu, při velmi pomalém otáčení nebo při pomalém kývavém pohybu. Únosnost ložiska je určena přípustnými trvalými deformacemi oběžných drah a valivých těles. Měřítkem bezpečnosti staticky namáhaných valivých ložisek pak bude součinitel bezpečnosti s_0 definovaný vztahem:

$$s_0 = C_0 / P_0$$

kde:

C_0 ... základní statická únosnost ložiska [N, lb]

P_0 ... ekvivalentní statické zatížení ložiska [N, lb]

Základní statická únosnost ložiska je definována jako vnější zatížení, které způsobí ve stykovém místě nejvíce zatíženého valivého tělesa trvalou deformaci o velikosti 0.0001 průměru valivého tělesa. Tato trvalá deformace nemá na funkci ložiska obvykle žádný škodlivý vliv. Hodnoty statických únosností jsou pro každé ložisko uváděny v příslušném katalogu.

Ekvivalentní statické zatížení ložiska je definováno jako výhradně radiální zatížení (u radiálních ložisek) resp. výhradně axiální zatížení (u axiálních ložisek), které u ložiska způsobí trvalou deformaci téže velikosti, jako při skutečných podmínkách zatížení. Velikost ekvivalentního zatížení je popsána vztahem

$$P_0 = X_0 \cdot F_r + Y_0 \cdot F_a \quad [N, lb]$$

kde:

F_r ... radiální složka skutečného zatížení [N, lb]

F_a ... axiální složka skutečného zatížení [N, lb]

X_0 ... koeficient radiálního statického zatížení

Y_0 ... koeficient axiálního statického zatížení

Hodnoty koeficientů X_0, Y_0 jsou závislé na typu, provedení a velikosti ložiska. Pro každé ložisko jsou uváděny v příslušném katalogu.

Základní definice

•**Statické zatížení:** zatížení působící na ložisko, kdy vzájemná frekvence otáčení jeho kroužku je rovná nule.

•**Základní radiální statická únosnost Cor:** radiální statické zatížení, které odpovídá vypočteným stykovým napětím v nejvíce zatíženém pásmu styku valivého tělesa a oběžné dráhy ložiska (styk. elipsy) se rovná:

4600 MPa – pro kuličková ložiska dvouřadá naklápěcí

4200 MPa – pro všechna ostatní kuličková ložiska

4000 MPa – pro všechna válečková, jehlová, soudečková a kuželíková ložiska.

Pro jednořadá ložiska s kosoúhlým stykem radiální únosnost odpovídá radiální složce zatížení, které způsobí čistě radiální vzájemné posunutí ložiskových kroužků.

•**Základní statická únosnost Coa:** statické středové zatížení, které odpovídá vypočteným napětím v nejvíce zatíženém pásmu styku valivého tělesa a oběžné dráhy ložiska:

4200 MPa pro ložiska axiální kuličková

4000 MPa pro axiální ložiska válečková, jehlová, soudečková a kuželíková.

•**Radiální statické ekvivalentní zatížení Por:** radiální statické zatížení, které způsobí takové stykové napětí v nejvíce zatíženém pásmu styku valivého tělesa a oběžné dráhy ložiska, jaké je v podmínkách skutečného zatížení.

***Axiální statické ekvivalentní zatížení Poa:** statické středové axiální zatížení, které způsobí takové stykové napětí v nejvíce zatíženém pásmu styku valivého tělesa a oběžné dráhy ložiska, jaké je v podmínkách skutečného zatížení

MP 413 – 07 METODIKA OVĚŘOVÁNÍ STATICKÉ ÚNOSNOSTI

Tato metodika platí v oboru valivých ložisek a stanovuje základní všeobecné předpisy pro ověřování základní statické únosnosti radiálních valivých ložisek všeobecného použití od průměru díry $d = 10$ mm do vnějšího průměru ložiska $D = 240$ mm.

I. VŠEOBECNĚ

1.Ověřování základní statické únosnosti je prováděno z důvodů:

- Ověření výsledků úkolů rozvoje vědy a techniky, inovace výrobků
- Ověření úrovně jakosti sériově vyráběných ložisek

2.V případě, že je ověřován výsledek řešení úkolu vědy a techniky, provádí se ověření základní statické únosnosti porovnávací metodou , při které je zkoušena základní skupina zvolených ložisek stávajícího provedení a základní skupina těch že ložisek s novým inovačním prvkem nebo rozdílným provedením.

Výběrem je nutné zajistit zjevnou shodnost všech ostatních jakostních parametrů zkoušených ložisek starého i nového provedení.

3.Při ověřování úrovně jakosti sériově vyráběných ložisek je odběr zkušební dávky prováděn náhodným odběrem z výrobní dávky nebo komerční oblasti.

II. NÁZVY A SYMBOLY

1.Výrobní dávka je soubor zjevně stejných ložisek jednoznačně stejného výrobce se stejnými technologickými a konstrukčními prvky provedení.

2.Zkušební dávka je soubor zjevně stejných ložisek potřebných k ověření základní statické únosnosti odebraných z výrobní dávky.

Zkušební dávka se dělí na skupinu:

- a)základní
- b)Rozborovou

3.Základní skupina je 10 zjevně stejných ložisek, která jsou vybrána ze zkušební dávky a jsou určena pro ověření základní statické únosnosti výrobní dávky na zkušebních zařízeních.

4.Rozborová skupina je množství ložisek určených k metrologickým, metalografickým, případně jiným destruktivním i nedestruktivním rozborům.

5.Zkušební zařízení ve smyslu této metodiky je zatěžovací zařízení a příslušenství pro uložení zkušebních ložisek.

6.použité symboly:

d	- jmenovitý průměr válcové díry vnitřního kroužku ložiska [mm]
d_m	- $\frac{d_{max} + d_{min}}{2}$ střední průměr válcové díry vnitřního kroužku [mm]
D_m, D_{me}	- jmenovitý rozměr valivého tělesa [mm]
B	- jmenovitá šířka valivého ložiska [mm]
C_{or}	- základní statická únosnost [N]
D	- jmenovitý vnější průměr ložiska [mm]
D_m	- $\frac{D_{max} + D_{min}}{2}$ střední vnější průměr ložiska [mm]
F_r	- radiální zatížení ložiska [kN]
$T_{H,s}$	- skutečná jednostranná mez normálního rozdělení deformace
$T_{H,p}$	- předepsaná toleranční mez trvalé deformace
σ_i	- trvalá deformace
$\bar{\sigma}$	- střední hodnota trvalých deformací
k	- koeficient pro stanovení toleranční meze
s	- odhad směrodatné odchylky

III. TECHNICKÉ POŽADAVKY

1. Ke zkoušce základní statické únosnosti jsou ložiska předkládána zadávacím protokolem se všemi požadovanými údaji.

2. Zkouška základní statické únosnosti se provádí na 10 ložiskách základní skupiny očíslovaných od 1 do 10 a v libovolném místě čela vnitřního kroužku opatřených ryskou a pomocnými ryskami. Číslo, rysky i pomocné rysky jsou zhotoveny leptáním nebo elektrograficky.

3. Ložiska určená ke zkoušce základní statické únosnosti podle této metodiky musí být nakonzervována; D_m , d_m , B musí odpovídat ČSN 02 4612 a radiální vůle musí odpovídat ČSN 02 4609.

4. Každé zkoušené ložisko při zkoušce základní statické únosnosti je zatěžováno radiálním zatížením F_r , ekvivalentním jeho statické únosnosti C_{or} , podle ČSN ISO 76 (02 4610.)

5. Absolutní hodnoty trvalé deformace na vnitřním kroužku v nejnamáhanějším místě styku, způsobené statickým zatížením na celé ložisko, jsou podkladem pro statistické vyhodnocení výsledků.

6. Absolutní hodnoty trvalé deformace se zjišťují na vnitřním kroužku, po demontáži ložiska, přístrojem Talyrond při 5 000 násobném zvětšení a filtru 1 až 500 vln.

Měřicí dotyk musí být veden středem oběžné dráhy vnitřního kroužku. U dvouřadých ložisek musí být měřicí dotyk veden středem oběžné dráhy u čela označeného ryskou

IV. ZKUŠEBNÍ ZAŘÍZENÍ

1. Ověřování základní statické únosnosti se provádí zatěžováním zkoušených ložisek uložených v příslušenství zatěžovacím zařízením.

Zatěžovací zařízení

1. Zatěžovací zařízení musí odpovídat 1. stupni přesnosti podle ČSN 25 0251.
2. Zatěžovací zařízení musí vyvinout zatěžovací sílu nastavitelnou v rozsahu 0 až 250 kN, která musí být neproměnná a nesmí měnit směr působení.

Příslušenství

1. Příslušenství pro zkoušky základní statické únosnosti sestává z hřídel, kde je zkoušené ložisko nalisováno, vnějšího pouzdra, v němž je nasunuto vnějším kroužkem. Poloha ložiska je zajištěna distančními kroužky a celá soustava je uložena tuhých podporách.

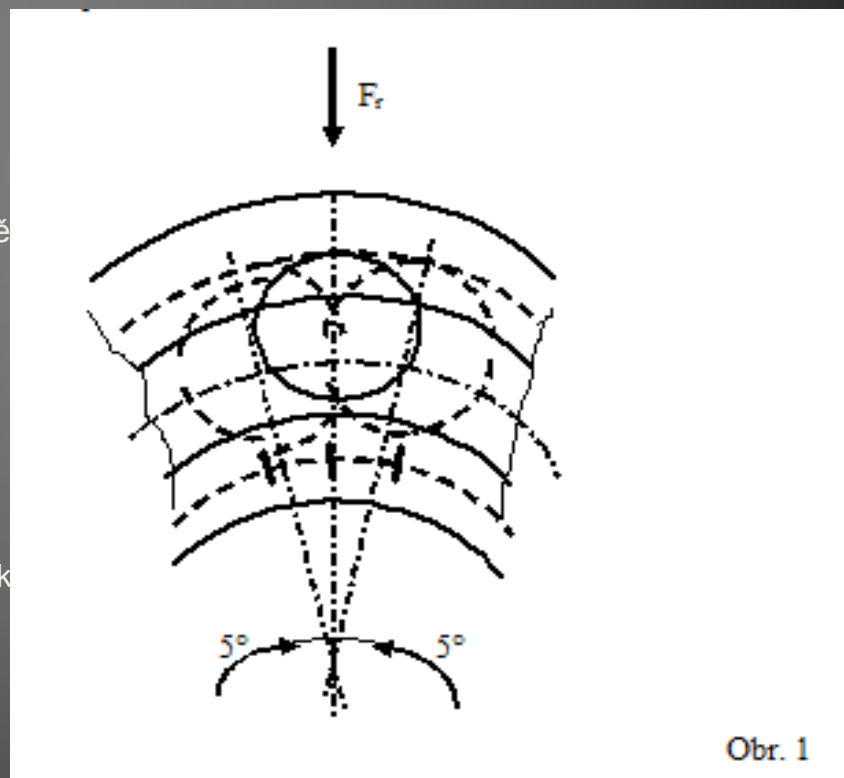
V. ZKOUŠENÍ

1. Zkoušené ložisko je v přípravku ustanoveno tak, aby statická síla působila přes vnější kroužek a valivé těleso na vnitřní kroužek v místě označeném ryskou, podle čl. 11.

2. Označené místo (ryska) na čele kroužku musí ležet ve směru zátěžné síly; blíže působíště zátěžné síly (viz obr. 1).

3. Vzájemná odchylka polohy rysky na čele kroužku a osy valivého tělesa přenášející největší statické zatížení na vnitřní kroužek ložiska nesmí být větší než $\pm 5^\circ$.

Poznámka: Mezní polohy $\pm 5^\circ$ mohou být znázorněny na čele kroužku pomocnými ryskami.



Obr. 1

VI. PRŮBĚH ZKOUŠKY, VYHODNOCENÍ

Příprava ke zkoušce

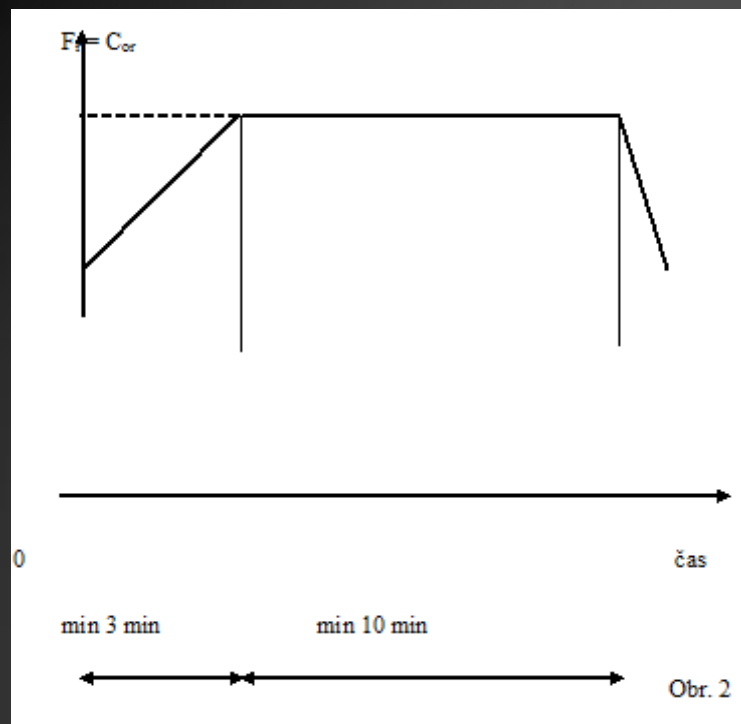
1. Před započítáním zkoušky je nutné:

- a) zkontrolovat záruční dobu ochrany ložisek před korozí (při prošlé záruční době nelze ložiska připustit ke zkoušce)
- b) zkontrolovat údaje v zadávacím protokole a zajistit jejich eventuální doplnění
- c) zkoušené ložisko odkonzervovat
- d) zkoušené ložisko očíslovat a označit ryskou podle čl. 11
- e) připravit a zkontrolovat činnost zatěžovacího zařízení
- f) připravit přípravek a stanovit vzdálenost podpor podle šířky zkoušeného ložiska
- g) provést montáž ložiska do pouzdra a na trn
- h) zajistit, aby zátěžná síla působila v souladu s čl. 21

Vlastní zkouška

1. Statické zatížení musí narůstat pozvolna na maximální hodnotu ($F_r = C_{or}$) po dobu minimálně 3 minut (viz obr. 2).
2. Statické zatížení, způsobující trvalou deformaci, musí působit minimálně po dobu 10 minut.
3. Po uplynutí zatěžovací doby se zkoušené ložisko odlehčí. Ložisko se demontuje a na vnitřním kroužku se změří trvalá Deformace

Poznámka: Trvalá deformace se měří na vnitřním kroužku i když z důvodu konstrukčního provedení ložiska je stykové napětí vyšší na vnějším kroužku.



4. Postup platí pro každé ověřované ložisko a zjištěné hodnoty se запиší do protokolu vedení zkoušky.

DODATEK

Souvisící normy

ČSN ISO 76 (02 4610)

ČSN ISO 281 (02 4607)

ČSN ISO 5753 (02 4609)

ČSN ISO 492 (02 4612)

ČSN 25 0251

Valivá ložiska. Základní statická únosnost.

Valivá ložiska. Dynamická únosnost a trvanlivost.

Valivá ložiska. Radiální vnitřní vůle.

Valivá ložiska. Radiální ložiska. Tolerance.

Trhací stroje a lisy

Vyhodnocení

1. Postup vyhodnocení:

- Měřením podle čl. 15 se stanoví trvalá deformace i ($i = 1$ až 10) oběžné dráhy vnitřního kroužku a zaznamená se do protokolu (příloha 3)
- Stanoví se charakteristika výběru podle vztahu:

$$\sigma = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \sigma_i$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{9} \sum_{i=1}^{10} (\sigma_i - \bar{\sigma})^2}$$

- Stanoví se jednostranná toleranční mez normálního rozdělení podle vztahu
 $T_{H,S} = \sigma + k \cdot s$ $k = 2,959$

- Stanoví se předepsaná toleranční mez trvalé deformace pro vnitřní kroužek podle vztahu

$$T_{H,P} = 0,000065 \cdot D_w \quad (D_{wr})$$

2. Porovnání hodnot $T_{H,S}$ a $T_{H,P}$ dává rozhodnutí:

- je-li $T_{H,S} \leq T_{H,P}$, pak průměrně 99 % valivých ložisek výrobní dávky má základní statickou únosnost větší nebo rovnu minimální základní statické únosnosti podle ČSN 02 4606
- je-li $T_{H,S} > T_{H,P}$, pak nedosáhla valivá ložiska výrobní dávky minimální základní statické únosnosti podle ČSN 02 4606

Mezní frekvence otáčení MFO.

Otáčky valivých ložisek nelze neomezeně zvyšovat. Odstředivé síly ložiska zvyšují jeho zatížení, nepřesnost chodu vyvolává kmitání a tření v ložisku způsobuje jeho zvýšený ohřev. Mezní otáčky závisí na typu, provedení a velikosti ložiska, jeho přesnosti, provedení klece, vnitřní vůle a na provozních poměrech v uložení. Jsou především omezeny nejvyšší přípustnou teplotou maziva.

Jednoznačně a obecně platnou hranici přípustných otáček nelze pro valivá ložiska přesně stanovit. Pro rychlou orientaci uvádí výrobci v rozměrových tabulkách směrné hodnoty mezních otáček pro jednotlivá ložiska. Tyto hodnoty vychází z praktických zkušeností a platí pro ložiska s normální vůlí vyrobená v normálním stupni přesnosti, za předpokladu normálních provozních podmínek a chlazení. Udané mezní otáčky lze v individuálních případech i překročit, doporučuje se však předchozí konzultace s výrobcem.

Kromě mezních otáček udávají někteří výrobci ve svých katalozích u valivých ložisek nově i hodnotu takzvaných **termálních referenčních otáček**. Referenční otáčky udávají mezní přípustné otáčky ložiska při přesně definovaných provozních podmínkách a slouží jako výchozí hodnota pro určení dovolené rychlosti otáčení ložiska pro dané provozní podmínky.

$$n_{perm} = f_p \cdot f_v \cdot n_r \quad [\text{min}^{-1}]$$

kde:

n_r ... referenční otáčky [1/min]

f_p ... opravný koeficient pro daný typ, velikost a zatížení ložiska

f_v ... opravný koeficient pro zvolené podmínky mazání

Způsob určování opravných koeficientů je popsán v katalozích jednotlivých výrobců nebo v ISO 15312. Referenční otáčky uvedené v rozměrových tabulkách jsou definovány pro následující provozní podmínky:

- teplota ložiska 70 °C

- teplota okolí 20 °C

- zatížení $P=0.05 \cdot C_0$

- kinematická viskozita maziva

$n = 12$ [mm²/s] ... radiální ložiska mazaná olejem

$n = 24$ [mm²/s] ... axiální ložiska mazaná olejem

$n_{40} = 100-200$ [mm²/s] ... mazání plastickým mazivem

KONEC