

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Strojírenská technologie – technologie obrábění

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh strategie diagnostiky přesnosti obráběcích strojů ve firmě GE Aviation Czech, s.r.o.

Autor: **Bc. Tomáš Klíma**
Vedoucí práce: **Ing. Zdeněk Pospěch, Ph.D.**

Akademický rok 2017/2018

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Tomáš KLÍMA**

Osobní číslo: **S16N0090P**

Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Strojírenská technologie - technologie obrábění**

Název tématu: **Návrh strategie diagnostiky přesnosti obráběcích strojů ve firmě GE Aviation Czech, s.r.o.**

Zadávací katedra: **Katedra technologie obrábění**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod
2. Analýza současného stavu
3. Měření přesnosti obráběcích strojů
4. Návrh strategie diagnostiky strojů
5. Technicko ekonomické zhodnocení
6. Závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **50 - 70 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- **ČSN ISO 230-1. Zásady zkoušek obráběcích strojů: Část 1: Geometrická přesnost strojů pracujících bez zatížení nebo za kvazistatických podmínek. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.**
- **ČSN ISO 230-2. Zásady zkoušek obráběcích strojů - Část 2: Určení přesnosti a opakovatelnosti nastavení polohy v číslicově řízených osách. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.**
- **ČSN ISO 230-4. Zásady zkoušek obráběcích strojů - Část 4: Zkoušky kruhové interpolace u číslicově řízených obráběcích strojů. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.**
- **Erazim, Karel. Kontrola přesnosti obráběcích strojů. 1. vyd. Praha: SNTL, 1954. 339 s. Řada strojírenské literatury.**
- **Nenadál, Jaroslav. Moderní systémy řízení jakosti. 2. vyd. Praha: Management Press, 2002. 282s. ISBN 80-7261-071-6.**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zdeněk Pospěch, Ph.D.**
Katedra technologie obrábění

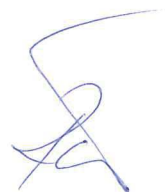
Konzultant diplomové práce: **Ing. Jana O'Connor**
GE Aviation Czech, s.r.o.

Datum zadání diplomové práce: **16. října 2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **21. května 2018**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



Doc. Ing. Jan Řehoř, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 18. října 2017

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Zdeňku Pospěchovi, Ph.D. za jeho ochotu, cenné rady a čas, který mi věnoval. Dále bych chtěl poděkovat firmě GE Aviation Czech, s.r.o. za možnost vypracovat u nich diplomovou práci, jejím zaměstnancům, konzultantce paní Ing Janě O'Connor, a zvláště panu Ing. Martinu Klímovi, za jeho čas a rady při vypracování mé práce.

Poděkování patří také mým nejbližším, za jejich podporu v průběhu celého studia.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Bc. Klíma	Jméno Tomáš	
STUDIJNÍ OBOR	N2301 - Strojírenská technologie-technologie obrábění		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Pospěch, Ph.D.	Jméno Zdeněk	
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KTO		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Návrh strategie diagnostiky přesnosti obráběcích strojů ve firmě GE Aviation Czech, s.r.o.		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2018
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	209	TEXTOVÁ ČÁST	62	GRAFICKÁ ČÁST	147
---------------	-----	---------------------	----	----------------------	-----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Tato diplomová práce se zabývá návrhem strategie diagnostiky přesnosti obráběcích strojů. První částí práce je provedení analýzy současného stavu, a zpracování rešerší na téma přesnosti obráběcích strojů. V praktické části byla vytvořena vnitropodniková směrnice a návrh jednotlivých protokolů
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Metrologie, směrnice, geometrická přesnost, kruhová interpolace, ballbar, obráběcí stroje

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Bc. Klíma	Name Tomáš	
FIELD OF STUDY	B2301 - Manufacturing Processes – Technology of Metal Cutting		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Pospěch, Ph.D.	Name Zdeněk	
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	An outline of diagnostic strategy for measuring accuracy of machine tools in GE Aviation Czech, inc.		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machining Technology	SUBMITTED IN	2018
----------------	------------------------	-------------------	----------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	209	TEXT PART	62	GRAPHICAL PART	147
----------------	-----	------------------	----	-----------------------	-----

BRIEF DESCRIPTION	<p>This diploma thesis deals with the design of a diagnostics strategy for precision of machine tools. The first part of the thesis is an analysis of the current state, and the research on the accuracy of machine tools. In the practical part, internal guidelines and drafting of individual protocols were created</p>
TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	
KEY WORDS	<p>Metrology, guidelines, geometric accuracy, circular interpolation, ballbar, machine tools</p>

1	Úvod	10
1.1	Historie společnosti General Electric	10
1.2	Společnost GE Aviation Czech, s.r.o.	10
1.3	Charakteristika provozu.....	11
1.4	Výrobní portfolio	11
2	Analýza současného stavu.....	13
2.1	Stroje ve firmě	13
2.2	Přejímací zkoušky.....	14
2.3	Pravidelná kontrola strojů.....	14
2.4	Protokoly ke strojům	15
2.4.1	EMS servis	15
2.4.2	Kovosvit MAS.....	18
2.4.3	Hermle Česká Republika.....	19
2.4.4	Luděk Fuka – CNC doctors.....	19
2.4.5	Pemtec	20
2.4.6	Yamazaki Mazak Central Europe s.r.o., Česká republika.....	20
3	Měření přesnosti obráběcích strojů	21
3.1	Měření geometrické přesnosti	22
3.1.1	Přímost	22
3.1.2	Rovinnost	24
3.1.3	Kolmost	25
3.1.4	Rovnoběžnost	26
3.1.5	Souosost	27
3.1.6	Obvodové házení.....	28
3.1.7	Čelní házení.....	29
3.1.8	Osový pohyb	30
3.2	Měření přesnosti a opakovatelnosti nastavení polohy v číslicově řízených osách....	30
3.3	Zkoušky kruhové interpolace u číslicově řízených obráběcích strojů.....	34
4	Návrh strategie diagnostiky strojů.....	37
4.1	Vnitropodniková směrnice pro měření přesnosti obráběcích strojů.....	37
4.1.1	Povinnosti.....	38
4.1.2	Rozsah měření	38
4.1.3	Periodicita měření	39
4.1.4	Analýza výsledků	40

4.2	Protokoly pro měření geometrické přesnosti obráběcích strojů	40
4.2.1	Úvodní strana	41
4.2.2	Radiální vrtačky	42
4.2.3	Sloupové vrtačky	43
4.2.4	Stojanové vrtačky	43
4.2.5	Rovinné brusky	44
4.2.6	Brusky na vnitřní broušení	45
4.2.7	Hrotové brusky	46
4.2.8	Univerzální hrotové soustruhy	47
4.2.9	Frézky konzolové se svislou osou vřetena a nastavitelnou výškou stolu.....	48
4.2.10	Frézky konzolové s vodorovnou osou vřetena a nastavitelnou výškou stolu	49
4.2.11	Soustružnická centra	50
4.2.12	Frézovací centra se svislou osou rotace – 3osá	52
4.2.13	Frézovací centra se svislou osou rotace – 5osá – výklopný a otočný stůl	53
4.2.14	Polohovací zařízení – otočný stůl - 4. osa.....	54
4.3	Předpis pro měření kruhové interpolace	54
5	Technicko-ekonomické zhodnocení.....	55
	Závěr.....	57
	Použitá literatura	58
	Seznam příloh.....	62

1 Úvod

V leteckém průmyslu je třeba víc než kdekoli jinde klást důraz na bezpečnost a preciznost provedení veškerých operací, aby se předešlo případným katastrofám způsobeným chybami montáže či výroby. Proto je třeba dbát na to, aby stroje, vyrábějící komponenty motoru, pracovaly s maximální přesností.

Přesnost obráběcích strojů a její měření spadá do oblasti metrologie. Jedná se o obor zabývající se jednotností a správností měření. Přesnost měření a zároveň schopnost strojů vyrábět co nejpresněji je základem pro vytvoření kvalitních výrobků, které budou odpovídat požadavkům zákazníka. Přesnost také přispívá ke snížení nákladů spojených s výrobou neshodných produktů. Kontrola přesnosti strojů je pro firmy často neefektivním využitím stroje ve výrobě, ale je potřeba si uvědomit, že bez přesného stroje nemůžeme dlouhodobě přesně vyrábět.

Tato diplomová práce si klade za cíl provést základní návrh strategie ověřování přesnosti obráběcích strojů ve společnosti GE Aviation Czech, s.r.o. V první části práce bude představena samotná společnost, a provedena analýza současného stavu. Následovat bude teoretická část zabývající se obecně problematikou ověřování přesnosti obráběcích strojů, a možných způsobů měření. V praktické části bude zpracován vlastní návrh základní strategie. Ten bude zahrnovat vytvoření vnitropodnikové směrnice, která bude definovat rozsahy a periody měření. Na závěr bude provedeno technickoekonomické hodnocení projektu.

1.1 Historie společnosti General Electric

Společnost General Electric (GE) je nadnárodní společnost zabývající se zejména oblastí dopravních technologií, ale také oblastmi finančnictví nebo energetiky. Firma vznikla v roce 1892, kdy Thomas Alva Edison spojil svoji firmu Edison General Electric Company s firmou Thomson-Houston Electric Company a vytvořil firmu General Electric. Firma General Electric zahrnuje spoustu obchodních divizí, např.: GE Transportation, GE Power, GE Aviation, GE Healthcare a další. [10]

Průlom u firmy General Electric nastal v roce 1917, kdy během první světové války hledala vláda USA firmu, která by dokázala zvýšit výkon vojenských letadlových motorů ve vyšších nadmořských výškách. Firma tedy jako první na světě vyvinula letadlový motor s turbodmychadlem, který měl zároveň výkon 350 koňských sil. To všechno mělo za následek první smlouvu s americkou vládou o letecké dopravě, a ta vydláždila General Electric cestu k tomu, aby se stala světovým lídrem v oblasti proudových motorů. [10]

1.2 Společnost GE Aviation Czech, s.r.o.

Společnost GE Aviation Czech, s.r.o. je firmou patřící do divize GE Aviation, která spadá do celosvětové sítě General Electric. Jedná se o firmu vzniklou v roce 2007, která se zabývá výrobou a servisem letadlových motorů pro komerční, obchodní a všeobecné letectví. Firma vznikla z bývalé české firmy Walter Motors a.s., kterou se rozhodla odkoupit divize GE Aviation, vzhledem k velmi rychle rostoucímu zájmu v oblasti leteckého průmyslu – malá dvoumotorová turbovrtulová letadla.

V roce 2009 firma úspěšně vyvinula svůj první turbovrtulový motor GE H80 který měl základ v motoru již zaniklé firmy Walter, a to v motoru s označením M601. Tento motor měl poměrně rychle velký úspěch už během testování, a proto se v roce 2010 dostal na americký letoun Trush 510G. Když motor získal certifikaci EASA (Evropská agentura pro bezpečnost letectví) a FAA (Federální správa letectví) dostala se s ním firma GE Aviation Czech na trhy Evropské unie, a rok poté dokázala dobýt i americké trhy. [10]

V současné době společnost sídlí v Praze – Letňany v areálu Letov. V roce 2016 podepsala společnost GE Aviation s českou vládou investiční smlouvu o vybudování nové centrály, kde se počítá s navýšením počtu zaměstnanců na dvojnásobek.

Firma zároveň deklaruje svoji schopnost vyrábět v souladu s požadavky zákazníka certifikátem ISO 9001 a zároveň certifikací AS 9100, která je právě založena na normě ISO 9001 a rozšiřuje požadavky pro oblast leteckého, kosmického a obranného průmyslu. Tyto certifikace vlastní firma od roku 2007. Zároveň je držitelem certifikátu normy ISO 14001, který se týká environmentálního managementu a certifikace OHSAS 18001 zabývající se systémem managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Dále firma vlastní několik osvědčení jako jsou Osvědčení o oprávnění organizace k výrobě, k vývoji, k údržbě, pro výcvik a provádění zkoušek údržby a oprávnění ke zkouškám leteckých motorů.



Obr. 1 - Logo firmy [1]

1.3 Charakteristika provozu

Jde o výrobně-montážní halu, která má rozlohu 15 500 m². Jedná se o malosériovou výrobu, kde se pracuje ve třísměnném provozu. Firma zaměstnává přibližně 700 zaměstnanců. Ve výrobní hale probíhá výroba dílů a komponentů pro turbovrtulová letadla a zároveň je zde i oddělení, které má na starost montáž několika typů letadlových motorů pro turbovrtulová letadla.

Jsou zde jak klasická pracoviště soustruhů, frézek, vrtaček a brusek, tak například pracoviště na kterém se nachází elektrojiskrový obráběcí stroj. Firma má zároveň pracoviště, které se věnuje svařovacím procesům nebo disponuje vlastní kalírnou a lakovnou. Součástí celého provozu je i poměrně velké galvanovna.

1.4 Výrobní portfolio

Jak již bylo zmíněno výše, firma se zabývá výrobou motorů pro turbovrtulová letadla. Takové motory jsou vhodné především pro letadla, která létají na kratších trasách a zároveň při menších letových rychlostech.

Jeden z představitelů výrobního portfolio se nachází na Obr. 2, jedná se o motor typu H80. Tento motor dosahuje výkonu 800 koňských sil. Právě tento motor je v současnosti v této firmě nejvíce vyráběným typem motoru. Dále se zde vyrábějí další dva typy motorů řady H, a to H75 a H85, které se liší svojí velikostí a výkonem, a tedy tím pro která letadla jsou určena.



Obr. 2 - Motor typ H80 [2]

Zároveň firma v současné době vyvíjí zcela nový typ motoru ATP (Advanced turboprop), o který má zájem firma Textron Aviation pro svůj nový typ letounu. Výkon tohoto motoru by měl dosahovat 1240 koňských sil na hřídeli se současnou úsporou 20% spotřeby paliva oproti konkurenčním motorům.

2 Analýza současného stavu

Firma GE Aviation Czech má ve svém strojovém vybavení jak konvenční stroje (soustruhy, frézky, brusky) tak NC stroje, a zároveň i stroje pro nekonvenční obrábění (drátořez). Firma vlastní přibližně 80 strojů a disponuje jak staršími stroji tzv. klasikami, tak i moderními číslicově řízenými stroji, které jsou svojí schopností přesně a efektivně vyrábět v dnešní době velice důležité.

2.1 Stroje ve firmě

Pro lepší přehled a orientaci jsou stroje, které firma vlastní rozděleny do jednotlivých kategorií dle pracoviště a podle toho o jaký typ stroje se jedná. Zároveň je zde uveden i počet strojů. Tento soupis strojů je možné vidět v Tabulka 1.

	Typ	Kusy	
Soustruhy	CNC soustruh	12	
	Soustruh univerzální hrotový	9	
Frézky	CNC Frézovací centrum 5osé	6	
	CNC Frézovací centrum 3osé	3	
	Frézka nástrojová	1	
	Frézka konzolová vodorovná	1	
	Frézka konzolová svislá	2	
	Frézka odvalovací	1	
	Brusky	CNC bruska	6
	Bruska rovinná	8	
	Bruska na díry vodorovná	6	
	Bruska hrotová	8	
	Bruska nástrojová	2	
	Bruska na závity	1	
Vrtačky	Vrtačka stolní	2	
		Vrtačka radiální	2
		Vrtačka souřadnicová	2
		Vrtačka stojanová	1
		Vrtačka sloupová	3
Obrážečky	Obrážečka svislá	1	
Protahovačky	Protahovačka svislá vnější	1	
	Protahovačka svislá vnitřní	2	
Pila	Pila pásová	1	
EDM	Elektrojiskrový obráběcí stroj	2	
Polohovací zařízení	4. osa pro frézovací centra	2	

Tabulka 1 - Soupis strojů

V současné době se v podniku stará o stroje externí společnost Atalian CZ s.r.o. Pobočka této firmy sídlí také v závodu GE Aviation Czech kde má svoje kanceláře. Zároveň zde mají vlastní pracoviště i servisní technici. Tato společnost zodpovídá za pravidelnou údržbu většiny strojů ve firmě (GE Aviation Czech). V případě nutnosti provádí menší opravy strojů, které se ve výrobní hale nacházejí. Pokud je vyžadována větší oprava stroje, například po kolizi stroje, zajišťuje její vykonání servisní firmou na základě žádosti od vedení GE Aviation Czech.

2.2 Přejímací zkoušky

Při převzetí nových obráběcích strojů asistuje Atalian dodavatelské firmě a pomáhá jí při dodávce stroje z hlediska znalosti prostředí a zajištění drobných věcí, které jsou potřeba při kompletizaci stroje a zároveň jeho ustavení.

Následují zkoušky geometrické přesnosti, které provádí již dodavatelská firma. Tyto zkoušky kontrolují, zda jsou odchylky různých částí a pohybů stroje v rozmezí tolerance a provádějí se pomocí přesně broušených kontrolních trnů a číselníkového úchylkoměru.

Poté následuje zkouška pracovní přesnosti stroje za pracovních podmínek. Pro převzetí nového stroje je provedení této zkoušky zákazníkem vyžadováno. V průběhu této zkoušky se vyrábí definovaný zkušební vzorek, který je po obrobení poslán do oddělení metrologie, kde jsou proměřeny všechny specifikované parametry a tolerance. Metrologie je vybavena souřadnicovým měřicím strojem od firmy Zeiss, na kterém je kontrola zkušební vzorku prováděna.

V případě, že zkušební vzorek vyhovuje, a všechny měřené rozměry se nacházejí v rozmezí povolených tolerancí, jsou podepsány předávací dokumenty mezi firmou a dodavatelskou společností.

Předávací dokumenty nepodepisuje člověk z firmy Atalian, která k tomu není oprávněna, ale zaměstnanec z GE Aviation. Ve firmě na to není žádný proces, ale nový obráběcí stroj ve většině případů přebírá a dokumenty podepisuje člověk, který si o stroj zažádal, popřípadě tento proces absolvuje vedoucí výroby.

2.3 Pravidelná kontrola strojů

Firma (GE Aviation Czech) samotná neprovádí pravidelné měření přesnosti obráběcích strojů. Zároveň takovou službu neposkytuje ani firma Atalian.

V periodě jednoho roku je během celozávodní dovolené kontrolována většina strojů, která se ve výrobní hale nachází. Cílem této roční údržby je kompletní kontrola, kterou provádí výrobce, nebo autorizovaný servis. Měření přesnosti obráběcích strojů je jednou z možných součástí této kontroly a je tedy vykonáváno dalšími firmami. Nejdříve jsou vybrány stroje, u kterých má být provedena kontrola. Nejedná se ovšem o všechny stroje, kterými firma (GE Aviation Czech) disponuje, ale jsou vytipovány stroje v závislosti na jejich přesnosti, využití a současném stavu. Svoje požadavky, kterých strojů by se tato preventivní údržba měla týkat, podává také samotná výroba. Tyto stroje jsou poté rozděleny na několik skupin. Na tyto skupiny strojů jsou poptány firmy, které vyhovují a jsou schopny provést jejich kontrolu. Pro každou skupinu strojů je vybrána jiná firma. Po schválení cenové nabídky provedou tyto firmy vlastní kontrolu, u některých strojů je provedeno i měření geometrické přesnosti. Záznamy z provedených kontrol jsou předány firmě Atalian, která je předává vedoucím jednotlivých úseků ve výrobě. Na základě výsledků si vedoucí zažádají o opravu stroje, která je v případě schválení přeposlána zpět do firmy Atalian, která tuto opravu zajistí.

2.4 Protokoly ke strojům

Předávací protokoly k nově dodaným strojům uchovává firma Atalian. Formuláře vede pod označením „Manuál ke stroji“. Vzhledem k tomu, že protokoly vede jen pár let zpět, a za stejné časové období nových strojů do firmy GE Aviation Czech tolik zakoupeno nebylo, jejich počet není moc velký. Všechny předávací listiny, které byly firmě Atalian předány, má uloženy ve svém archivu na hale.

Dokumenty z pravidelných prohlídek strojů má ve svém vlastnictví taktéž firma Atalian. Protokoly o kontrole uchovává jak v papírové formě, které jsou také uloženy v archivu na hale, tak v digitální podobě na firemní síti. Dokumenty nejsou uspořádány podle žádného klíče a to v praxi znamená, že některé protokoly od strojů jsou označeny inventárním číslem, další například pouze názvem stroje, a jiné typem stroje společně s výrobním číslem.

2.4.1 EMS servis

Jedná se o firmu sídlící v Praze, která se zabývá výrobou a servisem obráběcích a tvářecích strojů. Zároveň zajišťuje i pravidelné prohlídky a kontroly různých typů strojů.

Protokoly pro přejímku nových strojů

Firma EMS nedodává nové stroje do firmy GE Aviation Czech, pouze zde provádí preventivní prohlídky obráběcích strojů.

Protokoly přesnosti pro opakované kontroly strojů

Tato firma prováděla prohlídky na několika typech strojů. Jednalo se o klasické konvenční stroje, a to typu soustruh, brusky a frézky. Součástí této preventivní prohlídky bylo i měření geometrické přesnosti. Stroje byly měřeny podle protokolu, který má navržený sama externí firma, a podle něj zpracovává jednotlivá měření různých typů strojů. Tento protokol je založen na protokolech měření dle normy. Oproti normě, která je pro jednotlivé stroje vydána, obsahují měřící protokoly pro univerzální hrotové soustruhy lepší obrázkovou ilustraci jednotlivých pozic pro měření.

Protokol obsahuje úvodní stranu, kde je napsáno, o jaký stroj se jedná, a zároveň co bude prohlídka stroje obsahovat. Následují právě obrázky s naznačením pozic, jak dané parametry změřit a zároveň je u každé pozice napsána dovolená úchylka a naměřená úchylka. Protokoly se zdají být poměrně kvalitně zpracovány, ale i tak bohužel obsahují jisté nedostatky. Nevýhodou těchto protokolů je, že zahrnují i pozice, které firma EMS servis sama neměří a vypouští je při realizaci měření. Jako největší nevýhoda se jeví nepřehlednost naměřených výsledků, protože ty jsou zaznamenávány do stejné části společně s dovolenými úchytkami. Zde ovšem tyto hodnoty nejsou rozděleny, a proto je dovolená hodnota úchylky a naměřený výsledek odlišen pouze použitím tučnějšího písma pro hodnotu dovolené odchylky. Taková prezentace výsledků je dosti nešťastná vzhledem k poměrně snadnému zaměnění výsledků.

Pro porovnání hodnot, které používá ve svých protokolech firma EMS s dovolenými úchytkami, které uvádí normy, slouží Tabulka 2 pro konzolové svíslé frézky. Také je zde poznamenáno, které pozice nebyly při měření řešeny.

Frézka konzolová svislá		Norma [mm]	Protokol [mm]
Rovinnost upínací plochy stolu		0,04/1000	0,04/1000
Obvodové házení kuželové dutiny	U vřetena	0,01	0,01
	Na konci trnu	0,02	0,02
Obvodové házení vnější středicí části na předním konci vřetena		0,01	0,01
Osový pohyb a čelní házení opěrné plochy na předním konci vřetena		0,02	0,01
Osový pohyb vřetena		0,01	0,01
Rovnoběžnost upínací plochy stolu se směrem podélného pohybu stolu		0,025/300	0,02/500
Rovnoběžnost upínací plochy stolu se směrem příčného pohybu stolu		0,025/300	0,02/300
Rovnoběžnost střední upínací drážky se směrem podélného pohybu stolu		0,015/300	0,02/300
Kolmost střední upínací drážky ke směru příčného pohybu stolu		Norma neměří	0,02/300
Kolmost osy vřetena k upínací ploše stolu	Podélné	0,02/300	0,02/300
	Příčné	0,02/300	0,02/300
Kolmost směru svislého pohybu vřeteníku k upínací ploše stolu	Podélné	0,025/300	0,01/300
	Příčné	0,025/300	0,01/300
Kolmost směru svislého pohybu konzoly k upínací ploše stolu	Podélné	Norma neuvádí	0,02/300
	Příčné		0,02/300

Tabulka 2 - Srovnání hodnot pro frézky v protokolech firmy EMS s normou

Tabulka 3 srovnává hodnoty pro univerzální hrotové soustruhy s točným průměrem do 800 mm. I v této tabulce je uvedena poznámka, které pozice vůbec nebyli předmětem kontroly.

Soustruh univerzální hrotový		Norma [mm]	Protokol [mm]
Přímot vodících ploch na loži v podélném směru		0,02/1000	0,02/1000
Rovinnost vodících plochy na loži v příčném směru		0,04/1000	0,02/1000
Obvodové házení kuželové dutiny	U vřetena	0,01	0,01
	Na konci trnu	0,02	0,02

Soustruh univerzální hrotový		Norma [mm]	Protokol [mm]
Rovnoběžnost směru pohybu suportu s osou vřetena	Svislá	0,02/300	0,01/300
	Vodorovná	0,015/300	0,02/300
Rovnoběžnost směru pohybu nožových saní s osou vřetena v rovině svislé		0,04/300	0,02/300
Obvodové házení středící části na předním konci vřetena		0,01	0,01
Osový pohyb a čelní házení opěrné plochy na předním konci vřetena		0,02	0,01
Osový pohyb vřetena		0,01	0,01
Obvodové házení upínacího hrotu vřeteníku		0,015	0,01
Rovnoběžnost směru podélného pohybu suportu s osou soustružení	Svislá	Norma neuvádí	0,2/600
	Vodorovná		0,2/600
Přímost směru pohybu suportu ve vodorovné rovině (u strojů se vzdáleností hrotů větší než 1500 mm)	na 1000 mm	0,02	0,02
	Do 500 mm	0,015	Neuvedeno
	500 ÷ 1000 mm	0,02	
	Do 5000 mm	max. 0,3	max. 0,3
	Nad 5000 mm	max. 0,3	max. 0,4
Rovnoběžnost hrotové objímky se směrem pohybu suportu - neměřeno	Svislá	0,015/100	0,02/100
	Vodorovná	0,01/100	0,01/100
Rovnoběžnost osy kuželové dutiny hrotové objímky se směrem pohybu suportu	Svislá	0,03/300	0,03/300
	Vodorovná	0,03/300	0,03/300
Kolmost směru pohybu příčných saní k ose vřetena		0,02/300	0,04/300
Rovnoběžnost vodicích plochy na loži pro koník se směrem pohybu		0,03/1500	0,02/1000
Osový pohyb vodicího šroubu – neměřeno		0,01	0,03
Přesnost stoupání vodicího šroubu – neměřeno		0,03	±0,03
Mrtvý chod tažných šroubů s dělicími kroužky - neměřeno		Norma neuvádí	0,9/100 otáček

Tabulka 3 - Srovnání hodnot pro soustruhy v protokolech firmy EMS s normou

Srovnání hodnot pro rovinné brusky uvedené v protokolech firmy EMS s normou je uvedeno v Tabulka 4.

Bruska rovinná	Norma [mm]	Protokol [mm]
Rovinnost upínací plochy stolu	0,01 do 1000 mm	0,02/1000
	0,02 přes 1000 mm	
Rovnoběžnost upínací plochy s podélným pohybem stolu	$0,012 \cdot L/1000$	0,015/1000 0,02/2000
Rovnoběžnost upínací plochy s příčným pohybem stolu	$0,002 + 0,01 \cdot L/1000$	0,01 na šíři stolu
Přímot pohybu stolu ve směru vodorovném (zdvih stolu přes 1500 mm) - neměřeno	Norma neuvádí	0,01/1000
Rovnoběžnost střední upínací délky podélného pohybu	0,015 do 1000 mm	0,015/1000
	0,02 přes 1000 mm	
Kolmost příčného pohybu stolu ke střední upínací drážce	Norma neuvádí	0,03/300
Obvodové házení středící plochy na konci brusného vřetená	0,005	0,01
Osový pohyb brusného vřeteníku	0,005	0,01
Rovnoběžnost osy otáčení brusného vřeteníku s upínací plochou stolu	0,025/300	0,02/300
Kolmost osy otáčení ke střední upínací drážce - neměřeno	0,015/300	0,02/300
Kolmost směru svislého pohybu vřeteníku k upínací ploše stolu v rovině příčné - neměřeno	0,04/300	0,01/100

Tabulka 4 - Srovnání hodnot pro rovinné brusky v protokolech firmy EMS s normou

2.4.2 Kovosvit MAS

Tato firma má svoje hlavní sídlo ve městě Sezimovo Ústí. Firma se zaměřuje na výrobu a vývoj obráběcích strojů. Jedná se o moderní multifunkční obráběcí stroje, jako jsou soustružnická, frézovací a soustružnicko-frézovací centra. Zároveň svým zákazníkům nabízí i možnost měření přesnosti jejich strojů.

Protokoly pro přejímku nových strojů

Předávací protokoly od firmy Kovosvit se poměrně liší. Pro určitý typ obráběcích strojů jsou předávací protokoly vcelku obsáhlé a dostačující pro zhodnocení stavu stroje a jeho následné předání zákazníkovi, pro další zařízení jsou ovšem velmi stručné, a obsahují jen pár pozic měření.

Protokoly přesnosti pro opakované kontroly strojů

Kompletní kontrola, kterou firma prováděla, se týkala CNC soustruhů značky MASTURN a jednoho vertikálního obráběcího centra. Kontrola strojů byla provedena a zaznamenána do protokolů, které výrobce používá. Tento protokol obsahuje celkový souhrn stavu stroje, kde je hodnocen stav při kontrole, a zároveň i tabulka pro návrh nápravných opatření, které servisní technik doporučuje. Dále jsou v dokumentu uvedeny pozice pro kontrolu geometrické přesnosti stroje. Všechny pozice jsou vhodně doplněny obrázkem, naznačujícím, jak by mělo měření vypadat, a stručná informace, jak měření provést. Jsou zde také uvedeny použité měřicí pomůcky. Mezní a naměřené úchytky jsou v tomto protokolu uvedeny odděleně, a proto nehrozí jejich záměna ve výsledném hodnocení stavu stroje. Nedostatkem těchto protokolů je ovšem velmi malý počet pozic pro měření. Například pro stroj Masturn 550 jsou uvedeny pouze tři měření pro geometrickou přesnost. Třeba zde není vůbec řešena kolmost pohybů v osách X a Z. Vzhledem k takto malému počtu měření nelze stav stroje celkově zhodnotit.

2.4.3 Hermle Česká Republika

Jde o českou pobočku německé firmy Hermle AG. Tato pobočka má své sídlo v Praze, zatímco Hermle AG má své hlavní sídlo a jediný výrobní závod v německém městě Gosheimu. Firma se specializuje na výrobu a servis CNC frézovacích center.

Protokoly pro převěření nových strojů

Hermle, které dodává do firmy GE Aviation Czech své stroje, má předávací protokoly poměrně obsáhlé a dostačující bez nutnosti dalších výraznějších úprav. Povolené odchylky, které má předepsané, jsou pro jejich stroje zároveň přísnější, než doporučuje norma.

Protokoly přesnosti pro opakované kontroly strojů

V rámci pravidelné kontroly strojů je dodána zpráva o servisním výkonu, který byl proveden. V tomto protokolu je uveden stroj, kterého se kontrola týkala, dále se zde nachází případné opravy stroje, a jejich zdůvodnění. Při tomto servisním úkonu je také provedeno měření geometrie stroje. O tom je zde však pouze zpráva s konstatováním, že je vše v povolených tolerancích, což ovšem o vývoji geometrie a rozsahu měření neřekne vůbec nic.

2.4.4 Luděk Fuka – CNC doctors

CNC doctors je obchodní název firmy Luděk Fuka, která se zabývá servisem a opravami obráběcích a tvářecích strojů. Dalším předmětem jejího podnikání je výroba širokého spektra náhradních dílů za pomoci moderních číslicově řízených strojů. Firma má svoje sídlo v Nepřevově.

Protokoly pro převěření nových strojů

Firma Luděk Fuka nové stroje do firmy nedodává.

Protokoly přesnosti pro opakované kontroly strojů

Pravidelná kontrola se týkala strojů od firmy Mazak. Společnost (Luděk Fuka) je podle dostupných informací doporučována právě firmou Mazak jako jedna ze servisních firem pro jejich stroje. Zpráva z této kontroly obsahuje název a výrobní nebo sériové číslo stroje, kterého se prohlídka týkala. Jsou zde také uvedeny zjištěné závady, pokud byly nalezeny během diagnostiky stroje a náplň provedené práce. O tom, zda bylo provedeno měření geometrie stroje, zde není žádná zmínka, a je tady pouze zhodnocen provozní stav stroje, zda vyhovuje, nebo je nutný další servisní zásah.

2.4.5 Pemtec

Firma Pemtec se specializuje na generální a běžné opravy obráběcích strojů. Tyto opravy se týkají jak starších konvenčních strojů, tak i moderních CNC strojů. Zároveň do jejich služeb spadá i prodej nových obráběcích strojů.

Protokoly pro převjímkou nových strojů

Firma Pemtec nové stroje do firmy nedodává.

Protokoly přesnosti pro opakované kontroly strojů

Servis této firmy se týkal všech CNC brusek a některých konvenčních brusek. Dále také jednoho CNC soustruhu značky Schaublin a konvenčních frézek. Zpráva z kontroly zařízení firmou Pemtec obsahuje název, typ a výrobní číslo stroje, na kterém byla prohlídka uskutečněna. Dále jsou zde popsány závady, které na stroji byly nalezeny a stručný popis provedeného servisního zásahu, který byl servisním technikem vykonán. Zda bylo během této prohlídky provedeno měření geometrie stroje není z této zprávy jasné. Obsahuje většinou pouze větu „preventivní prohlídka – viz zápis z preventivní prohlídky“, který ovšem není objednávací firmou vyžadován, takže nelze určit v jakém rozsahu a zda vůbec byla geometrie strojů měřena.

2.4.6 Yamazaki Mazak Central Europe s.r.o., Česká republika

Produktové portfolio firmy obsahuje stroje, které dokáží provádět několik operací současně. Jedná se především o CNC soustružnická centra, nebo vertikální a horizontální obráběcí centra. Česká pobočka firmy má svoje sídlo v Praze.

Protokoly pro převjímkou nových strojů

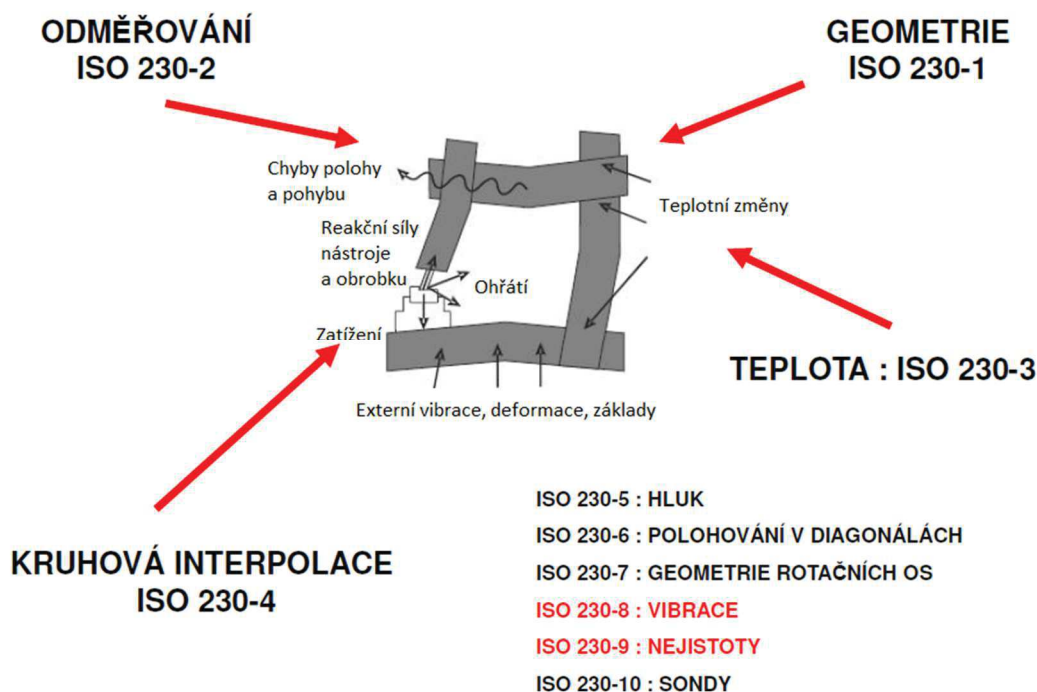
Pro stroje Mazak jsou protokoly pro převjímkou stroje velmi stručné, a zpravidla obsahují jednu až dvě pozice, což je na celkové zhodnocení stroje málo. Pro stroje od výrobce Mazak je provedeno měření geometrie obráběcího stroje přímo u výrobce, kde je obsah zkoušky podrobný, avšak při předání koncovému zákazníkovi je změřena jen nepatrná část, takže nelze ověřit již při předání, zda stroj deklarované parametry splňuje.

Protokoly přesnosti pro opakované kontroly strojů

Pravidelnou kontrolu a servis strojů od firmy Mazak provádí v GE Aviation Czech, externí servisní firma Luděk Fuka, která se zaměřuje na stroje tohoto výrobce. (viz. 2.4.4)

3 Měření přesnosti obráběcích strojů

V současné době je ve strojírenském průmyslu kladen stále vyšší nárok na přesnost vyráběných dílů. Těto přesnosti se dosahuje nejen správným nastavením rezných podmínek jako je rezná rychlost, hloubka řezu, posuv nebo výběrem vhodného nástroje. Velmi důležitým parametrem je i výrobní stroj, jehož jednou z nejdůležitějších vlastností je jeho vlastní geometrická přesnost. Ta se kontroluje jak u nově vyrobených strojů při konečném předání cílovému zákazníkovi, tak ji je nutné měřit i po opravách stroje. Zároveň by se geometrická přesnost měla kontrolovat i v běžném provozu v určitých intervalech, aby se tím předcházelo výrobě neshodných součástí. Pro měření geometrické přesnosti je důležité, aby byl stroj kompletně smontován, případné úpravy stroje při měření jsou dovoleny jen ve výjimečných případech dle pokynů výrobce. Zároveň je nutné provádět měření za podmínek blízcích se normálním pracovním podmínkám, kterým bude stroj ve výrobě vystaven. Důležité zároveň je, aby byla měřidla a měřicí přístroje v tepelné rovnováze.



Obr. 3 - Geometrická přesnost obráběcích strojů [3]

Z hlediska analýzy strojů, které se ve firmě nacházejí, je možné se zabývat normami ISO 230-1 zabývající se geometrickou tolerancí a ISO 230-2, která se týká opakovatelnosti nastavení polohy u číslicově řízených strojů. Teplotě a jejím vlivům na přesnost stroje se věnuje norma ISO 230-3, kterou se dále zabývat nebudeme, protože řešení této problematiky je velice složité. Možnost kompenzovat teplotní vlivy také přinášejí až nové modernější řídicí systémy. Protože se ve firmě nachází NC stroje, testy kruhové interpolace (ISO 230-4) je nutné provést. Hlukem (ISO 230-5) se má smysl zabývat z hlediska hygieny práce, a v případě diagnostiky strojů lze z hlučnosti zjistit některé závady (například zničená ložiska, apod.), ale pro základní návrh strategie diagnostiky přesnosti obráběcích strojů to není potřeba. Norma ISO 230-7 řeší geometrie rotačních os, které se vztahují i na stroje ve vybavení firmy. Vibrace a nejistoty (ISO 230-8 a 230-9) nejsou brány v potaz, jelikož jsou zatím v přípravě a nejsou ještě vydány. Jelikož jsou některé stroje osazeny sondou, je vhodné se také normou ISO 230-10 zabývat.

Jedním z důvodů, proč některým normám nebude věnována pozornost (například teplotní stabilita), je i fakt, že jejich řešení vyžaduje poměrně cenově náročné technické vybavení a jsou potřeba pracovníci, kteří ho umí ovládat a správně vyhodnotit výsledky.

Protože v současnosti ve firmě kontrola obráběcích strojů úplně nefunguje podle nastaveného řádu, je důležité navrhnout základní systém měření, který bude jasně určovat základní pravidla, podle kterých budou měření prováděna. Z toho důvodu budou využity normy:

- ČSN ISO 230 – 1: Zásady zkoušek obráběcích strojů – Část 1: Geometrická přesnost strojů pracujících bez zatížení nebo za kvazistatických podmínek.
- ČSN ISO 230 – 2: Zásady zkoušek obráběcích strojů - Část 2: Stanovení přesnosti opakovatelnosti nastavení polohy v číslicově řízených osách
- ČSN ISO 230 – 4: Zásady zkoušek obráběcích strojů - Část 4: Zkoušky kruhové interpolace u číslicově řízených obráběcích strojů

A právě k těmto normám lze po zavedení základního systému přidat další části, jako je například norma věnující se sondám umístěným na strojích, z důvodu ještě kvalitnějšího a přesnějšího zkontrolování stavu stroje.

3.1 Měření geometrické přesnosti

Při vlastním měření geometrické přesnosti stroje je potřeba kontrolovat několik důležitých parametrů nazývaných geometrické tolerance. Povolené hodnoty těchto geometrických tolerancí jsou jasně určeny buď výrobcem daného stroje nebo normou. Z toho vyplývá, že pokud chceme dosahovat s obráběcím strojem přesných rozměrů, nesmíme se přes tyto hodnoty při pravidelných kontrolách dostat, jinak se zvyšuje pravděpodobnost výroby neshodných součástí vlivem špatné geometrie stroje, a je potřeba provést jeho opravu.

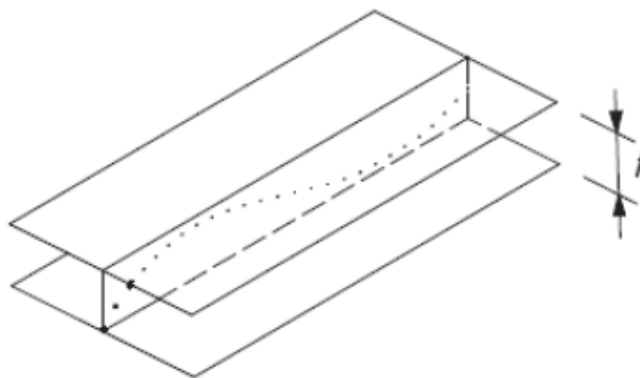
Možné metody měření jednotlivých úchylek geometrické přesnosti jsou definovány v normě ČSN ISO 230 – 1: Zásady zkoušek obráběcích strojů – Část 1: Geometrická přesnost strojů pracujících bez zatížení nebo za kvazistatických podmínek.

Mezi tyto parametry, které jsou kontrolovány, patří:

- a) Přímost
- b) Rovinnost
- c) Kolmost
- d) Rovnoběžnost
- e) Souosost
- f) Obvodové házení
- g) Čelní házení
- h) Osový pohyb

3.1.1 Přímost

Pokud má být splněna podmínka přímosti, musí každý jednotlivý bod skutečné přímky ležet mezi dvěma přímkami, které jsou rovnoběžné s jejím hlavním směrem. Rozestup mezi rovnoběžnými přímkami je roven toleranci. [4]

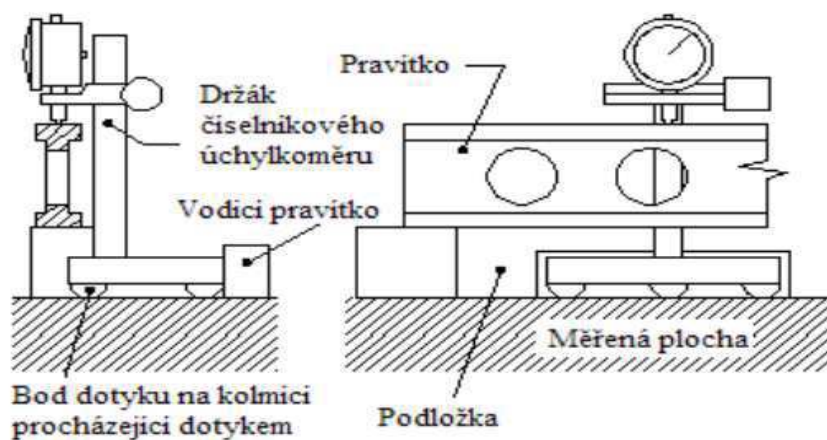


Obr. 4 - Přímost [5]

Kontroluje se přímost vodících ploch, nebo přímost lineárního pohybu. U lineárního pohybu se může vyskytovat jak lineární odchylka, tak úhlová odchylka.

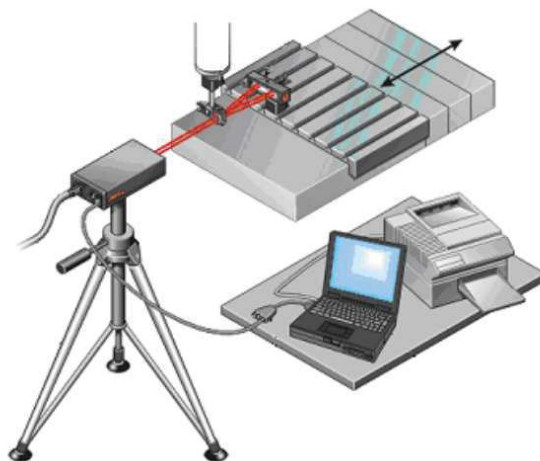
Příklady měření přímosti:

Pomocí průměrného pravítka a číselníkového úchylkoměru: Nejdříve je potřeba ustavit průměrné pravítko tak, aby jeho průhyb důsledkem vlastní hmotnosti byl co nejmenší, z toho důvodu je důležité umístit podložky do tzv. Besselových bodů. Poté se musí upnout číselníkový úchylkoměr do stojánku a celým stojánkem se posouvá po čáře měřené plochy, tak že je dotek číselníkového úchylkoměru neustále v kontaktu s průměrným pravítkem.



Obr. 5 - Měření přímosti pomocí pravítka a úchylkoměru [6]

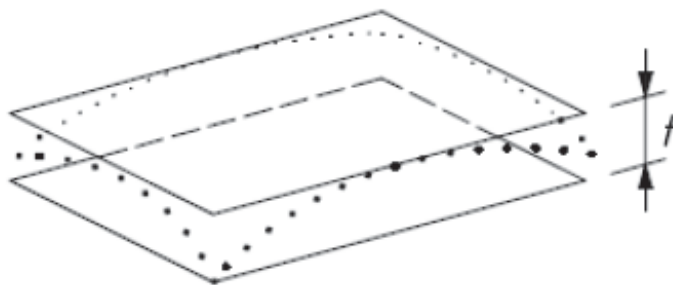
Pomocí laserinterferometru: Jedná se o optickou metodu měření přímosti. Princip této metody spočívá v tom, že se vysílaný světelný paprsek rozděljuje na polopropustném zrcátku na dvě větve. Jedna větev směřuje do referenčního zrcadla, druhá větev se odráží v pohyblivém zrcadle. Přímost je poté měřena jako změna optické dráhy z relativního posuvu mezi interferometrem, ze kterého vychází světelný paprsek a posuvným odrazovým zrcadlem. Výhodou této metody je možnost měřit na větší vzdálenosti, nevýhodou je ovšem pořizovací cena zařízení.



Obr. 6 - Měření pomocí laserinterferometru [6]

3.1.2 Rovinnost

Pokud má být splněna podmínka rovinnosti, tak musí každý jednotlivý bod skutečné roviny ležet mezi dvěma rovinami, které jsou rovnoběžné s jejím hlavním směrem. Obě rovnoběžné roviny mají mezi sebou rozstup roven velikosti tolerance. [4]

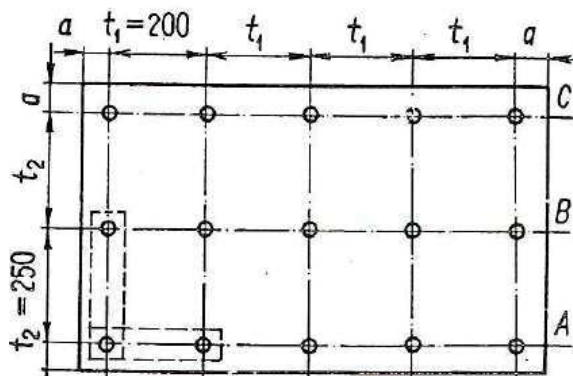


Obr. 7 – Rovinnost [5]

Nejčastěji se měří rovinnost u upínacích ploch stolů nebo upínacích desek.

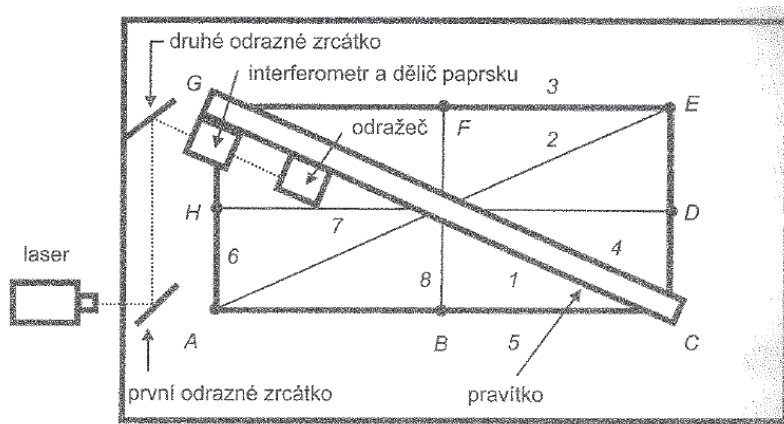
Příklady měření rovinnosti:

Měření pomocí libely: Je založeno na principu měření přímosti čar ve více směrech.



Obr. 8 - Měření rovinnosti libelou [5]

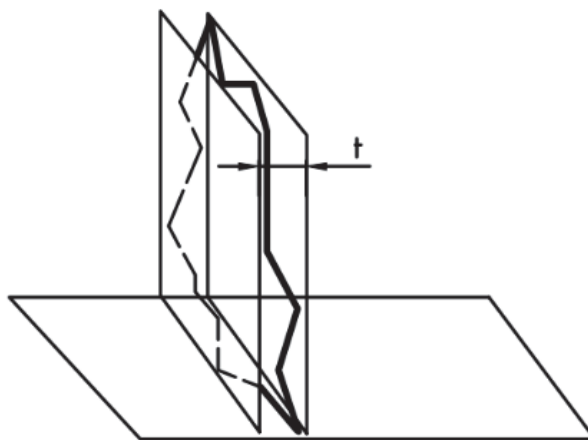
Měření pomocí laserinterferometru: Tato měřicí metoda vychází z výsledků měření přímosti čar, které jsou měřeny ve směrech uspořádaných do sítí. Často používaným typem sítě je union jack, kde se jedná o kombinaci podélných, příčných a úhlopříčných řezů. Výsledkem je 3D graf s výsledným znázorněním rovinnosti desky.



Obr. 9 - Měření rovinnosti pomocí laserinterferometru [4]

3.1.3 Kolmost

Rovina nebo přímka jsou kolmé, jestliže leží mezi dvěma rovinami, které jsou od sebe vzdálené o hodnotu tolerance, a zároveň jsou kolmé na základní rovinu. Kolmé mohou být dvě roviny, dvě osy, nebo osa a rovina. Kolmost pohybu u obráběcích strojů je vztažena na průběžné polohy bodu určité části stroje vůči rovině, přímce, nebo bodu jiné pohybující se části stroje. [4]



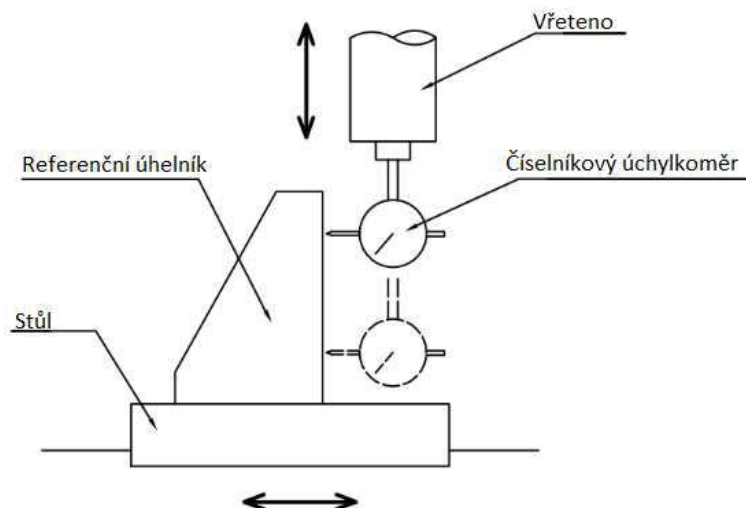
Obr. 10 - Tolerance kolmosti [30]

V běžné praxi se měření kolmosti provádí například mezi upínací plochou a vedením stojanu. Nebo kolmost osy pracovního vřetena stroje vůči upínací ploše stolu. U obráběcích strojů je také důležité kontrolovat kolmost pohybů.

Příklad měření kolmosti:

Měření pomocí číselníkového úchylkoměru a referenčního hranolu: Měření spočívá v ustavení referenčního hranolu na jednu rovinu. Na druhou rovinu se umístí číselníkový úchylkoměr tak, aby jeho dotek byl v kontaktu s plochou hranolu. Provede se posunutí úchylkoměru o určitou vzdálenost a odečte se naměřená odchylka. Pro přesné měření je nutné ještě hranol otočit o 180°, abychom mohli vyloučit jeho vlastní chybu kolmosti ploch.

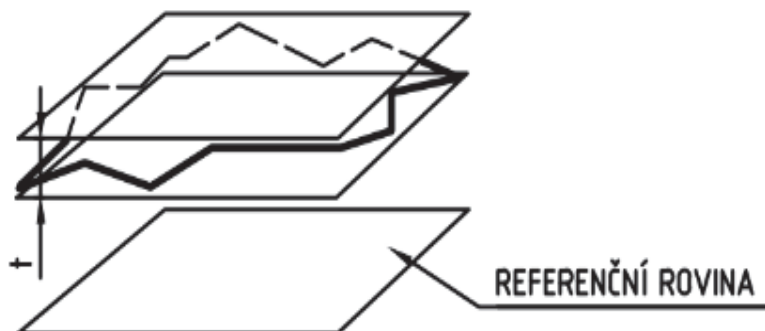
Místo referenčního hranolu se také používají kontrolní válce nebo přesné úhelníky.



Obr. 11 - Měření kolmosti pomocí úchylkoměru a referenčního úhelníku [30]

3.1.4 Rovnoběžnost

Podobně jako u rovinnosti musí rovina rovnoběžnosti ležet mezi dvěma rovinami, které jsou od sebe vzdáleny o velikost tolerance, a zároveň jsou rovnoběžné s referenční rovinou, ke které je rovnoběžnost měřena. [7]

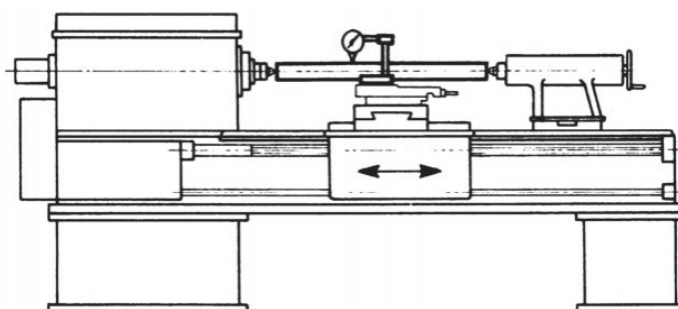


Obr. 12 - Tolerance rovnoběžnosti [30]

V praxi se u obráběcích strojů nejčastěji měří rovnoběžnost vodících ploch, osy vřetene a upínacího kužele, nebo funkčních ploch. Zároveň se měří úchytky rovnoběžnosti dvou vzájemných pohybů, například rovnoběžnost pohybu suportu s osou rotace obrobkového vřetena nebo rovnoběžnost pohybu s plochou stolu.

Příklad měření rovnoběžnosti:

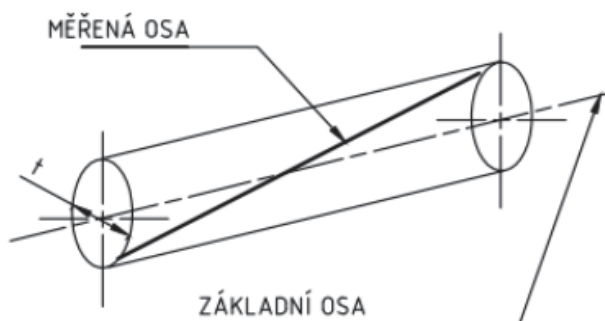
Měření pomocí číselníkového úchylkoměru a měřicího trnu: Pomocí této metody se měří rovnoběžnost pohybu lineární osy s osou otáčení. Měření se provádí tak, že se nejdříve umístí a vyrovná trn s rotační osou, a na lineární osu se umístí číselníkový úchylkoměr tak, aby se dotýkal plochy trnu. Poté se pohybuje lineární osou, a z úchylkoměru se odečte hodnota odchylky. Následně se stejný postup opakuje po otočení měřicího trnu o 180°. Výslednou odchylkou rovnoběžnosti je průměrná hodnota z obou provedených měření. [8]



Obr. 13 - Měření rovnoběžnosti rotační osy s lineární osou [3]

3.1.5 Souosost

Tolerovaná osa musí ležet uvnitř válce, který má průměr roven hodnotě velikost tolerance, a jehož osa je shodná s osou základní.



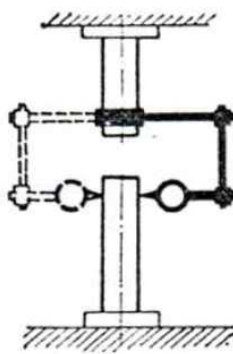
Obr. 14 - Tolerance souososti [30]

U obráběcích strojů se kontroluje například souosost osy pracovního vřetena s osou obrobkového vřetena.

Příklad měření souososti:

Měření pomocí číselníkového úchylkoměru a měřícího trnu: Při měření svislých rotačních os se na jednu z os připevní přípravek s číselníkovým úchylkoměrem a na druhou se ustaví měřící trn. Když se dotyk úchylkoměru dotýká plochy trnu, tak se s osou, na které je umístěn úchylkoměr pomalu otáčí a naměřené výsledky jsou dvojnásobkem výsledné odchylky. Pro eliminaci chyby, při které by bylo měření provedeno v místě, kde se osy otáčení protínají, je nutné provést toto měření ve dvou různých směrech kolmých na osu trnu. [8]

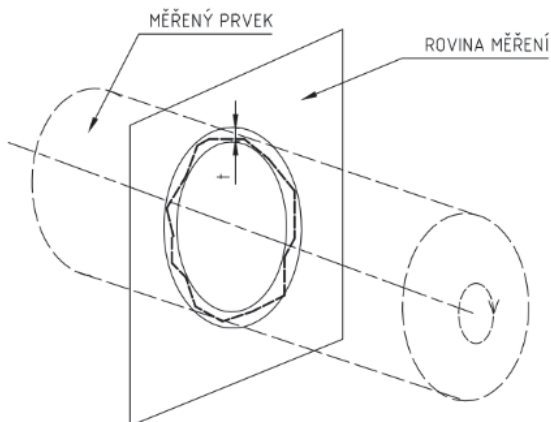
Při měření souososti vodorovných os je důležité použít velmi tuhý přípravek a měřící trn, aby nedošlo vlivem gravitace ke svěšování číselníkového úchylkoměru nebo průhybu trnu.



Obr. 15 - Měření souososti svislých os [3]

3.1.6 Obvodové házení

Velikost tolerančního pole je dána rozdílem mezi dvěma soustřednými kružnicemi, které mají střed na ose otáčení. Rozdíl poloměrů obou kružnic je velikost povolené tolerance. [7]

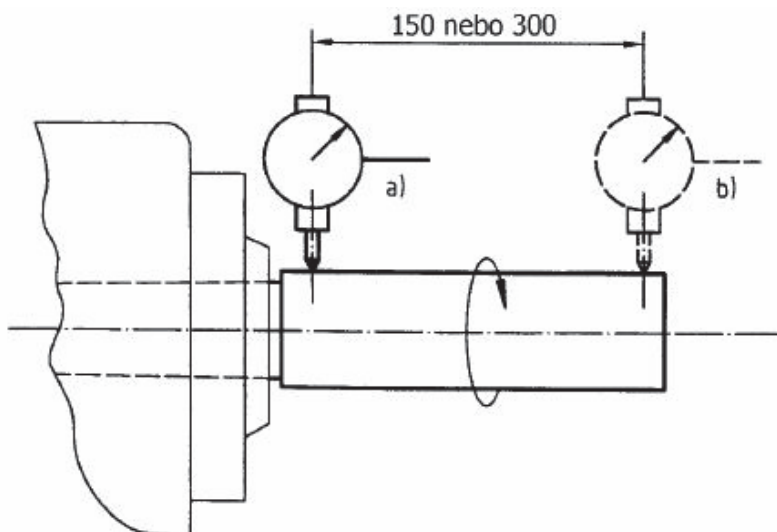


Obr. 16 - Tolerance obvodového házení [30]

Obvodové házení se nejčastěji měří u pracovních vřeten. V případě měření obvodového házení vřetena je důležité ustavit číselníkový úchylkoměr tak, aby se jeho dotyk dotýkal povrchu vřetena v kolmém směru. Další možností je měření obvodového házení kuželové dutiny.

Příklad měření obvodového házení:

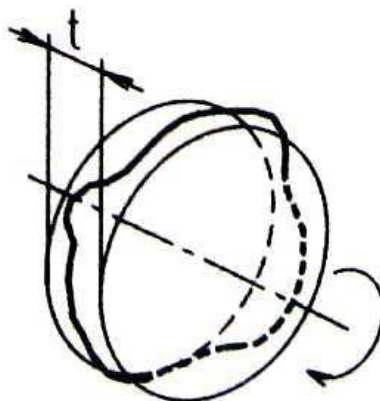
Měření pomocí číselníkového úchylkoměru a měřicího trnu: Při měření obvodového házení kuželové dutiny se do vřetena upne měřící trn předem definované délky. Číselníkový úchylkoměr se umístí co nejbližší vřetenu tak, aby se dotýkal plochy měřicího trnu. Poté se pracovním vřetenem otáčí a odečte se odchylka. Následně se číselníkový úchylkoměr umístí na konec trnu a znovu se provede měření. Výsledná úchylka obvodového házení na obou koncích měřicího trnu je potom rozdíl mezi největší a nejmenší změřenou hodnotou.



Obr. 17 - Obvodové házení kuželové dutiny [24]

3.1.7 Čelní házení

Velikost tolerančního pole je v tomto případě dána dvěma kružnicemi, jejichž středy leží v ose otáčení a jsou od sebe vzdáleny o hodnotu tolerance. Každý měřený bod musí ležet uvnitř tohoto válce.

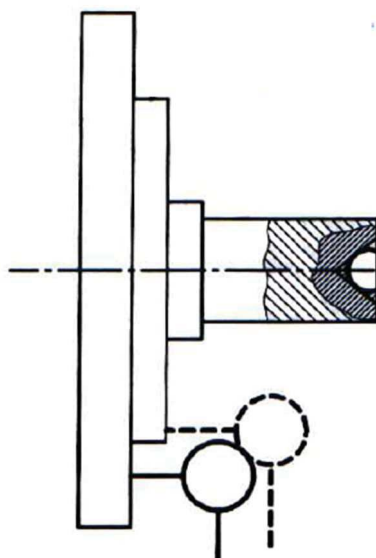


Obr. 18 - Tolerance čelního házení [3]

Měření čelního házení se provádí u vřeten obráběcích strojů nebo u upínacích ploch otočných stolů.

Příklad měření čelního házení:

Měření pomocí číselníkového úchylkoměru: Při měření čelního házení se umístí dotyk úchylkoměru kolmo k měřené ploše. Vzdálenost bodu dotyku od osy otáčení musí být co největší, protože hodnota odchytky při čelním házení vzrůstá se zvyšujícím se průměrem. Pracovním vřetenem se otáčí a z číselníkového úchylkoměru se odečítají hodnoty. Výsledná úchylka čelního házení je potom rozdíl mezi největší a nejmenší změřenou hodnotou.



Obr. 19 – Měření čelního házení [3]

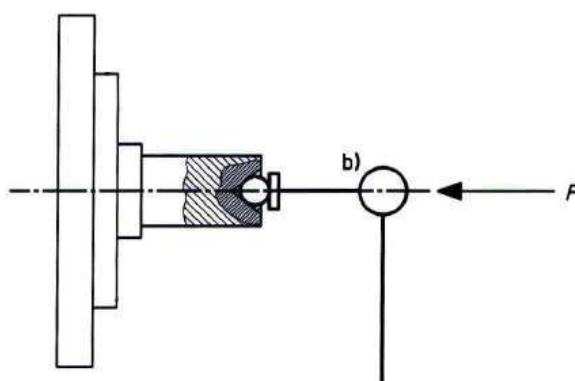
3.1.8 Osový pohyb

V praxi se osový pohyb kontroluje zejména u pracovních vřeten jednotlivých obráběcích strojů. U soustruhů se například měří i osová vůle vodícího šroubu (Obr. 21).

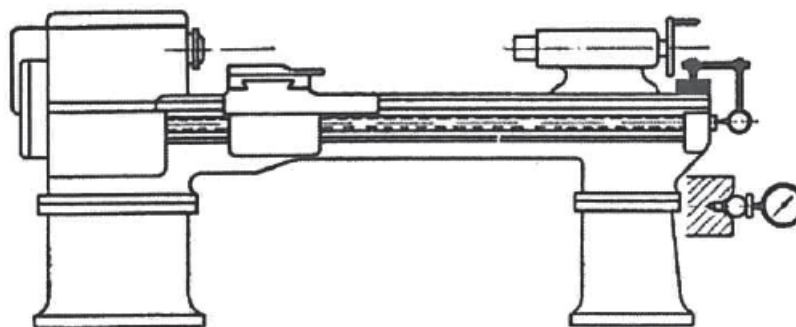
Pro měření je potřeba použít tupý trn, nebo trn se středícím důlkem a ocelovou kuličkou.

Příklad měření osového pohybu:

Měření pomocí číselníkového úchylkoměru a měřicího trnu s ocelovou kuličkou: Při použití měřicího trnu s ocelovou kuličkou se musí použít číselníkový úchylkoměr, který má rovný dotyk. Měřicí trn se umístí do vřeten a přiloží se úchylkoměr. Při měření musí být vřeteno zatíženo určitou silou, kterou zpravidla určuje výrobce stroje (v případě keramických ložisek se nezatěžuje, protože by mohlo dojít k jejich destrukci), aby se eliminovala vůle v ložiskách. Poté se vřeteno otáčí a odcítají se hodnoty osového pohybu z úchylkoměru.



Obr. 20 - Měření osového pohybu vřeten [3]



Obr. 21 - Osový pohyb vodícího šroubu [31]

3.2 Měření přesnosti a opakovatelnosti nastavení polohy v číslicově řízených osách

Zkoušky polohování se provádějí kvůli zjištění, jaký je rozdíl mezi hodnotou na kterou se stroj reálně při naprogramování dostane, a hodnotou kterou by měl být schopen teoreticky dosáhnout. Vzhledem k principu těchto zkoušek se výsledné odchylky uvádí jako „obousměrné“, protože se na polohu najíždí v obou směrech pohybu. Měření je prováděno pro lineární osy i pro rotační osy.

Vlivy na přesnost polohování:

- Vlastní přesnost odměřovacího systému
- Pasivní odpory
- Vůle v převodech
- Rovnoběžnosti pohybů
- Teplota [3]

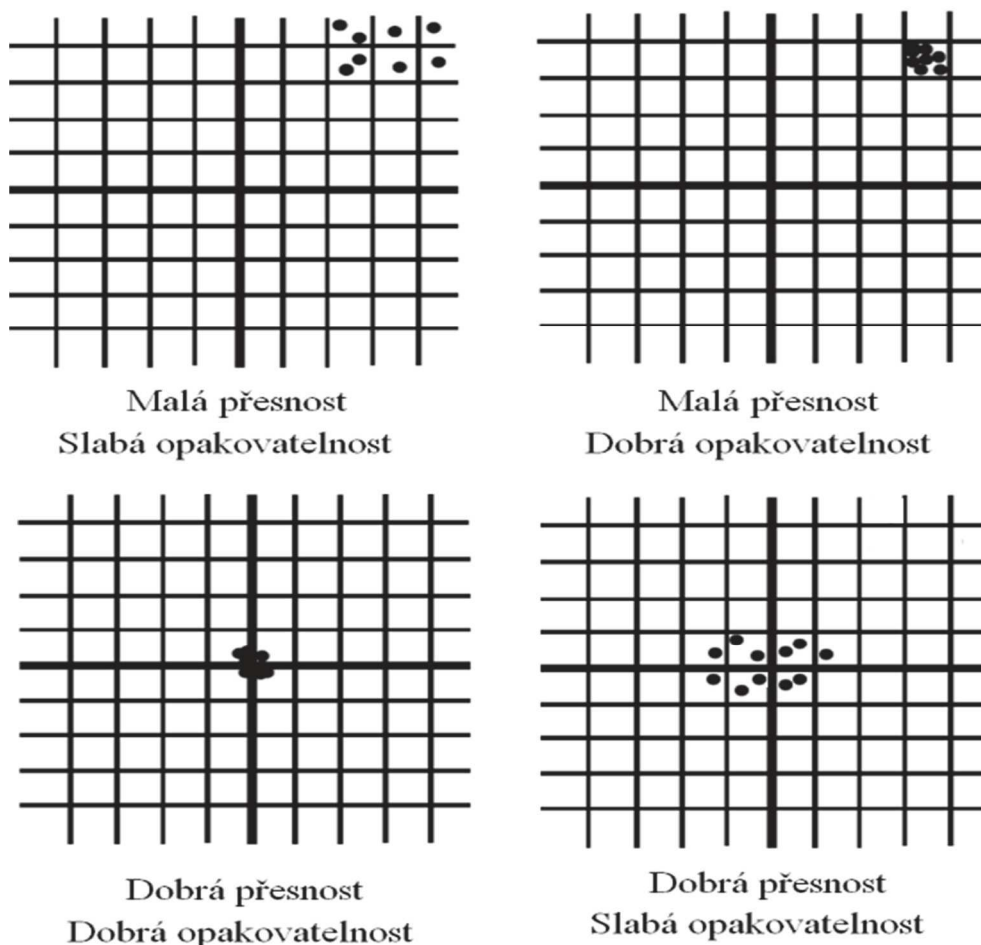
Stavění polohy v lineární ose je charakterizováno třemi základními parametry:

- Přesnost najetí do polohy
- Rozlišení nastavení polohy
- Opakovatelnost nastavení polohy [12]

Přesnost (nejistota): Je rozdíl mezi skutečným umístěním oproti požadovanému. Je závislá na celé řadě faktorů, jako je vlastní konstrukce stroje, přesnost ložisek, kuličkového šroubu, atd. [12]

Rozlišitelnost: Jedná se o nejmenší možnou změnu polohy, kterou je schopen stroj vykonat. Má několik limitujících podmínek, např. kvalitu řídicího systému nebo kvalitu snímače. [12]

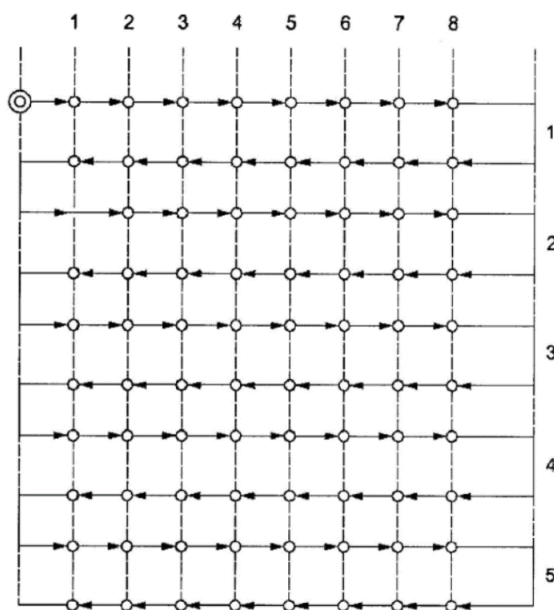
Opakovatelnost: Určuje schopnost opakovaně najet zpět do stejné polohy. Je závislá na teplotní roztažnosti materiálu, vůli v odměřovacím systému a opotřeбенí jednotlivých částí stroje. [12]



Obr. 22 - Opakovatelnost a přesnost nastavení polohy [12]

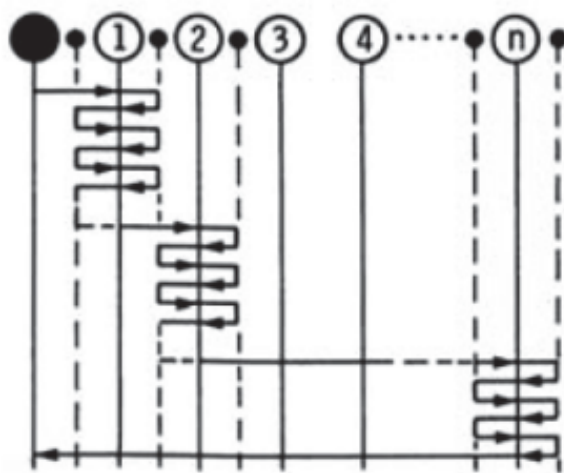
Při měření přesnosti a opakovatelnosti nastavení polohy se nejdříve musí rozdělit celý rozsah pojezdu na daný počet úseků ohraničených body, ve kterých probíhají jednotlivá měření. Velikost úseků je závislá na měřené délce. Pro lineární osy s rozsahem dráhy do 2000 mm je potřeba mít alespoň 10 úseků, pro rozsah větší než 2000 mm by měřená délka úseku neměla přesahovat 250 mm. V současné době se měření provádí nejčastěji buď podle normy ISO 230 – 2 anebo dle normy VDI/DGQ 3441. Obě dvě tyto normy specifikují dva způsoby měření, které jsou stejné. Rozdíl je v tom, že každá z norem používá jiný primární způsob měření.

Primární způsob měření dle ISO 230 – 2 spočívá v tom, že se měří každý úsek v jednom smyslu pohybu až do koncové polohy. Po dosažení koncové polohy se provede měření stejným způsobem v opačném směru pohybu. Na Obr. 23 můžeme vidět princip měření podle této normy, kde je měřená dráha rozdělena na 8 úseků a je provedeno 5 opakování.



Obr. 23 - Princip měření dle ČSN ISO 230 – 2 [14]

Druhý možný způsob měření je primární pro normu VDI/DGQ 3441. Zde se změří úsek v kladném smyslu pohybu, a ihned poté se změří pohyb ve druhém smyslu pohybu. Tento postup se opakuje podle potřebného počtu cyklů. Na Obr. 24 je schéma principu měření tzv. kyvadlovým krokem.



Obr. 24 - Princip měření kyvadlovým krokem [13]

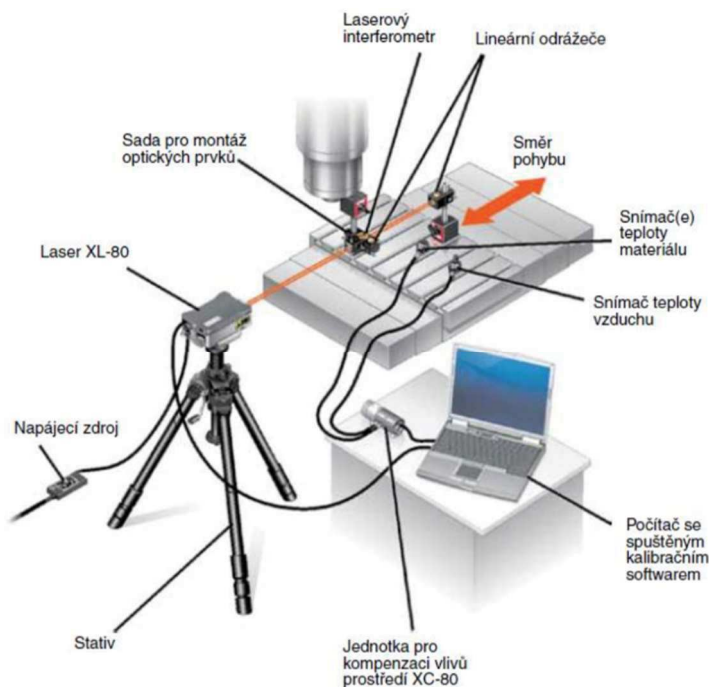
Je důležité, aby u kterékoliv metody měření došlo k zaznamenání a změření polohy poté, co stroj dosáhne cílové polohy a bude v ustáleném stavu. Proto se ve vytvořeném programu nastavuje určitá časová hodnota, při které má stroj v poloze setrvat. Tato doba je závislá na několika faktorech, např. seřízení pohonů, atd. Pro měření opakovatelnosti nastavení polohy je měření potřeba opakovat alespoň pětkrát.

Vhodným měřicím zařízením pro stanovení přesnosti a opakovatelnosti nastavení polohy u lineárních os je laserinterferometr. Výrobci dodávajících takové zařízení pro tato měření je na dnešním trhu hned několik. Například firmy Agilent, API sensor nebo JENAer Meßtechnik GmbH dodávají na trh své laserinterferometry. Stejně tak i firma Renishaw.



Obr. 25 - Laserinterferometr od firmy API sensor [17]

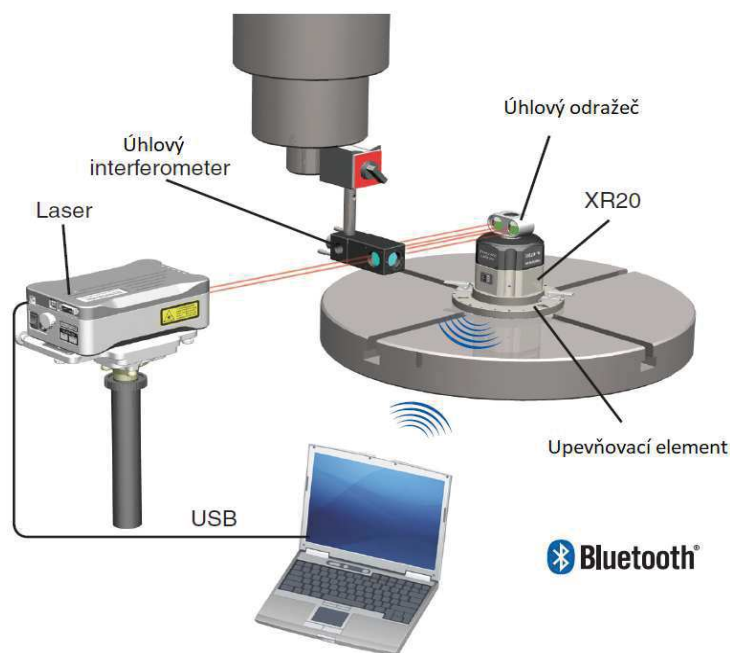
Laserinterferometr se používá z důvodu jeho velké přesnosti a rychlosti měření. Na Obr. 26 je vidět zapojení zařízení XL – 80 a princip měření. Tento systém zároveň obsahuje i jednotku pro kompenzaci teplotních vlivů, které měření můžou ovlivňovat.



Obr. 26 – Měření za použití systému XL - 80 [18]

Pro rotační osy je specifikován v normě ČSN ISO 230 - 2 počet zadaných poloh závislý na rozsahu měřené dráhy. Pro měření rotačních os do 360° roste minimální počet poloh s rostoucím rozsahem dráhy. U dráhy do 90° jsou to 3 polohy, pro hodnotu vyšší než 180° je to 8 poloh. Všechny zadané polohy musí být dosaženy alespoň pětkrát. U os s rozsahem nad 360° a maximálně 5 otáčkami (1800°) je minimální počet poloh 8 na jednu otáčku. [14]

Zařízení, kterým lze měřit rotační osy, je také laserinterferometr společně s odražečem, který je umístěn na indexovacím stolku, nebo lze použít autokolimátor s polygonem. Na Obr. 27 je systém XR-20W od firmy Renishaw. [8]



Obr. 27 - Měření za použití systému XR-20W [9]

3.3 Zkoušky kruhové interpolace u číslicově řízených obráběcích strojů

Pohyb po kruhové trajektorii je u číslicově řízených strojů složen ze dvou společných pohybů v lineárních osách. Tyto pohyby jsou ovšem zatíženy chybami vlivem geometrických nepřesností nebo vlastní dynamikou stroje. Z toho důvodu je skutečná dráha, kterou stroj projede odlišná, od dráhy naprogramované. Právě zkouškami kruhové interpolace se zabývá norma ČSN ISO 230 – 4: Zásady zkoušek obráběcích strojů - Část 4: Zkoušky kruhové interpolace u číslicově řízených obráběcích strojů.

Parametry zkoušky by měli být následující:

- „Průměr (nebo poloměr) jmenovité dráhy
- Rychlost výsledného pohybu
- Smysl pohybu - ve směru, nebo proti směru pohybu (hodinových ručiček)
- Souřadné osy, ve kterých je vykonáván pohyb pro docílení skutečné dráhy
- Umístění měřicího zařízení v pracovním prostoru obráběcího stroje
- Teplota (environmentální teplota, teplota měřicího přístroje, teplota stroje) a součinitele roztažnosti (obráběcího stroje, měřicího přístroje)
- Způsob sběru dat (rozsah dráhy, pokud je jiný než 360° , počáteční a konečný bod skutečného pohybu)
- Jakýkoliv způsob kompenzace použitý v průběhu cyklu

i) *Poloha saní nebo pohyblivých částí v osách, které nejsou zkoušeny*“ [16]

Výsledek zkoušky musí být zpracován ve formě protokolu, který musí obsahovat následující náležitosti:

- datum, kdy byla zkouška provedena
- označení obráběcího stroje
- použitá měřicí zařízení
- parametry zkoušky [16]

Zařízení, která jsou vhodná k měření kruhové interpolace, je na současném trhu hned několik. Asi nejpoužívanější je systém ballbar, který má ve své nabídce několik firem. Jednou z nich je Renishaw, která v současnosti nabízí typ, který přenáší signál bezdrátovou technologií. Pro své starší zařízení, které přenášelo signál po kabelu, nabízí upgrade na tuto novější verzi. Podobné zařízení dodává na trh i firma API (Automated Precision Inc.) jejíž systém přenáší měřený signál pomocí kabelu. Další možností je využití mřížkového snímače od firmy Heidenhain. Jedná se o bezkontaktní snímací zařízení skládající se z měřicí desky a snímací hlavy.



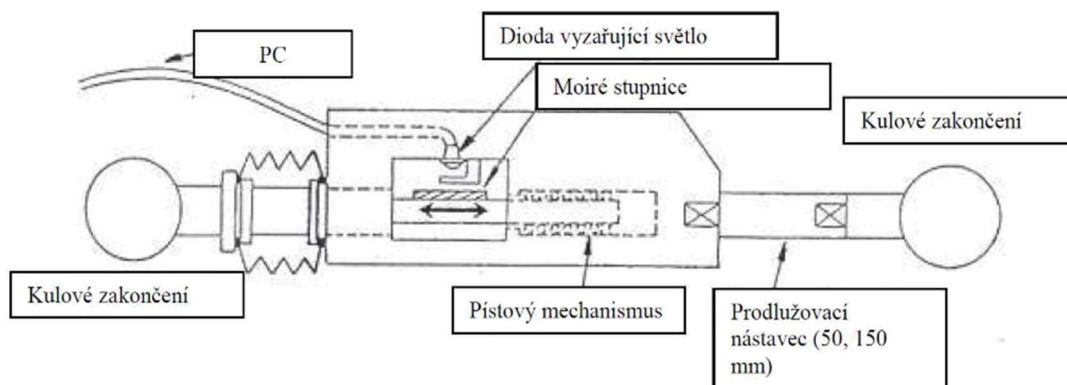
Obr. 28 - Snímač Heidenhain s měřicí deskou [11]

V České republice, případně ve střední Evropě, je z hlediska dostupnosti nejrozšířenějším způsobem měření kruhové interpolace použitý systém ballbar od firmy Renishaw. Výhodou tohoto zařízení je, že oproti mřížkovému snímači od firmy Heidenhain (Obr. 28) umožňuje měnit měřené poloměry v poměrně velkém rozsahu. U mřížkového snímače jsme limitováni vlastním rozměrem měřicí desky (maximální rádius je 115 mm), oproti tomu ballbar od Renishaw je schopen měřit na poloměru až 1350 mm. Při použití mřížkového snímače v rovině rovnoběžné s plochou stolu je realizace měření poměrně jednoduchá. Problém ovšem může nastat při měření v dalších rovinách, kdy v rovině kolmé k ploše stolu je už potřeba využít držáku, přesného stavitelného úhelníku, a oproti ballbaru i určitou přesnost vyrovnaní s pojezdem stroje.

Při porovnání posledního systému ballbar (QC20-W) se zařízením firmy API je jeho největší výhodou využití bezdrátové technologie. V současné době, kdy se hodně dbá na dodržování bezpečnosti práce, je velká výhoda při použití tohoto bezdrátového systému, v tom že je možné ho umístit do pracovního prostoru stroje, následně tento prostor uzavřít a veškeré nastavení provést mimo stroj. Kdežto při použití drátového snímače je potřeba notebook umístit do pracovního prostoru, vše nastavit a spustit, a teprve poté zapnout stroj, protože stroj bez zavřených bezpečnostních dveří nelze spustit. Při použití přístroje, který přenáší signál po kabelu, je také důležité z hlediska přesnosti měření řešit, co se stane s kabelem při ujetí dráhy

dvou otáček. Protože by mohlo dojít k zatažení snímače a to by mohlo mít za následek ovlivnění naměřených výsledků.

Jedná se o přístroj složený z velmi citlivého snímače, dvou koulí a dvou magnetických stojánků. Jeden magnetický stojánek je upnut na pracovním stole, druhý je ve vřetenu stroje. Poté jsou magneticky připevněny obě koule ke stojánkům a spojeny snímačem. Vzhledem ke svojí konstrukci a možnosti takového zapojení, dochází ke změně poloměru při pohybu po kruhové dráze kolem pevného bodu. Díky citlivému lineárnímu snímači je schopen zaznamenat i velmi nepatrné změny dráhy. Měření probíhá ve všech třech osách i obou směrech pohybu. Naměřené hodnoty jsou softwarem zpracovány a zaneseny do výsledného grafu. Výhodou také je, že i když dojde k drobné odchylce při vycentrování magnetických držáků, je schopen si tento systém do určité míry hodnotu nevycentrování dopočítat, a není potřeba provádět znova měření. Na Obr. 29 je zobrazena základní struktura systému ballbar.



Obr. 29 – Struktura systému ballbar [15]

Vzhledem k tomu, že tento systém je schopen provést i určitou diagnostiku některých geometrických parametrů (například kolmost pohybů) lze ho využít ke kontrole geometrické přesnosti. Jelikož ale nezvládne změřit všechny veličiny (např. házení vřetena), je potřeba provést doplňkové měření. Tím pádem se nemusí provádět úplné měření geometrie a celý proces se zkrátí.

Systémem ballbar by bylo možné do určité míry nahradit periodickou kontrolu měření přesnosti odměřovacích systémů a to z toho důvodu, že je to jeden z parametrů, který toto zařízení dokáže vyhodnotit při provedení testu v rozsahu 360°. Je ovšem vhodné mít k tomu i přídatné příslušenství v podobě kalibrátoru Zerodur, který se používá ke kalibraci délky ballbaru.



Obr. 30 – Měření systémem ballbar i se znázorněnou dráhou [3]

4 Návrh strategie diagnostiky strojů

Analýzou současného stavu bylo zjištěno, jakým typem strojů firma disponuje (uvedeno v kapitole 2.1, Tabulka 1 - Soupis strojů). Dále bylo zjištěno, že kontroly jednotlivých strojů probíhají od několika různých dodavatelů, podle jednotlivých typů strojů a jejich výrobců. Vzhledem k tomu, že ne vždy se jedná primárně o měření geometrické přesnosti obráběcích strojů, ale bývá to v některých případech součástí servisu od dodavatelské firmy, neexistuje v těchto měřeních žádný jednotný řád. Některé firmy například zkontrolují stroj a dodají plný protokol o provedeném měření geometrické přesnosti, další firma pouze konstatuje, že je geometrie v pořádku.

Z těchto důvodů je potřeba navrhnout a vytvořit vnitropodnikovou směrnici, která jasně určí, jakým způsobem tuto diagnostiku přesnosti obráběcích strojů bude firma provozovat dál. Tato směrnice by měla obsahovat časovou periodu, kdy takové zkoušky provádět, a rozsah jednotlivých zkoušek. Tento rozsah měření bude v podobě vzorových protokolů pro měření přesnosti obráběcích strojů. Výstupem bude protokol, ve kterém každá kontrola bude mít stejnou podobu, ať už bude prováděna zaměstnancem firmy GE Aviation Czech, nebo bude realizována externí dodavatelskou firmou.

4.1 Vnitropodniková směrnice pro měření přesnosti obráběcích strojů

Vytvoření vnitropodnikového předpisu je důležitým krokem pro zavedení pravidelných kontrol a jejich sjednocení. Tato směrnice je závazná pro všechny zaměstnance, kteří ve firmě pracují, i pro externí dodavatelské firmy. Zároveň určuje jasná pravidla, jak se této problematice věnovat. Určuje, kdo je za její dodržování zodpovědný, kdo je pověřený její úpravou a schvalováním, i to, v jaké periodě mají probíhat jednotlivé kontroly obráběcích strojů, popřípadě revize samotné směrnice.

Požadavky na směrnici:

- účel, ke kterému vznikla
- rozsah její platnosti
- stručně definovat pojmy, které obsahuje
- základní předpisy, na kterých je postavena
- určení povinností jednotlivých subjektů formou matice odpovědnosti
- stanovit periodicity měření
- určení rozsahu měření pro jednotlivé typy strojů
- způsob vedení dokumentů
- rozdělovník, seznam změn a revizí

Kompletní návrh směrnice je z důvodu jejího rozsahu v příloze č. 1

Aby bylo možné stanovit jednotlivé rozsahy měření, je potřeba nejprve vytypovat jednotlivé typy obráběcích strojů, kterých se vlastní měření bude týkat. Tyto stroje jsou vybrány z Tabulka 1 a dále rozděleny do skupin podle dalších charakteristických parametrů, které ovlivňují jejich případné povolené tolerance. Takové rozdělení je dále vidět v Tabulka 5. Protože se jedná o prvotní návrh strategie kontroly přesnosti obráběcích strojů, nejsou pro tato měření vybrány všechny typy strojů, které se ve firmě nacházejí, ale výběr je zúžen na základě jejich významnosti ve výrobě. Na základě takového rozdělení musí být stanoven pro jednotlivé skupiny rozsah měření a zároveň periodičita měření.

Protože do dané skupiny strojů můžou spadat stroje s rozdílnými povolenými hodnotami tolerancí již od výrobce, je i taková skutečnost do určité míry v jednotlivých protokolech zohledněna.

4.1.1 Povinnosti

Směrnice definuje jednotlivé povinnosti, za které pracovníci jednotlivých oddělení ve firmě zodpovídají. Přiřazení určitých činností je řešeno formou sestavení matice odpovědnosti, která je součástí vnitropodnikové směrnice.

Soupis zainteresovaných pracovníků v matici odpovědnosti je sestaven tak, aby odpovídal řešené problematice a respektoval všechny možné strany, které do tohoto procesu vstupují. Vychází z organizačního schématu firmy, a koresponduje s metrologickým řádem firmy. Jsou zde pouze upraveny určité pozice, které v něm definovány nejsou, ale je potřeba je doplnit, protože jsou nezbytnou součástí. Například oddělení údržby, které je zodpovědné za provádění jednotlivých kontrol. Na druhou stranu je vynecháno například oddělení lidských zdrojů, které v této problematice nemá využití.

4.1.2 Rozsah měření

Bude definován rozsah měření pro jednotlivé typy obráběcích strojů formou předepsaných protokolů (předpisy), kde budou uvedeny informace, co má být změřeno, jaká mají být použita měřidla a přípravky, a kolik je povolená hodnota výsledku měření, viz (kapitola 4.2).

Z důvodu možnosti dohledání a řízení dokumentace budou muset mít všechny předpisy označení. To je vedeno ve formátu:

Protokol geometrie – Stroj – Rok vzniku protokolu – Typ stroje – Verze protokolu

Například pro radiální vrtačky, jejichž protokol byl vytvořen v roce 2018 a jedná se o jeho první verzi je označení následující: PG-V-2018-01 v1.

Soupis všech označení pro jednotlivé typy strojů je uveden v Tabulka 5.

Stroj	Zkratka stroje	Typ stroje	Číselné označení
Brusky	B	Rovinná	01
		Hrotová	03
		Na vnitřní broušení	02
Vrtačky	V	Radiální	01
		Sloupová	03
		Stojanová	02
Soustružnické centrum	SC	Oběžný průměr $D \leq 250$	01
		Oběžný průměr $250 < D \leq 500$	02
		Oběžný průměr $500 < D \leq 1000$	03
Soustruhy	S	Univerzální hrotový	01

Stroj	Zkratka stroje	Typ stroje	Číselné označení
Frézky	F	Konzolová vodorovná s nastavitelnou výškou stolu	01
		Konzolová svislá s nastavitelnou výškou stolu	02
Frézovací centrum	FC	Obráběcí centrum 5osé	01
		Obráběcí centrum 3osé	02
Polohovací zařízení	PZ	Otočný stůl – 4. osa	01

Tabulka 5 - Označení pro jednotlivé typy obráběcích strojů

4.1.3 Periodicita měření

Pro stanovení period měření jednotlivých strojů, byly obráběcí stroje rozděleny do skupin podle jednotlivých typů a k nim byla přiřazena různě dlouhá doba pro pravidelné kontroly. Tato doba je závislá na typu stroje a na jeho významnosti na výslednou přesnost finálního produktu.

Pro moderní číslicově řízené stroje, kterými jsou soustružnická centra, a frézovací centra, je zvolena z důvodu jejich přesnosti a velkému využití ve výrobě, perioda jednoho roku.

Perioda jednoho roku je zároveň zvolena i pro všechny typy brusek, které jsou pro koncovou přesnost výrobků velice důležité.

Všechny typy ostatních starších strojů (konvenční soustruhy, frézky, vrtačky) mají předepsán interval pro měření každé tři roky.

V případě výskytu mimořádné události, je nutné provést kontrolu obráběcího stroje i mimo stanovenou periodu. Takovou situaci může být kolize stroje, kdy je důležité provést měření geometrické přesnosti, aby bylo zjištěno, v jakém stavu se stroj momentálně nachází a zda je potřeba provést jeho opravu, případně zda po provedeném servisu stroje jsou všechny důležité parametry v povolených tolerancích.

Lze také rozhodnout, že pro daný typ stroje je vybraná perioda měření zvolena nevhodně, a revizí směrnice lze tento interval mezi jednotlivými měřeními upravit.

Vzhledem k tomu, že v průběhu několika posledních let dochází ve firmě GE Aviation Czech ke změnám dispozičního řešení ve výrobní hale, je důležité provést měření geometrie znovu po ustavení stroje na nové místo.

Pokud měření přesnosti proběhne mimo stanovenou periodu, lze rozhodnout, že se změní, odkdy se perioda do příští kontroly začne počítat.

Měření kruhové interpolace se týká pouze číslicově řízených strojů. První návrh period, ve kterém jsou intervaly mezi jednotlivými kontrolami stanoveny na kratší časové úseky, byl zvolen na základě faktu, že se jedná o firmu, která se zabývá výrobou komponentů v leteckém průmyslu, a na základě rozhovorů s jednotlivými odděleními ve firmě. Pro soustružnická centra byla zvolena perioda každých 6 měsíců, ale podmínkou u těchto center je, aby rozjezd v nejkratší ose byl alespoň 210 mm. Pro 3osá a 5osá frézovací centra byla stanovena doba kontroly jednou za 3 měsíce. Pokud v budoucnu nebudou periody vyhovovat, lze je revizí směrnice upravit.

Pokud měření kruhové interpolace proběhne mimo stanovenou periodu z důvodu mimořádné události, jako je například kolize stroje, může být stejně jako u geometrické přesnosti stanoven nový začátek, od kterého bude perioda počítána.

Kontrola opakovatelnosti a přesnosti nastavení polohy nemá předepsanou periodicitu měření. Důvodem je, že se jedná o poměrně drahé měření, zvláště pokud přihlídneme k množství strojů, kterými firma disponuje. Proto bude firma GE Aviation Czech takové měření vyžadovat pouze u nových strojů, popřípadě, když nabyde podezření, že je s odměřovacím systémem u stroje problém. Toto podezření může plynout z výroby jednotlivých dílů, nebo především z výsledků měření při pravidelných testech kruhové interpolace. Pokud budou výsledky směřovat k tomu, že by mohl být problém s odměřovacím systémem, bude potřebovat provést kontrolu odměřovacího systému za pomoci laserinterferometru.

4.1.4 Analýza výsledků

Díky tomu, že zavedením tohoto systému by do provedených měření měl vstoupit určitý řád, a jednotlivé výsledky by měli být srovnatelné, je možné je dále analyzovat. Periodicita měření by měla sloužit k tomu, že bude možné porovnávat aktuální výsledky s výsledky starších kontrol a analyzovat vývoj jednotlivých odchylek. Z těchto výsledků je možné vyzorovat vývoj stavu stroje, a na základě takového faktu lze plánovat opravy daných částí stroje dříve, než dojde k jejich zničení. Například bude-li se zhoršovat úchylka házení vřetene, může být predikováno, že se jedná o zhoršení stavu ložisek. Tím lze naplánovat pokus o jejich seřízení nebo jejich výměnu, dříve než dojde k jejich kompletnímu zničení. To může vyústit v potřebu výměny celého vřetene, a s tím spojené větší náklady na opravu stroje.

4.2 Protokoly pro měření geometrické přesnosti obráběcích strojů

Jak bylo zjištěno analýzou současného stavu v kapitole 2, způsob prezentace přesnosti obráběcích strojů ve firmě GE Aviation je naprosto nejednotný, a z toho důvodu bylo rozhodnuto o vytvoření vzorových protokolů pro jednotlivé typy obráběcích strojů, které by měly být předmětem periodické kontroly. Z dlouhodobého hlediska je nutností, aby tyto formuláře měly stále stejný formát a rozsah pro případné sledování a vyhodnocování změn v geometrické přesnosti obráběcích strojů ve firmě.

Vstupní požadavky na protokoly:

- jednotný formát
- návaznost na normy
- zohlednění protokolů výrobců z hlediska povolených tolerancí
- specifikování rozsahu měření
- specifikování použitých měřidel
- označení a číslo verze

Protokoly jsou vytvořeny jak podle norem, tak z části i podle protokolů geometrické přesnosti jednotlivých výrobců. To se týká hlavně nových strojů, které firma vlastní. Formuláře budou složeny tak, že budou obsahovat části normy, a zároveň i části z předávacích protokolů. Důvodů pro takové vytvoření je několik. Jedním z hlavních důvodů je, že pro měření přesnosti u NC obráběcích center doporučují jednotlivé normy poměrně vysoké tolerance. Například firma Hermle, od které má GE Aviation Czech většinu frézovacích center má daleko přísnější dovolené odchylky pro své stroje. Proto by sestavení protokolu pouze podle normy bylo nešťastným řešením, protože by nerespektovalo zvýšenou přesnost obráběcího stroje. Dalším důvodem, proč nebude respektována norma v celém svém rozsahu, je potencionálně velký rozsah a náročnost měření některých pozic, které nemají až tak zásadní vliv na vlastní přesnost

výroby. Na druhou stranu, norma v některých případech nezvažuje měření, která jsou specifická pro určitou konstrukci stroje, proto budou do těchto protokolů doplněna. Je tedy vhodné vytvořit tyto protokoly na základě určitého kompromisu, který bude brát v úvahu všechny tyto jednotlivé aspekty.

Vzhledem k tomu, že tyto protokoly budou předepsaným formulářem, musí obsahovat označení a zároveň číslo verze umístěné na každé straně dokumentu, aby vždy bylo jasné, zda se jedná o aktuální verzi se kterou je pracováno.

4.2.1 Úvodní strana


V případě, že bude kontrola prováděna zaměstnancem firmy GE Aviation Czech má titulní strana jednotlivých protokolů jasně definovaný vzhled a stejný formát pro všechny formuláře z důvodu přehlednosti, a s ohledem na další možné porovnávání. Každá úvodní stránka obsahuje v hlavičce typ stroje, pro který je tento protokol určený. Další náležitost, která zde bude uvedena, je název stroje, a zároveň jeho inventární číslo nebo výrobní číslo. Důležitou položkou je zde datum kontroly, a to z důvodu evidence a zařazení do archivu. Vzhledem k archivaci protokolů z měření i v elektronické podobě je důležité vytvořit nějaký rozřazovací klíč pro jednodušší vyhledávání záznamů z měření a zároveň pro identifikace stroje, kterého se kontrola týkala. Měla by to být kombinace inventárního čísla, data kontroly, a typu stroje. Taková kombinace by měla být zaznamenána do kolonky číslo protokolu, a to ve tvaru: rok – pořadové č. v roce - typ stroje - inventární číslo. V případě, že měření bude provádět externí firma, je zde místo pro označení nebo razítko firmy, která měření vykonala. Dále titulní strana každého protokolu samozřejmě obsahuje kolonku pro uvedení jména technika, a dole místo pro jeho podpis. Pokud některý z techniků, který bude realizovat měření, zjistí jakoukoliv závadu, která se na stroji nachází (například uvolněný kryt na stroji, zhoršená funkčnost tlačítek, atd.) musí jí také uvést do formuláře, aby se na ni nezapomnělo, a v co nejkratší době mohla proběhnout její oprava. Vzor titulní strany, pokud bude kontrola vykonána zaměstnancem firmy GE Aviation Czech je na Obr. 31.

Pokud bude měření provádět specializovaná externí servisní organizace je požadavek, aby úvodní strana obsahovala jasně definované informace.

Požadavky na úvodní stranu:

- název stroje
- identifikace stroje z hlediska čísla (inventární/výrobní číslo)
- číslo protokolu
- datum, kdy byla kontrola stroje provedena
- firma provádějící měření
- jméno technika, který kontrolu stroje provedl
- shrnutí
- podpis
- odkaz na příslušné normy

Vzhledem k možné kolizi s vnitropodnikovými směrnici firem, které by toto měření prováděli, není vyžadována stejná grafická úprava úvodní strany, ale je důležité, aby obsahoval výše zmíněné požadavky na úvodní stranu.

Protokol pro měření geometrické přesnosti stroje Sloupové vrtačky		
Název stroje:		
Inventární/výrobní číslo:		
Datum kontroly:		
Číslo protokolu		
Měření provedeno:		
Jméno technika:		
Zjištěné závady:		
	 Podpis

Reference: ČSN ISO 230-1, ČSN ISO 2773-1

PG-V-2018-03

Verze:1

Stránka 1 z 4

Obr. 31 - Vzor titulní strany pro sloupové vrtačky

4.2.2 Radiální vrtačky

Pro protokoly na měření radiálních vrtaček je základem norma ČSN ISO 2423.

Tato norma uvádí rozsah měření na sedm pozic. Při sestavení protokolu byla vypuštěna první pozice, měřící vyrovnání stroje do vodováhy. Ta na výslednou přesnost nemá takový vliv a z důvodu ustavení stroje na podlaze, kde není velká šance vrtačku vyrovnat, je zbytečné zařazovat toto měření a prodlužovat kontrolu stroje.

Oproti normě bylo zařazeno měření axiálního pohybu se zatížením silou ze spodu vřetena. Takovou pozici má smysl kontrolovat, protože se tím zjistí, zda je uložení vřetena v ložiskách v pořádku. Jinou formou měření takovou skutečnost nezjistíme.

Všechny pozice měření jsou uvedeny v Tabulka 6.

Číslo pozice	Měření
1	Rovinnost upínací desky
2	Obvodové házení kuželové dutiny
3	Osový pohyb vřetena
4	Rovnoběžnost radiálního pohybu ramena se základovou deskou
5	Rovnoběžnost pohybu vřeteníku s upínací plochou
6	Kolmost svislého pohybu objímky k upínací ploše
7	Kolmost osy vřetena k upínací desce

Tabulka 6 - Pozice měření pro radiální vrtačky [19]

Z důvodu rozsahu je finální podoba protokolu uvedena v příloze č. 2

4.2.3 Sloupové vrtačky

Základem protokolů je norma pro sloupové vrtačky ČSN ISO 2773 – 1.

Měření podle této normy obsahuje sedm základních pozic měření. Do protokolů bylo využito pět pozic, kdy byla vynechána pozice ustavení stroje do vodováhy, a také byla vypuštěna poslední pozice věnující se kolmosti pohybu vřeteníku. Vzhledem k tomu, že se nejedná o pracovní pohyb, není nutné takovou pozici zahrnovat.

Stejně jako u radiálních vrtaček byla doplněna pozice, zahrnující měření axiálního pohybu vřetena.

Všechny pozice měření jsou uvedeny v Tabulka 7.

Číslo pozice	Měření
1	Rovinnost upínací desky a základové desky
2	Obvodové házení kuželové dutiny
3	Osový pohyb vřetena
4	Kolmost osy vřetena k upínací ploše stolu
5	Kolmost svislého pohybu objímky vřetena k upínací ploše stole
6	Čelní házení upínací plochy (u otočných stolů)

Tabulka 7 - Pozice měření pro sloupové vrtačky

Z důvodu rozsahu je finální podoba protokolu uvedena v příloze č. 3.

4.2.4 Stojanové vrtačky

Protokoly mají základ v normě ČSN ISO 2772 – 1.

Norma je v rozsahu šesti pozic měření. Při návrhu bylo vynecháno ustavení vrtačky do vodováhy a měření kolmosti pohybu vřeteníku k upínací ploše stolu.

I zde byla doplněna pozice měřící axiální pohyb vřetena, kterou ani tato norma nebere v úvahu.

Všechny pozice měření jsou uvedeny v Tabulka 8.

Číslo pozice	Měření
1	Rovinnost upínací desky a základové desky
2	Obvodové házení kuželové dutiny
3	Osový pohyb vřetena
4	Kolmost osy vřetena k upínací ploše stolu
5	Kolmost svislého pohybu objímky vřetena k upínací ploše stole
6	Čelní házení upínací plochy (u otočných stolů)

Tabulka 8 - Pozice měření pro stojanové vrtačky

Z důvodu rozsahu je finální podoba protokolu uvedena v příloze č. 4.

4.2.5 Rovinné brusky

Vzhledem k tomu, že se ve firmě nenachází rovinná bruska se svislou osou brousicího vřetena, ale pouze s vodorovnou osou brousicího vřetena, jsou protokoly sestaveny pouze pro tyto rovinné brusky.

Pro rovinné brusky s vodorovnou osou brousicího vřetena je protokol sestaven na základě obsahu normy ČSN ISO 1986 – 1.

Obsahem této normy je měření jedenácti pozic na obráběcím stroji. Do protokolů jsou použity všechny měřící pozice. Protože je norma poměrně obsáhlá a stačí na zhodnocení stavu stroje, nejsou doplněny žádné další pozice.

Pozice měření pro rovinné brusky jsou uvedeny v Tabulka 9.

Číslo pozice	Měření
1	Rovinnost upínací plochy stolu
2	Přímočarost podélného pohybu stolu
3	Přímočarost příčného pohybu saní, nebo stojanu nebo brousicího vřeteníku
4	Rovnoběžnost upínací plochy s podélným pohybem stolu
5	Rovnoběžnost upínací plochy s příčným pohybem stolu
6	Rovnoběžnost střední upínací drážky s podélným pohybem stolu

Číslo pozice	Měření
7	Kolmost příčného pohybu k podélnému pohybu stolu
8	Kolmost svislého pohybu brousícího vřeteníku k upínací ploše stolu
9	Kolmost osy otáčení vřetena k podélnému pohybu stolu
10	Rovnoběžnost osy otáčení vřetena s upínací plochou stolu
11	Obvodové házení středící části brousícího vřetena
12	Osový pohyb brousícího vřetena

Tabulka 9 - Pozice měření pro rovinné brusky

Z důvodu rozsahu je finální podoba protokolu uvedena v příloze č. 5.

4.2.6 Brusky na vnitřní broušení

Předpis pro brusky na vnitřní broušení s vodorovnou osou vřetena má základ v normě ČSN ISO 2407.

V této normě je specifikováno měření třinácti pozic. Do protokolů nebyla zařazena pozice pro měření přímočarosti pohybu. Vzhledem k delším pojezdům strojů není měření na vzdálenosti 300 mm příliš adekvátní. Jinak norma specifikuje dostatečné množství pozic měření, nebylo tedy potřeba do těchto protokolů doplňovat žádné další pozice.

Seznam jednotlivých pozic měření pro brusky na vnitřní broušení s vodorovnou osou vřetena je uveden v Tabulka 10.

Číslo pozice	Měření
1	Osový pohyb pracovního vřetena
2	Obvodové házení vnější středící plochy pracovního vřetena
3	Čelní házení čela konce pracovního vřetena
4	Obvodové házení kuželové dutiny v pracovním vřetenu
5	Rovnoběžnost osy pracovního vřetena s pohybem brousícího vřeteníku
6	Rovnoběžnost otočné roviny pracovního vřeteníku
7	Obvodové házení kuželové dutiny v brousícím vřetenu

Číslo pozice	Měření
8	Rovnoběžnost osy pracovního vřetena s pohybem brousícího vřeteníku
9	Souosost pracovního vřetena s brousícím vřetenem
10	Obvodové házení vnější středící plochy pracovního vřetena
11	Osový pohyb brousícího vřetena pro čelní broušení
12	Čelní házení čela konce brousícího vřetena pro čelní broušení
13	Rovnoběžnost osy brousícího vřetena pro čelní broušení s pohybem brousícího nebo pracovního vřeteníku
14	Kolmost čela příruby brousícího vřeteníku pro čelní broušení s osou pracovního vřetena
15	Kolmost pohybu příčných saní brousícího vřeteníku nebo příčných saní pracovního vřeteníku v ose Z
16	Kolmost otáčivého pohybu brousícího vřeteníku pro čelní broušení k ose pracovního vřetena

Tabulka 10 - Pozice měření pro brusky na vnitřní broušení s vodorovnou osou vřetena

Finální podoba formuláře je uvedena v příloze č. 6.

4.2.7 Hrotové brusky

Norma pro zkoušky přesnosti hrotových brusek je ČSN ISO 2433.

Tato norma slouží jako základ při tvorbě formuláře pro tento typ obráběcích strojů. Vzhledem k tomu, že pro kontrolu rovnoběžnosti osy brousícího vřetena s pohybem stolu, je vyžadován speciální trn, který je poměrně špatně dostupný a tím pádem není standardním vybavením, je tato pozice vyřazena z měření.

Oproti normě je zde doplněno měření přesnosti rychlého přísunu brousícího vřeteníku k obrobku.

Pozice měření pro hrotové brusky jsou uvedeny v Tabulka 11.

Číslo pozice	Měření
1	Přímočarost pohybu saní stolu
2	Kolmost pohybu saní brousícího kotouče k pohybu saní stolu
3	Obvodové házení vnějšího upínacího průměru unášecího vřeteníku

Číslo pozice	Měření
4	Čelní házení upínacího čela unášecího vřeteníku
5	Osový pohyb unášecího vřeteníku
6	Obvodové házení kuželové dutiny unášecího vřeteníku
7	Rovnoběžnost osy otáčení unášecího vřeteníku s pohybem stolu
8	Rovnoběžnost osy kuželové dutiny v hrotové objímce s pohybem stolu
9	Obvodové házení brousícího vřeteníku
10	Osový pohyb brousícího vřeteníku
11	Obvodové házení kuželové dutiny vřeteníku pro vnitřní broušení
12	Rovnoběžnost osy brousícího vřetena na vnitřní broušení s pohybem stolu
13	Shodnost výšek brousícího vřetena a unášecího vřeteníku od základní roviny
14	Souosost brousícího vřetena na vnitřní broušení a unášecího vřeteníku
15	Přesnost rychlého přísunu brousícího vřeteníku k obrobku

Tabulka 11 - Pozice měření pro hrotové brusky

Finální podoba formuláře je uvedena v příloze č. 7.

4.2.8 Univerzální hrotové soustruhy

Protože se ve firmě nenachází soustruhy s oběžným průměrem nad ložem větším než 800 mm, je vytvořen předpis s povolenými tolerancemi pro typ strojů do tohoto průměru. Pokud by do firmy byl zakoupen soustruh s průměrem nad 800 mm je potřeba upravit povolené hodnoty odchylek.

Norma ČSN ISO 1708 specifikuje zkoušky geometrické přesnosti pro hrotové soustruhy.

Z této normy jsou vytvořeny vzorové protokoly, ovšem jsou doplněny jiným obrazovým doprovodem, vzhledem k tomu, že v normě je ilustrace starší, a ne vždy zřetelná. Norma specifikuje patnáct pozic měření.

Doplněna je pozice, která v normě není, ale má smysl se jí věnovat, a to rovnoběžnost vodících ploch pro koník s pohybem suportu. Takové měření je zde uvedeno z důvodu, že vodící plochy pro koník a pro suport se opotřebovávají rozdílně.

Pozice měření pro univerzální hrotové soustruhy jsou uvedeny v Tabulka 12.

Číslo pozice	Měření
1	Přímost vodicích ploch na loži v podélném směru
2	Přímost vodicích ploch na loži v příčném směru
3	Přímočarost pohybu suportu ve vodorovné rovině
4	Rovnoběžnost směru pohybu suportu s osou vřetena
5	Rovnoběžnost směru pohybu nožových saní s osou vřetena v rovině svislé
6	Obvodové házení středící části na předním konci vřetena
7	Čelní házení opěrné plochy na předním konci vřetena
8	Osový pohyb vřetena
9	Obvodové házení upínací hrotu vřeteníku
10	Obvodové házení kuželové dutiny
11	Rovnoběžnost osy kuželové dutiny hrotové objímky se směrem pohybu suportu
12	Rovnoběžnost směru podélného pohybu suportu s osou soustružení
13	Kolmost směru pohybu příčných saní k ose vřetena
14	Rovnoběžnost vodicích ploch koníku s pohybem suportu
15	Osový pohyb vodicího šroubu

Tabulka 12 - Pozice měření pro univerzální hrotové soustruhy

Finální podoba formuláře je uvedena v příloze č. 8.

4.2.9 Frézky konzolové se svislou osou vřetena a nastavitelnou výškou stolu

Vzhledem k tomu, že pro tento typ obráběcích strojů není vydána žádná platná norma je jako základ brán návrh měření z knihy p. Erazíma: *Kontrola přesnosti obráběcích strojů*. Povolené hodnoty tolerancí jsou kombinací dovolených úchylek z knihy a normy vztahující se na frézky se svislou osou vřetena a pevnou výškou stolu (ČSN ISO 1984 – 2).

Z měření, které je v této knize navrženo, nebyla vyjmuta žádná pozice, naopak byla doplněna pozice pro měření osy vřetena k upínací ploše stolu a pro měření kolmosti výsuvu pinoly k upínací ploše stolu, která zde není měřena, ale stroje ve firmě výsuvnou pinolu mají.

Pozice měření pro konzolové frézky se svislou osou vřetena a nastavitelnou výškou stolu jsou uvedeny v Tabulka 13.

Číslo pozice	Měření
1	Rovinnost upínací plochy stolu
2	Rovnoběžnost upínací plochy stolu se směrem podélného pohybu stolu
3	Rovnoběžnost upínací plochy stolu se směrem příčného pohybu příčných saní
4	Rovnoběžnost střední upínací drážky se směrem podélného pohybu stolu
5	Kolmost osy vřetena k upínací ploše stolu
6	Kolmost svislého směru pohybu pinoly k upínací ploše stolu
7	Kolmost směru svislého pohybu konzoly k upínací ploše stolu
8	Kolmost příčného pohybu příčných saní k podélnému pohybu stolu
9	Osový pohyb vřetena
10	Obvodové házení vnější středící části na předním konci vřetena
11	Čelní házení opěrné plochy na předním konci vřetena
12	Obvodové házení kuželové dutiny

Tabulka 13 - Pozice měření pro svislé frézky s nastavitelnou výškou stolu

Finální podoba protokolu je uvedena v příloze č. 9

4.2.10 Frézky konzolové s vodorovnou osou vřetena a nastavitelnou výškou stolu

Jako základ byl brán měřicí protokol z měření, které bylo ve firmě již prováděno.

Do tohoto formuláře bylo doplněno měření kolmosti příčného a podélného pohybu stolu, které poslední měření nezahrnovalo, ale na výslednou přesnost obrábění má významný vliv.

Pozice měření pro frézky s vodorovnou osou vřetena a nastavitelnou výškou stolu jsou uvedeny v Tabulka 14.

Číslo pozice	Měření
1	Rovinnost upínací plochy stolu
2	Rovnoběžnost upínací plochy stolu se směrem podélného pohybu stolu
3	Rovnoběžnost upínací plochy stolu se směrem příčného pohybu příčných saní

Číslo pozice	Měření
4	Rovnoběžnost upínací plochy stolu s osou vřetena
5	Rovnoběžnost vodících ploch na zajištěném opěrném ramenu s osou vřetena
6	Rovnoběžnost střední upínací drážky se směrem podélného pohybu stolu
7	Kolmost svislého pohybu konzoly k ploše stolu
8	Kolmost příčného pohybu příčných saní k podélnému pohybu stolu
9	Kolmost střední upínací drážky stolu k ose vřetena
10	Osový pohyb vřetena
11	Čelní házení opěrné plochy na předním konci vřetena
12	Obvodové házení vnější středicí části na předním konci vřetena
13	Obvodové házení kuželové dutiny ve vřetenu

Tabulka 14 - Pozice měření pro vodorovné frézky s nastavitelnou výškou stolu

Finální podoba protokolu je uvedena v příloze č. 10

4.2.11 Soustružnická centra

Základní pozice měření pro všechna soustružnická centra jsou vybrána podle normy ČSN ISO 13041-1. Povolené tolerance jsou v protokolu uvedeny jak s odkazem na normu, tak zároveň respektující povolené tolerance jednotlivých výrobců obráběcích strojů, které jsou zpravidla u modernějších zařízení přísnější.

Norma udává dvacet čtyři pozic měření. Do protokolů byly použity téměř všechny pozice, ovšem některé jsou upraveny. Pro měření úhlových odchylek bylo vynecháno měření úhlového natočení, ke kterému je zapotřebí použít laserinterferometr z důvodu finanční náročnosti na měřicí zařízení.

Měření ostatních úhlových odchylek je možno provést pouze za předpokladu, že je stroj kotven k základům. V případě, že by byl uložen na tzv. „bačkorách“ nemá smysl úhlové odchylky při pohybu měřit, protože by nám vycházely zavádějící hodnoty.

Není zařazeno měření otočného vřeteníku, nebo tělesa revolverové hlavy z důvodu, že se nenachází na žádném stroji, který ve firmě je. V případě nákupu stroje, na kterém otočné hlavy budou, je potřeba provést revizi, a aktualizovat tento protokol.

Protokoly pro měření geometrické přesnosti soustružnických center jsou vytvořeny ve třech variantách povolených tolerancí rozdělených podle oběžného průměru.

Pro stroje Masturn od firmy Kovosvit MAS jsou povolené tolerance brány podle normy.

V Tabulka 15 jsou uvedeny všechny pozice, které mají být u soustružnických center měřeny.

Číslo pozice	Měření
1	Obvodové házení středícího průměru obrobkového vřetena
2	Osový pohyb obrobkového vřetena
3	Čelní házení čela obrobkového vřetena
4	Obvodové házení díry obrobkového vřetena
5	Rovnoběžnost pohybu suportu s osou rotace obrobkového vřetena
6	Kolmost obrobkového vřetena
7	Kolmost pohybu v ose Y k pohybu v ose X
8	Kolmost upínacích čel revolverové hlavy
9	Úhlové úchytky pohybu suportu v ose Z
10	Úhlové úchytky pohybu revolverové hlavy v ose X
11	Rovnoběžnost pohybu koníku s pohybem suportu
12	Rovnoběžnost pohybu pinoly s pohybem suportu
13	Rovnoběžnost pohybu suportu s osou vnitřní kuželové plochy pinoly koníku
14	Rovnoběžnost pohybu v ose Z s osou soustružení
15	Obvodové házení díry nástrojového vřetena
16	Rovnoběžnost osy upínací díry revolverové hlavy s pohybem v Z
17	Rovnoběžnost osy upínací díry revolverové hlavy nebo rovnoběžnost ložní plochy nožového držáku s pohybem revolverové hlavy
18	Rovnoběžnost osy nástrojového vřetena s pohybem v Z
19	Rozdíl polohy osy obrobkového vřetena a osy nástrojového vřetena
20	Opakovatelnost indexování revolverové hlavy

Tabulka 15 - Pozice měření pro soustružnická centra

Finální podoba protokolů:

Pro soustružnická centra s $D \leq 250$ je uvedena v příloze č. 11

Pro soustružnická centra s $250 < D \leq 500$ je uvedena v příloze č. 12

Pro soustružnická centra s $500 < D \leq 1000$ je uvedena v příloze č. 13

4.2.12 Frézovací centra se svislou osou rotace – 3osá

Pro tříosá frézovací centra je jako základ brána norma ČSN ISO 10791 – 2.

Do formulářů je oproti normě doplněna pozice měření obvodového házení vřetena, kterou norma nespecifikuje. Při kontrole házení kuželové dutiny, je potřeba vyloučit, zda ve výsledné odchylce není i vliv vřetena, proto je vhodné kontrolu obvodového házení vřete také zahrnout.

Měření úhlových odchylek je možno provést pouze za předpokladu, že je stroj kotven k základům. V opačném případě nemá smysl úhlové odchylky při pohybu měřit, protože by nám vycházely zavádějící hodnoty. I zde je vynechána pozice, ke které je zapotřebí laserinterferometr.

Vzhledem k tomu, že jsou ve firmě dva výrobci 3osých frézovacích center, kteří zároveň mají odlišné povolené tolerance, jsou protokoly sestaveny tak, že zohledňují oba tyto dodavatele. Obráběcí stroj od firmy Kovosvit má totožné odchylky jako norma, a proto spadá pod povolené tolerance právě podle normy, která se k tomuto typu zařízení vztahuje. Druhým výrobcem je firma Hermle, která má tyto odchylky přísnější, proto je uvedena zvlášť. V případě nákupu nového obráběcího stroje, je důležité srovnat hodnoty, které výrobce povoluje s vzorovým protokolem, a rozhodnout, zde je možné jej použít, nebo je nutné provést jeho aktualizaci.

Pozice měření 3osá frézovací centra je uveden v Tabulka 16.

Číslo pozice	Měření
1	Rovinnost upínací plochy stolu
2	Měření přímočarosti podélného pohybu
3	Měření přímočarosti příčného pohybu
4	Měření přímočarosti svislého pohybu
5	Úhlové úchytky pohybu v ose X
6	Úhlové úchytky pohybu v ose Y
7	Úhlové úchytky pohybu v ose Z
8	Kolmost pohybu v ose Z k pohybu ose X
9	Kolmost pohybu v ose Z k pohybu ose Y
10	Kolmost pohybu v ose Y k pohybu ose X
11	Měření rovnoběžnosti podélného pohybu s plochou stolu
12	Měření rovnoběžnosti příčného pohybu s plochou stolu
13	Kolmost osy vřetena k upínací ploše stolu
14	Obvodové házení vnitřního kuželu vřetena
15	Obvodové házení vřetene
16	Osový pohyb vřetene
17	Čelní házení vřetene
18	Rovnoběžnost osy vřetena se svislým pohybem
19	Měření rovnoběžnosti střední nebo základní T - drážky

Tabulka 16 - Pozice měření pro 3osá frézovací centra se svislou osou vřetena

Finální podoba protokolu v příloze č. 14

4.2.13 Frézovací centra se svislou osou rotace – 5osá – výklopný a otočný stůl

Pro tento typ strojů jsou jako základ brány předávací protokoly od firmy Hermle.

Do protokolů byly přidány pozice pro měření obvodového a čelního házení a zároveň pozice, řešící osový pohyb vřetena, které v předávacích protokolech zahrnuté nejsou, ale pro zhodnocení stavu stroje jsou důležité.

Protože se ve firmě momentálně nachází pouze stroje od firmy Hermle, a v současné době není plánováno, že by se strojový park v tomto typu strojů rozšiřoval o jiné výrobce, jsou protokoly vytvořeny pouze pro jejich stroje. Protokoly respektují dovolené odchylky výrobce, ke kterým je k porovnání přiřazena tolerance z normy. U doplněných pozic jsou brány tolerance z normy ČSN ISO 10791 – 2, které předávací protokoly neuvádějí. V případě měření těchto pozic je důležité takové hodnoty úměrně zaměnit vzhledem k ostatním tolerancím, které jsou pro stroj povolené a respektují jeho vlastní přesnost.

V případě, že by do firmy byl zakoupen obráběcí stroj od jiného výrobce, je potřeba provést revizi tohoto protokolu, a určit, zda ho lze na tento nový stroj aplikovat, nebo je potřeba vytvořit další, nový protokol.

Pozice měření pro frézovací centra 5osá - výklopný a otočný stůl jsou uvedeny v Tabulka 17.

Číslo pozice	Měření
1	Rovinnost upínací plochy stolu
2	Měření rovnoběžnosti podélného pohybu s plochou stolu
3	Měření rovnoběžnosti příčného pohybu s plochou stolu
4	Kolmost pohybu v ose Z k pohybu ose X
5	Kolmost pohybu v ose Z k pohybu ose Y
6	Kolmost pohybu v ose Y k pohybu ose X
7	Kolmost osy vřetena k upínací ploše stolu
8	Obvodové házení vnitřního kuželu vřetena
9	Obvodové házení vřetene
10	Osový pohyb vřetene
11	Čelní házení vřetene
12	Rovnoběžnost osy vřetena se svislým pohybem
13	Rovnoběžnost pohybu v ose X s plochou stolu při vyklopení o 90°
14	Rovnoběžnost pohybu v ose Z s plochou stolu při vyklopení o 90°
15	Obvodové házení středící díry otočného stolu
16	Čelní házení plochy stolu

Tabulka 17 - Pozice měření pro frézovací centra se svislou osou rotace – 5osá – výklopný a otočný stůl

Finální podoba protokolu v příloze č. 15

4.2.14 Polohovací zařízení – otočný stůl - 4. osa

Základem pro vytvoření protokolu pro polohovací zařízení byl protokol geometrie od firmy Kitagawa.

Jednotlivé pozice měření jsou uvedeny v Tabulka 18.

Číslo pozice	Měření
1	Obvodové házení
2	Čelní házení
3	Rovnoběžnost čelní plochy se svislým pohybem
4	Rovnoběžnost čelní plochy s příčným pohybem
5	Rovnoběžnost pojezdu s osou rotace

Tabulka 18 - Pozice měření pro polohovací zařízení - otočný stůl - 4. osa

Finální podoba protokolu v příloze č. 16

4.3 Předpis pro měření kruhové interpolace

Pro moderní číslicově řízené stroje, je vhodné navrhnout základní předpis, podle kterého budou probíhat testy kruhové interpolace. Tato návodka je důležitá z toho hlediska, aby testy měli jasné definované základní podmínky, a dosažené výsledky z měření, měli určitou vypovídající hodnotu, a nebyli zkreslené z důvodu použití nevhodných parametrů testu.

Požadavky na návodku:

- specifikování měřidel vhodných pro test
- určení poloměrů pro testy
- určení posuvových rychlostí pro měření
- specifikování rozsahu měření (úhel, náběhový úhel, smysl pohybu)

Kompletní návodka je k nahlédnutí v příloze č. 17

Je důležité volit parametry pro zkoušky vzhledem k velikosti obráběcích center. To znamená, že se zvětšujícími se rozměry pracovního prostoru centra, je potřeba zvyšovat i testovaný poloměr. V případě, že rozjezdy jednotlivých os stroje umožňují ujetí kruhu ve všech rovinách v rozsahu plných 360°, je vyžadován primárně tento test. Při snaze o maximalizaci testu nemusí některý z rozjezdů povolovat ujetí plných 360°, proto je možné provést volumetrický test.

Vzhledem k dodávaným rozměrům teleskopického snímače a jeho nástavců je u soustružnických center důležité, aby rozsah pojezdů jednotlivých drah byl alespoň 210 mm, jinak nelze test kruhové interpolace u těchto strojů provést.

Požadavky na protokol z měření:

- úvodní strana
- datum, kdy bylo měření provedeno
- název stroje
- identifikace stroje z hlediska čísla (inventární/ výrobní číslo)
- použité měřicí zařízení, výrobní číslo
- parametry zkoušky
- výsledek měření včetně grafického znázornění
- kdo měření provedl

5 Technicko-ekonomické zhodnocení

Součástí každého projektu či výzkumu musí být i technicko-ekonomické hodnocení, které nám dá představu o tom, zda námi navržené řešení má smysl aplikovat po finanční stránce. V dnešní době, kdy se ve všech ohledech hledá možnost snížit co nejvíce finanční náklady, je takové hodnocení velmi důležité.

Tato diplomová práce si klade za cíl navrhnout základní strategii kontroly přesnosti obráběcích strojů, tedy standardizovat systém údržby tak, aby došlo ke sjednocení jednotlivých kontrol a pravidelnosti jejich provádění. Z toho důvodu, že se jedná o návrh strategie, nelze dopředu odhadnout všechny finanční přínosy, ale lze vytipovat oblasti jejího dopadu, kde by se měli projevit úspory nákladů. Na druhou stranu lze do určité míry vyčíslit náklady spojené s určitým typem prováděných kontrol, zhruba odhadnout dobu návratnosti investice při zakoupení měřicího zařízení a realizování kontroly svépomocí oproti nákladům, které by si účtovala externí firma zabývající se touto problematikou.

Finanční zhodnocení přínosů standardizace ověřování přesnosti lze provést až po jejím úspěšném zavedení ve firmě GE Aviation Czech, a to z důvodu, že před jejím zavedením nemáme současná data s čím porovnat. Proto lze udělat bilanci výhodnosti nebo nevýhodnosti takového systému až po určité době, kdy budeme mít reálná čísla. Preventivním měřením a údržbou strojů by měla vzniknout úspora hlavně v oblasti nákladů na opravy strojů a nákladů na neshodné kusy, jejichž výroba je zapříčiněna obráběcím strojem.

Úspory v nákladech na opravy strojů by měli vycházet z pravidelnosti kontrol a z analýzy jejich výsledků. Na základě této analýzy by bylo možné odhadnout, kdy bude potřeba provést opravu poškozené části, protože budeme mít vývoj jejího zhoršujícího se stavu závislý na čase. Tím by se dalo předejít vážnějšímu poškození stroje důsledkem vadné části, a výdajů na nákladnější opravu s tím spojených. Příkladem je uložení vřetena, kdy můžeme podle sledování vývoje úchylnosti házení vřetena zjistit větší opotřebení ložisek, a naplánovat tak jejich výměnu. Pokud takovou skutečnost nezachytíme, může dojít ke zničení celého vřeteníku, u kterého jsou náklady na opravu mnohonásobně větší.

Z výroby neshodných výrobků vyplývají pro firmu další náklady na jejich opravy a odstraňování. Určité procento je zapříčiněno právě nepřesností obráběcího stroje. Stanovením pravidelných kontrol a pravidelné údržby by se takové procento dalo snížit, a z toho by měla vyplývat pro firmu finanční úspora. Zároveň pokud bude TPV informována o tom, v jakém stavu jsou stroje, lze podle toho určit kam směřovat výrobu, popřípadě zda je firma schopna v požadované přesnosti výrobek vyrobit.

Zavedení systému ověřování přesnosti obráběcích strojů sebou nese také určité náklady. V případě, že by si firma chtěla začít ověřovat přesnost strojů samostatně, nese to sebou náklady na zakoupení potřebného měřicího zařízení. Při současném stavu, kdy firma nemá zájem realizovat měření svépomocí, a najímá si na to externí servisní organizace, jsou náklady spojené s požadovanou cenou od jednotlivých firem za provedení měření.

Vzhledem k tomu, že součástí navržené strategie je i kontrola kruhové interpolace, a protože známe pořizovací cenu zařízení a přibližnou cenu externě prováděných kontrol, lze orientačně stanovit dobu úhrady investice, kterou můžeme spočítat z roční úspory v nákladech na měření.

	Externě	GE Aviation Czech
(I) Pořizovací náklady zařízení [Kč]	-	350 000
(N) Náklady na měření [Kč/stroj]	10000	600
(Q) Počet měřených strojů za rok [stroj/rok]		48

Tabulka 19 - Náklady na měření kruhové interpolace

Doba úhrady:

$$T_{\text{ú}} = \frac{I}{(N_1 - N_2) \cdot Q} = \frac{350000}{(10000 - 600) \cdot 48} = 0,78 [\text{rok}]$$

V Tabulka 19 jsou uvedeny základní náklady, které nám do procesu vstupují. Pořizovací cena je zde uvedena pro zařízení ballbar od firmy Renishaw. Cena za externí měření byla stanovena jako průměrná hodnota z nabídek firem, které takové měření nabízejí. Cena měření firmou GE Aviation Czech je vypočítána z hodinové sazby měření a průměrné doby kontroly na jeden stroj. Do hodinové sazby měření je započítána cena práce pracovníka, i opotřebení měřicího zařízení. Počet strojů měřených za rok je stanoven v závislosti na počtu strojů, a nastavené periodě měření. Využitím jednoduchého výpočtu jsme dostali orientační dobu úhrady investice.

Pokud by si firma zakoupila vlastní měřicí zařízení, vychází doba úhrady přibližně na tři čtvrtě roku. Je ale potřeba si uvědomit, že tento výsledek nezohledňuje skutečnost, že v současné době firma nemá zaměstnance, který s takovým zařízením umí měřit, a jehož analýza výsledků by byla adekvátní.

Vypadá to tedy, že lze poměrně výrazně ušetřit, když nebudeme takové měření zadávat externě. Na druhou stranu je zde při provádění měření zaměstnancem firmy potencionálně dlouhá časová fáze, než začnou mít závěry z analýzy výsledků určitou správnost a vypovídající schopnost.

Závěr

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout základní strategii diagnostiky přesnosti obráběcích strojů ve firmě GE Aviation Czech. Vlastní přesnost strojů má významný vliv na finální přesnost výrobku.

V první části práce byla představena samotná firma, její historie, charakteristika provozu a produktové portfolio. Následně byla provedena analýza současného stavu, kdy bylo potřeba zjistit, jaké stroje firma vlastní, protože dodaný seznam strojů nebyl aktuální. Dále bylo zjištěno, že pravidelnou údržbu obráběcích strojů ve firmě GE Aviation Czech vykonává externí servisní organizace. Byly zhodnoceny protokoly z provedených kontrol jednotlivých typů obráběcích strojů, ze kterých vyplynulo, že v měření není jednotný řád. Tato analýza byla ovšem poměrně složitá, jednak protože nám do problému vstupuje třetí strana, ale i z důvodu určitých personálních změn na postech, kterých se tato problematika týká. Proto se relativně dlouho analyzovalo, jak celý systém údržby v současnosti funguje, jak je nastaven systém kontroly strojů, a jaké jsou z toho výsledky. Dále bylo potřeba seznámit se s problematikou přesnosti obráběcích strojů. Zjistit, zda existují normy pro jednotlivé typy obráběcích strojů, jaké všechny parametry je potřeba kontrolovat, možné způsoby měření a vhodná měřicí zařízení. Tyto informace jsou zpracovány formou rešerší v teoretické části diplomové práce.

V praktické části bylo rozhodnuto o potřebě sjednotit prováděné zkoušky, určit jejich rozsah a periodu kdy budou měření prováděna. Z toho důvodu byla vytvořena vnitropodniková směrnice, která definuje povinnosti jednotlivých oddělení ve firmě formou matice odpovědnosti. Směrnice dále stanovuje, podle jakých předpisů a v jaké časové periodě mají být jednotlivé obráběcí stroje měřeny. Časové periody byly pro stroje stanoveny v závislosti na jejich vlivu na výslednou přesnost finálního produktu. Tyto periody byly určeny jak pro měření geometrické přesnosti, tak i pro kontrolu kruhové interpolace. Ta se týká pouze modernějších NC strojů a na základě rozhovoru s odpovědnými zaměstnanci firmy byl stanoven kratší časový úsek pro její měření. Rozsahy jednotlivých měření byly definovány formou vzorových protokolů pro měření geometrické přesnosti. Byly definovány požadavky na úvodní stranu pro všechny protokoly z důvodu přehlednosti a umožnění evidence dokumentů. Jednotlivé protokoly určují, jaká mají být provedena měření, specifikují doporučená měřicí zařízení a obsahují poznámky důležité pro vyhodnocení. Jsou v nich definovány povolené tolerance, které vycházejí z vydaných platných norem, nebo z předávacích protokolů výrobců obráběcích strojů. Jednotný formát těchto formulářů by měl umožnit porovnávat výsledky a sledovat vývoj jednotlivých odchylek. Dále byl vytvořen předpis pro měření kruhové interpolace, který definuje jednotlivé parametry pro provedení zkoušky a zároveň specifikuje, co by měl obsahovat protokol s výsledky z provedeného měření. Jednotlivé protokoly i vnitropodniková směrnice jsou z důvodu jejich rozsahu v přílohách této práce.

Poslední částí diplomové práce bylo provedení technicko-ekonomického zhodnocení. Vzhledem k tomu, že je potřeba nejprve zavést strategii diagnostiky obráběcích strojů, nelze provést úplné zhodnocení, protože nemáme s čím současná data porovnat. Byly tedy vytipovány oblasti, kde by se určité úspory mohly po zavedení strategie objevit. Zároveň byl proveden orientační výpočet doby úhrady investice v závislosti na možné roční úspoře nákladů na měření kruhové interpolace, při zakoupení měřicího zařízení ballbar.

Kontroly zaměřené na přesnost obráběcích strojů slouží k zajištění bezproblémového chodu výroby. Přestože jde o neefektivní využití času stroje ve výrobě, jsou tyto kontroly nezbytné k zajištění kvality výrobků a služeb požadovaných zákazníkem, konkurenceschopnosti podniku a zajištění dobrého jména firmy.

Použitá literatura

1. KNIŽNÍ PUBLIKACE

- [4] BUMBÁLEK, Leoš. *Kontrola a měření: pro SPŠ strojní*. Vyd. 1. Praha: Informatorium, 2009. ISBN 978-80-7333-072-9
- [6] LEŠANOVSKÝ, Jan. *Využití laserinterferometru od firmy Renishaw pro měření přímosti a rovinnosti*. Brno, 2008. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.
- [7] Marek, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů III*. Praha: MM publishing, 2014. ISBN 978-80-260-6780-1
- [13] WECK, Manfred. *Werkzeugmaschinen 5: Messtechnische Untersuchung und Beurteilung, dynamische Stabilität*. Vyd. 7. Berlin: Springer Verlag, 2006. ISBN 978-3-642-38748-7
- [15] PÁNEK, Petr. *Návrh měření kruhové interpolace strojů pomocí laser trackeru*. Praha, 2015. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní.
- [18] BRAVENEC, Libor. *Polohování CNC frézky dle normy ISO 230-2*. Zlín, 2012. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická.
- [31] ERAZÍM, Karel. *Kontrola přesnosti obráběcích strojů*. Vyd. 1. Praha: STNL, 1945.
- [30] HERKLE, Pavel. *Stavba a kontrola 5ti osých frézovacích strojů*. Brno, 2015. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.

2. INTERNETOVÉ ZDROJE

- [1] GE AVIATION. *Výrobce leteckých motorů*. Dostupné z: <https://www.geaviation.cz/> (cit. dne 11. 10. 2017)
- [2] GE AVIATION. *Turbovrtulové letadlové motory*. Dostupné z: <https://www.geaviation.cz/data/gallery/cs/content/ge-aviation-engines-slide2.jpg> (cit. dne 11. 10. 2017)
- [8] ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ A ZAŘÍZENÍ. *Měření geometrické přesnosti obráběcích strojů*. Dostupné z: <http://jis.uvssr.fme.vutbr.cz/PDF/10/M%C4%9B%C5%99en%C3%AD%20geometrick%C3%A9%20p%C5%99esnosti%20obr%C3%A1b%C4%9B%C3%ADch%20stroj%C5%AF.pdf> (cit. dne 8. 1. 2018)
- [9] RENISHAW. *XR-20-W rotary axis calibrator*. Dostupné z: <http://www.renishaw.cz/media/pdf/en/3863eeae37cc4acaa75eb90e4847003a.pdf> (cit. dne 24. 3. 2018)
- [10] GE AVIATION. *Aviation history*. Dostupné z: <https://www.geaviation.com/company/aviation-history> (cit. dne 3. 1. 2018)
- [11] HEIDENHAIN. *HEIDENHAIN test equipment*. Dostupné z: <http://www.atechauthority.com/heidenhain/test-equipment/> (cit. dne 10. 4. 2018)
- [12] MCCARTHY, K. *Accuracy in positioning system*. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/7bb3/b57aed62dd59f5877b8655a3a67e46cade1e.pdf> (cit. dne 10. 4. 2018)

[17] Automated Precision Inc. *XD Laser – Multi – Dimensional Laser Measurement system for CNC calibration – API*. Dostupné z: <https://www.apisensor.com/products/mth/xd-laser/> (cit. dne 3. 5. 2018)

3. NORMY, ZÁKONY, VYHLÁŠKY

[14] ČSN ISO 230-2. *Zásady zkoušek obráběcích strojů - Část 2: Určení přesnosti a opakovatelnosti nastavení polohy v číslicově řízených osách*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.

[16] ČSN ISO 230-4. *Zásady zkoušek obráběcích strojů - Část 4: Zkoušky kruhové interpolace u číslicově řízených obráběcích strojů*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.

[19] ČSN ISO 2423: *Přejímací podmínky pro otočené vrtačky s výškově stavitelným ramenem. Zkoušky přesnosti*. Praha: Federální úřad pro normalizaci a měření, 1992.

[20] ČSN ISO 2773 – 1: *Přejímací podmínky svislých vrtaček sloupových. Zkoušky přesnosti. Část 1: Zkoušky geometrické přesnosti*. Praha: Český normalizační institut, 1994.

[21] ČSN ISO 2772 – 1: *Přejímací podmínky svislých vrtaček stojanových. Zkoušky přesnosti. Část 1: Zkoušky geometrické přesnosti*. Praha: Český normalizační institut, 1993.

[22] ČSN ISO 1986 – 1: *Podmínky zkoušek pro rovinné brusky s vodorovnou osou broušení vřetene a s vratným pohybem stolu – Zkoušky přesnosti – Část 1: Stroje s délkou stolu do 1600 mm*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.

[23] ČSN ISO 2407: *Podmínky zkoušek pro brusky na vnitřní broušení s vodorovnou osou vřetena – Zkoušky přesnosti*. Praha: Český normalizační institut, 2005.

[24] ČSN ISO 2433: *Obráběcí stroje – Podmínky zkoušek hrotových brusek a hrotových univerzálních brusek s pohyblivým stolem – Zkoušky přesnosti*. Praha: Český normalizační institut, 2005.

[25] ČSN ISO 1984 – 2: *Podmínky zkoušek ručně ovládaných frézek se stálou výškou stolu – Zkoušky přesnosti – Část 2: Stroje se svislou osou vřetena*. Praha: Český normalizační institut, 2005.

[26] ČSN ISO 1708: *Přejímací podmínky univerzálních hrotových soustruhů. Zkoušky přesnosti*. Praha: Federální úřad pro normalizaci a měření, 1991.

[27] ČSN ISO 1984 – 1: *Podmínky zkoušek ručně ovládaných frézek se stálou výškou stolu – Zkoušky přesnosti – Část 1: Stroje s vodorovnou osou vřetena*. Praha: Český normalizační institut, 2005.

[28] ČSN ISO 13041-1: *Podmínky zkoušek pro číslicově řízené soustruhy a soustružnická centra – Část 1: Zkoušky geometrické přesnosti strojů s vodorovnou osou obrobkového vřetena*. Praha: Český normalizační institut, 2005.

[29] ČSN ISO 10791 – 2: *Podmínky zkoušek pro obráběcí centra – Část 2: Zkoušky geometrické přesnosti strojů se svislou osou vřetena a s hlavami se svislou primární osou otáčení (svislá osa Z)*. Praha: Český normalizační institut, 2005.

4. OSTATNÍ

[3] POSPĚCH, Z. *Praktická aplikace metrologie podklady*. Plzeň. Podklady k přednáškám

[5] POSPĚCH, Z. *Dílenská metrologie*. Plzeň. Podklady k přednáškám

Seznam obrázků

Obr. 1 - Logo firmy [1]	11
Obr. 2 - Motor typ H80 [2].....	12
Obr. 3 - Geometrická přesnost obráběcích strojů [3]	21
Obr. 4 - Přímost [5]	23
Obr. 5 - Měření přímosti pomocí pravítka a úchylkoměru [6].....	23
Obr. 6 - Měření pomocí laserinterferometru [6]	24
Obr. 7 – Rovinnost [5].....	24
Obr. 8 - Měření rovinnosti libelou [5].....	24
Obr. 9 - Měření rovinnosti pomocí laserinterferometru [4]	25
Obr. 10 - Tolerance kolmosti [30].....	25
Obr. 11 - Měření kolmosti pomocí úchylkoměru a referenčního úhelníku [30]	26
Obr. 12 - Tolerance rovnoběžnosti [30]	26
Obr. 13 - Měření rovnoběžnosti rotační osy s lineární osou [3]	27
Obr. 14 - Tolerance sousosti [30].....	27
Obr. 15 - Měření sousosti svislých os [3].....	27
Obr. 16 - Tolerance obvodového házení [30]	28
Obr. 17 - Obvodové házení kuželové dutiny [24].....	28
Obr. 18 - Tolerance čelního házení [3]	29
Obr. 19 – Měření čelního házení [3]	29
Obr. 20 - Měření osového pohybu vřetena [3]	30
Obr. 21 - Osový pohyb vodicího šroubu [31]	30
Obr. 22 - Opakovatelnost a přesnost nastavení polohy [12]	31
Obr. 23 - Princip měření dle ČSN ISO 230 – 2 [14].....	32
Obr. 24 - Princip měření kyvadlovým krokem [13].....	32
Obr. 25 - Laserinterferometr od firmy API sensor [17]	33
Obr. 26 – Měření za použití systému XL - 80 [18]	33
Obr. 27 - Měření za použití systému XR-20W [9].....	34
Obr. 28 - Snímač Heidenhain s měřicí deskou [11]	35
Obr. 29 – Struktura systému ballbar [15].....	36
Obr. 30 – Měření systémem ballbar i se znázorněnou dráhou [3]	36
Obr. 31 - Vzor titulní strany pro sloupové vrtačky	42

Seznam tabulek


Tabulka 1 - Soupis strojů	13
Tabulka 2 - Srovnání hodnot pro frézky v protokolech firmy EMS s normou	16
Tabulka 3 - Srovnání hodnot pro soustruhy v protokolech firmy EMS s normou.....	17
Tabulka 4 - Srovnání hodnot pro rovinné brusky v protokolech firmy EMS s normou	18
Tabulka 5 - Označení pro jednotlivé typy obráběcích strojů	39
Tabulka 6 - Pozice měření pro radiální vrtačky [19]	43
Tabulka 7 - Pozice měření pro sloupové vrtačky	43
Tabulka 8 - Pozice měření pro stojanové vrtačky	44
Tabulka 9 - Pozice měření pro rovinné brusky	45
Tabulka 10 - Pozice měření pro brusky na vnitřní broušení s vodorovnou osou vřetena	46
Tabulka 11 - Pozice měření pro hrotové brusky	47
Tabulka 12 - Pozice měření pro univerzální hrotové soustruhy.....	48
Tabulka 13 - Pozice měření pro svislé frézky s nastavitelnou výškou stolu.....	49
Tabulka 14 - Pozice měření pro vodorovné frézky s nastavitelnou výškou stolu.....	50
Tabulka 15 - Pozice měření pro soustružnická centra.....	51
Tabulka 16 - Pozice měření pro 3osá frézovací centra se svislou osou vřetena	52
Tabulka 17 - Pozice měření pro frézovací centra se svislou osou rotace – 5osá – výklopný a otočný stůl	53
Tabulka 18 - Pozice měření pro polohovací zařízení - otočný stůl - 4. osa	54
Tabulka 19 - Náklady na měření kruhové interpolace	56

Seznam příloh

- Příloha č. 1: *Vnitropodniková směrnice – Diagnostika přesnosti obráběcích strojů*
- Příloha č. 2: *Protokol měření geometrické přesnosti pro radiální vrtačky* [19]
- Příloha č. 3: *Protokol měření geometrické přesnosti pro sloupové vrtačky* [20]
- Příloha č. 4: *Protokol měření geometrické přesnosti pro stojanové vrtačky* [21]
- Příloha č. 5: *Protokol měření geometrické přesnosti pro rovinné brusky* [22]
- Příloha č. 6: *Protokol měření geometrické přesnosti pro brusky na vnitřní broušení* [23]
- Příloha č. 7: *Protokol měření geometrické přesnosti pro hrotové brusky* [24]
- Příloha č. 8: *Protokol měření geometrické přesnosti pro univerzální hrotové soustruhy* [26], [31]
- Příloha č. 9: *Protokol měření geometrické přesnosti pro svislé konzolové frézky s nastavitelnou výškou stolu* [25],[31]
- Příloha č. 10: *Protokol měření geometrické přesnosti pro vodorovné konzolové frézky s nastavitelnou výškou stolu* [27]
- Příloha č. 11: *Protokol měření geometrické přesnosti pro soustružnická centra – oběžný průměr $D \leq 250$* [28]
- Příloha č. 12: *Protokol měření geometrické přesnosti pro soustružnická centra – oběžný průměr $250 < D \leq 500$* [28]
- Příloha č. 13: *Protokol měření geometrické přesnosti pro soustružnická centra – oběžný průměr $500 < D \leq 1000$* [28]
- Příloha č. 14: *Protokol měření geometrické přesnosti pro frézovací centra se svislou osou rotace – 3osá* [29]
- Příloha č. 15: *Protokol měření geometrické přesnosti pro frézovací centra se svislou osou rotace – 5osá – výklopný a otočný stůl* [29]
- Příloha č. 16: *Protokol měření geometrické přesnosti pro polohovací zařízení – otočný stůl - 4. osa*
- Příloha č. 17: *Předpis pro měření kruhové interpolace*


PŘÍLOHA č. 1

Vnitropodniková směrnice – Diagnostika přesnosti obráběcích strojů

	Platnost od	Název dokumentu	Číslo směrnice	Číslo změny	Strana
		Diagnostika přesnosti obráběcích strojů	SŘJ - 10000	0	1/10


Diagnostika přesnosti obráběcích strojů

GE Aviation Czech, s. r. o.

	Platnost od	Název dokumentu	Číslo směrnice	Číslo změny	Strana
		Diagnostika přesnosti obráběcích strojů	SŘJ - 10000	0	2/10

Obsah

1	Účel	3
2	Působnost	3
3	Organizace.....	3
4	Definice pojmů.....	3
5	Základní předpisy kontroly obráběcích strojů.....	4
5.1	Výchozí předpisy pro jednotlivé typy strojů	4
5.2	Odkazy na související dokumenty	5
6	Povinnosti.....	5
6.1	Matice odpovědnosti.....	5
6.2	Údržba a opravy strojů	6
7	Kontrola strojů.....	6
7.1	Perioda kontroly geometrické přesnosti strojů	6
7.1.1	Protokoly	7
7.2	Perioda kontroly kruhové interpolace.....	7
7.3	Kontrola přesnosti opakovatelnosti nastavení polohy	7
7.4	Použitá měřidla	8
8	Vedení dokumentů	8
8.1	Protokoly z měření stroje.....	8
8.1.1	Papírová podoba dokumentů.....	8
8.1.2	Elektronická podoba dokumentů.....	8
8.1.3	Poskytnutí dokumentace	8
8.2	Protokoly pro měření geometrické přesnosti.....	9
9	Péče o směrnici.....	9
10	Rozdělovník, úpravy, revize směrnice	9
10.1	Rozdělovník	9
10.2	Úpravy, revize směrnice	9
11	Závěr.....	10

	Platnost od	Název dokumentu	Číslo směrnice	Číslo změny	Strana
		Diagnostika přesnosti obráběcích strojů	SŘJ - 10000	0	3/10

1 Účel

Směrnice stanovuje základní principy a činnosti v oblasti diagnostiky obráběcích strojů ve firmě GE Aviation Czech s.r.o. (dále jen Společnost). Upravuje a definuje způsob provádění kontrol přesnosti jednotlivých typů obráběcích strojů ve společnosti.

2 Působnost

Tato směrnice je platná ve Společnosti.

3 Organizace

Za kontrolu přesnosti obráběcích strojů ve Společnosti odpovídá oddělení údržby strojů. Vlastním výkonem této služby je ve Společnosti pověřena servisní organizace, a to firma Atalian CZ s.r.o.

Servisní organizace Atalian CZ s.r.o. si může najmout další specializované firmy za účelem servisu strojů (subdodavatele), které musí být schváleny Společností.

4 Definice pojmů

Geometrická přesnost

Definuje odchylky tvaru a polohy oproti skutečnému stavu.

Měření

Činnosti, jejichž cílem je stanovení hodnoty určité měřené veličiny.

Měřidlo

Zařízení, kterým je prováděno měření a které stanovuje hodnotu měřené veličiny, a vykazuje potřebné metrologické vlastnosti.

Obráběcí stroj

Zařízení, které je zkonstruováno tak, aby sloužilo k třískovému obrábění.

Uživatel obráběcího stroje

Zaměstnanec, který vykonává práci na obráběcím stroji.

Klasický obráběcí stroj

Zařízení s ručním ovládním sloužící k obrábění.

NC obráběcí stroj


Číslicově řízený obráběcí stroj, jehož pohyby jsou prováděny podle určitého vytvořeného programu, který zpracovává řídicí systém.

Odměrovací systém

Dává skutečnou informaci o poloze pohyblivé části stroje vůči pevné části obráběcího stroje.

Kruhová interpolace

Pohyb po kruhové trajektorii, který je složen ze dvou společných pohybů v lineárních osách.

	Platnost od	Název dokumentu	Číslo směrnice	Číslo změny	Strana
		Diagnostika přesnosti obráběcích strojů	SŘJ - 10000	0	4/10

Pracovní zkouška

Výroba předem definovaného zkušebního obrobku, jenž má jasně specifikované geometrické parametry, které musí splňovat.

Protokol měření geometrické přesnosti


Písemně zpracovaná podoba formuláře, který je určený pro měření geometrické přesnosti obráběcích strojů. Obsahuje jednotlivé pozice měření, obrazový doprovod k těmto pozicím a poznámky důležité z hlediska dalšího hodnocení.

5 Základní předpisy kontroly obráběcích strojů

- ČSN ISO 230 – 1: Zásady zkoušek obráběcích strojů – Část 1: Geometrická přesnost strojů pracujících bez zatížení nebo za kvazistatických podmínek.
- ČSN ISO 230 – 2: Zásady zkoušek obráběcích strojů - Část 2: Stanovení přesnosti opakovatelnosti nastavení polohy v číslicově řízených osách.
- ČSN ISO 230 – 4: Zásady zkoušek obráběcích strojů - Část 4: Zkoušky kruhové interpolace u číslicově řízených obráběcích strojů.

5.1 Výchozí předpisy pro jednotlivé typy strojů

- ČSN ISO 13041-1: Podmínky zkoušek pro číslicově řízené soustruhy a soustružnická centra – Část 1: Zkoušky geometrické přesnosti strojů s vodorovnou osou obrobkového vřetena
- ČSN ISO 2407: Podmínky zkoušek pro brusky na vnitřní broušení s vodorovnou osou vřetena – Zkoušky přesnosti
- ČSN ISO 2772 – 1: Přejímací podmínky svislých vrtaček stojanových. Zkoušky přesnosti. Část 1: Zkoušky geometrické přesnosti
- ČSN ISO 2773 – 1: Přejímací podmínky svislých vrtaček sloupových. Zkoušky přesnosti. Část 1: Zkoušky geometrické přesnosti
- ČSN ISO 2423: Přejímací podmínky pro otočené vrtačky s výškově stavitelným ramenem. Zkoušky přesnosti
- ČSN ISO 1984 – 1: Podmínky zkoušek ručně ovládaných frézek se stálou výškou stolu – Zkoušky přesnosti – Část 1: Stroje s vodorovnou osou vřetena
- ČSN ISO 1984 – 2: Podmínky zkoušek ručně ovládaných frézek se stálou výškou stolu – Zkoušky přesnosti – Část 2: Stroje se svislou osou vřetena
- ČSN ISO 2433: Obráběcí stroje – Podmínky zkoušek hrotových brusek a hrotových univerzálních brusek s pohyblivým stolem – Zkoušky přesnosti
- ČSN ISO 1986 – 1: Podmínky zkoušek pro rovinné brusky s vodorovnou osou brousícího vřetene a s vratným pohybem stolu – Zkoušky přesnosti – Část 1: Stroje s délkou stolu do 1600 mm
- ČSN ISO 10791 – 2: Podmínky zkoušek pro obráběcí centra – Část 2: Zkoušky geometrické přesnosti strojů se svislou osou vřetena a s hlavami se svislou primární osou otáčení (svislá osa Z)
- ČSN ISO 1708: Přejímací podmínky univerzálních hrotových soustruhů. Zkoušky přesnosti

	Platnost od	Název dokumentu	Číslo směrnice	Číslo změny	Strana
		Diagnostika přesnosti obráběcích strojů	SŘJ - 10000	0	5/10

- Protokoly výrobců jednotlivých typů strojů

5.2 Odkazy na související dokumenty


- SŘJ-5005: Metrologický pořádek
- SŘJ-5007: Řízení záznamů

6 Povinnosti

6.1 Matice odpovědnosti

Činnost	Pracovník									
	Manažer jakosti	Oddělení údržby	Hlavní metrolog	Metrolog	Vedoucí výroby	Vedoucí úseku	Vývoj	TPV	Nákup	Inženýr trvalého zlepšování
Tvorba směrnice	Z		S	I	S					
Aktualizace směrnice	Z		S	I	S					
Návrh period měření		S	Z	S	S			I		
Hlídní jednotlivých period měření		Z								
Výběr nového stroje (z hlediska přesnosti)			I		S		S	S	S	Z
Přejímka nového stroje (z hlediska přesnosti)		S	S		I			S		Z
Pravidelné měření strojů		Z		S	S			I		
Změření stroje po havárii		Z		S	S			I		
Tvorba a aktualizace protokolů pro měření		S	Z	S				S		
Schvalování protokolů měření			Z		S					
Uchovávání protokolů pro měření		S	Z			I		I		
Vedení evidence výsledků o měření		S	Z		I	I		I		
Dozor nad dodržováním směrnice	Z	S	S							

Vysvětlivky: Z – zodpovídá; S – spolupracuje; I – je informován

	Platnost od	Název dokumentu	Číslo směrnice	Číslo změny	Strana
		Diagnostika přesnosti obráběcích strojů	SŘJ - 10000	0	6/10

6.2 Údržba a opravy strojů


Běžnou údržbu stroje (výměna provozních kapalin, tuků, základní seřízení stroje, atd.) provádí oddělení údržby strojů. Opravy stroje jsou prováděny po konzultaci s vedoucím úseku externí servisní organizací, zajišťující údržbu strojů.

7 Kontrola strojů

7.1 Perioda kontroly geometrické přesnosti strojů

Typ stroje	Perioda měření	Předpis
Soustruh univerzální hrotový	1 rok	PG-S-2018-01 v1
CNC soustružnické centrum – oběžný průměr: $D \leq 250$	1 rok	PG-SC-2018-01 v1
CNC soustružnické centrum – oběžný průměr: $250 < D \leq 500$	1 rok	PG-SC-2018-02 v1
CNC soustružnické centrum – oběžný průměr: $500 < D \leq 1000$	1 rok	PG-SC-2018-03 v1
CNC frézovací centrum 5osé s výklopným a otočným stolem	1 rok	PG-FC-2018-01 v1
CNC frézovací centrum 3osé s polohovacím zařízením	1 rok	PG-FC-2018-02 v1 + PG-PZ-2018-01 v1
CNC frézovací centrum 3osé	1 rok	PG-FC-2018-02 v1
Frézka konzolová vodorovná s nastavitelnou výškou stolu	3 roky	PG-F-2018-01 v1
Frézka konzolová svislá s nastavitelnou výškou stolu	3 roky	PG-F-2018-02 v1
CNC bruska rovinná	1 rok	PG-B-2018-01 v1
CNC bruska hrotová	1 rok	PG-B-2018-02 v1
Bruska rovinná	1 rok	PG-B-2018-01 v1
Bruska na díry vodorovná	1 rok	PG-B-2018-02 v1
Bruska hrotová	1 rok	PG-B-2018-02 v1
Vrtačka radiální	3 roky	PG-V-2018-01 v1
Vrtačka stojanová	3 roky	PG-V-2018-02 v1
Vrtačka sloupová	3 roky	PG-V-2018-03 v1

Stanovení přesnosti obráběcího stroje probíhá v dané periodě, nebo mimo stanovenou periodu v případě mimořádných událostí. Mimořádnou událostí je myšlena kolize stroje, a jeho následné opravy, přestěhování stroje, podezření na nepřesnost stroje, atd. V takových případech nemusí proběhnout kompletní kontrola geometrické přesnosti, ale může být provedena jen částečná kontrola se zaměřením na část stroje, která byla ovlivněna kolizí.

	Platnost od	Název dokumentu	Číslo směrnice	Číslo změny	Strana
		Diagnostika přesnosti obráběcích strojů	SŘJ - 10000	0	7/10

7.1.1 Protokoly

Jsou definované protokoly pro měření geometrické přesnosti jednotlivých typů obráběcích strojů. V případě, že kontrolu bude provádět zaměstnanec údržby je povinen podle těchto protokolů postupovat. Pokud takovou kontrolu bude provádět specializovaná externí firma, je vyžadováno, aby měření provedla podle vzorových protokolů pro měření geometrické přesnosti.

Výsledkem každé periodické kontroly, přejímky nového stroje nebo mimořádné kontroly bude protokol o měření, jehož formát je definován v protokolech pro jednotlivé typy strojů.

Protokol z měření geometrické přesnosti musí obsahovat:

- úvodní stranu
- číslo pozice měření
- název pozice měření
- obrazový doprovod měření
- informaci o použitých měřidlech
- důležité poznámky z hlediska vyhodnocení
- povolené tolerance
- naměřené hodnoty

7.2 Perioda kontroly kruhové interpolace

Typ stroje	Perioda měření	Předpis
CNC soustružnické centrum	6 měsíců	KI - 2018 v1
CNC frézovací centrum 5osé	3 měsíce	
CNC frézovací centrum 3osé	3 měsíce	


Stanovení přesnosti obráběcího stroje probíhá v dané periodě, nebo mimo stanovenou periodu v případě mimořádných událostí. Mimořádnou událostí je myšlena kolize stroje, a jeho následné opravy, přestěhování stroje, podezření na nepřesnost stroje, atd.

Protokol z měření kruhové interpolace musí obsahovat:

- úvodní strana
- datum, kdy bylo měření provedeno
- název stroje
- identifikace stroje z hlediska čísla (inventární/výrobní číslo)
- použité měřicí zařízení, výrobní číslo
- parametry zkoušky
- výsledek měření včetně grafického znázornění
- kdo měření provedl

7.3 Kontrola přesnosti opakovatelnosti nastavení polohy

Tato kontrola bude prováděna v rámci přejímky nových strojů.

	Platnost od	Název dokumentu	Číslo směrnice	Číslo změny	Strana
		Diagnostika přesnosti obráběcích strojů	SŘJ - 10000	0	8/10

V následné době užívání strojů, které Společnost vlastní, bude provedena tato kontrola v případě, že z výsledků kontroly kruhové interpolace bude zřejmé, že odměřovací systém stroje není v pořádku.

7.4 Použitá měřidla

Všechna měřidla, která jsou používána k ověřování přesnosti obráběcích strojů, musí mít platnou kalibraci. Z tohoto důvodu musí být subjekty provádějící měření schopné zpětně deklarovat, že použité měřidlo bylo kalibrováno a navázané na etalon.

8 Vedení dokumentů

8.1 Protokoly z měření stroje

Jednotlivé protokoly z provedených měření, budou uchovávány v papírové i v elektronické podobě.

Originálem se rozumí tištěná podoba protokolu.

Kopii se rozumí elektronická podoba.

8.1.1 Papírová podoba dokumentů

Originály výsledků měření v papírové podobě budou uchovávány ve Společnosti u Hlavního metrologa.

8.1.2 Elektronická podoba dokumentů

Protokoly z provedených měření, které budou vedeny v elektronické podobě, budou uloženy na síťovém disku Společnosti.

Dokumenty budou uloženy ve formátu PDF.

Kopie dokumentů budou opatřeny vodoznakem KOPIE

Složka, ve které budou jednotlivé protokoly uloženy: **S:\FACILITIES\UDRZBA\Stroje\Protokoly mereni**


Dokumenty budou vedeny ve složkách podle jednotlivých typů strojů. Ty budou dále obsahovat složky podle inventárního čísla stroje, ve kterých budou výsledky rozděleny do složek dle jednotlivých let.

Název jednotlivých souborů bude veden ve formátu: rok-pořadové č. v roce-stroj-inv. číslo.

8.1.3 Poskytnutí dokumentace

V případě provedení kontroly, a vystavení protokolu o měření obdrží kopie výsledků v elektronické podobě:

- a) Vedoucí výroby
- b) Vedoucí úseku
- c) Oddělení údržby

	Platnost od	Název dokumentu	Číslo směrnice	Číslo změny	Strana
		Diagnostika přesnosti obráběcích strojů	SŘJ - 10000	0	9/10

d) TPV

8.2 Protokoly pro měření geometrické přesnosti

Vzorové protokoly pro měření jsou uchovávány v elektronické podobě na síťovém disku Společnosti.

<S:\FACILITIES\UDRZBA\Stroje\Postupy\>

9 Péče o směrnici

Originál této směrnice je uložen u Manažera jakosti.

Kopie této směrnice je uložena na síťovém disku Společnosti.

S:\RUL®\org_normy_GEAC

Aktualizaci a revizi směrnice provádí její zpracovatel.

Aktualizací, nebo revizí směrnice je potřeba upravit její Záhloví.

Dokument je revidován minimálně jednou za dva roky, pokud není upřesněno jinak.

10 Rozdělovník, úpravy, revize směrnice

10.1 Rozdělovník

Kopie směrnice existuje pouze v elektronické podobě a jsou umístěny na síťovém disku (viz. článek 9)


Přístup ke směrnice mají oddělení:

- a) Hlavní metrolog
- b) Metrolog
- c) Vedoucí výroby
- d) Vedoucí úseku
- e) TPV
- d) Oddělení údržby

Přístup zajišťuje IT oddělení firmy na základě požadavku Manažera jakosti

10.2 Úpravy, revize směrnice

Strana	Popis změny	Zpracoval	Schválil	Datum

	Platnost od	Název dokumentu	Číslo směrnice	Číslo změny	Strana
		Diagnostika přesnosti obráběcích strojů	SŘJ - 10000	0	10/10

11 Závěr

Tato směrnice je duševním vlastnictvím firmy GE Aviation Czech s.r.o.

Směrnice nesmí být kopírována a rozšiřována bez souhlasu jejího zpracovatele.

Jedná se o řízený dokument. V rámci firmy nesmí vznikat kopie, které nejsou označené číslem. V případě, že vznikne tištěná verze dokumentu, musí být označena jako Neřízený dokument.

PŘÍLOHA č. 2

Protokol měření geometrické přesnosti pro radiální vrtačky

**Protokol pro měření geometrické
přesnosti stroje
Radiální (otočné) vrtačky**



Název stroje:

Inventární/výrobní číslo:

Datum kontroly:

Číslo protokolu:

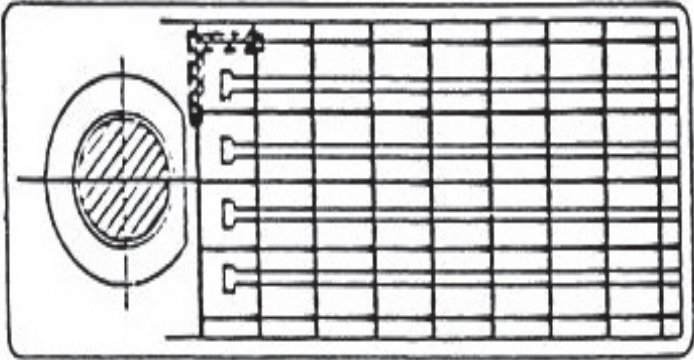
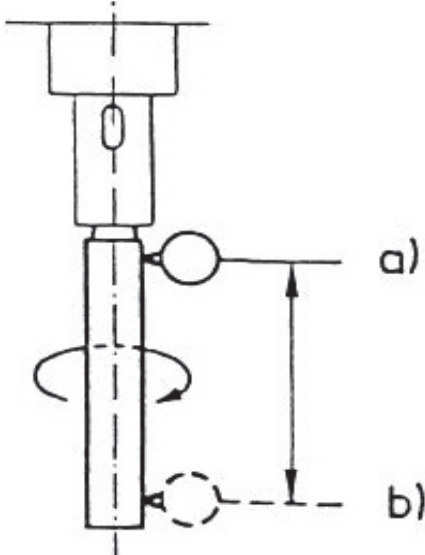
Měření provedeno:

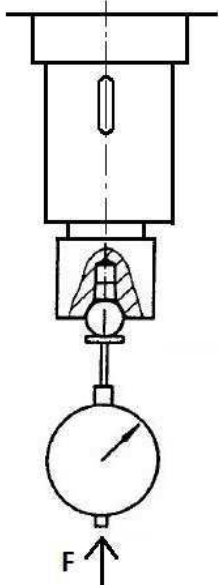
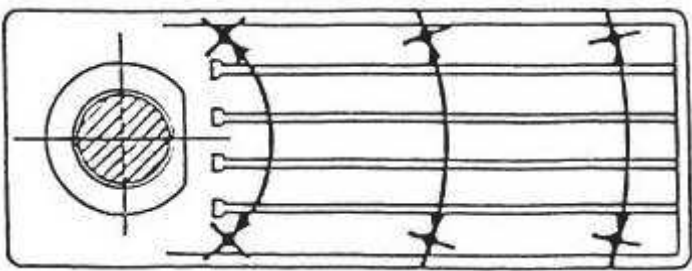
Jméno technika:

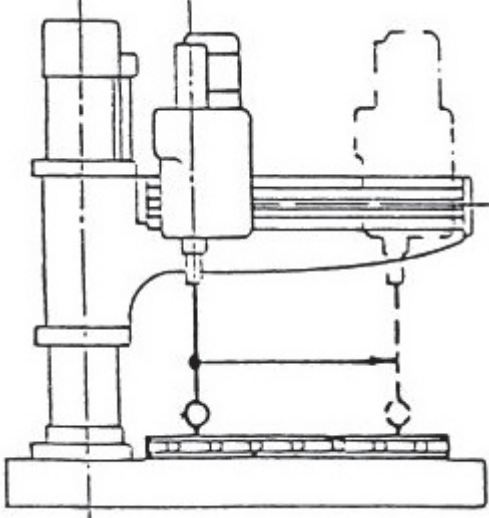
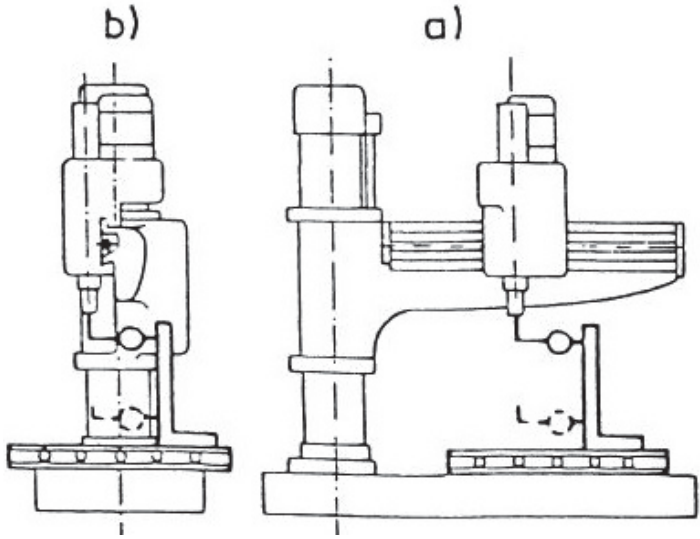
Zjištěné závady:

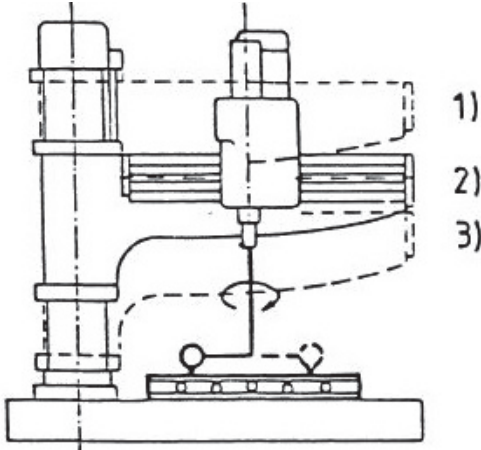
.....
Podpis

Reference: ČSN ISO 230-1, ČSN ISO 2423

1	Rovinnost upínací desky			
 <p>Upínací plocha smí být jen rovná nebo vydutá</p> <p>Použitá měřidla: Vodováha, nebo pravítko a koncové měrky</p>		Dovolené úchytky [mm]	0,1/1000	
		Naměřené úchytky [mm]		
2	Obvodové házení kuželové dutiny			
 <p>Délka měřícího trnu 300 mm Rameno a vřeteník zpevněny</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřící trn dle tvaru kuželové stopky</p>		Dovolené úchytky [mm]	U vřetená (a)	0,025
			Na konci trnu (b)	0,05
		Naměřené úchytky [mm]	U vřetená (a)	
			Na konci trnu (b)	

3	Osový pohyb		
 <p>Síla F specifikována výrobcem</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřící trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,01
4		Rovnoběžnost radiálního pohybu ramena se základovou deskou	
 <p>Rameno rovnoběžné s podélnou osou základové desky</p> <p>Měřit ve třech polohách vřeteníku rovnoměrně rozmístěných na délce ramena</p> <p>Číselníkový úchylkoměr připevněn na rameno</p> <p>Vřeteník zpevněn na ramenu ve všech polohách</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,05/300
		Naměřené úchylky [mm]	

5	Rovnoběžnost pohybu vřeteníku s upínací plochou			
 <p>Rameno rovnoběžné s podélnou osou základové desky Rameno zpevněno</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, pravítko</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,3/1000	
		Naměřené úchylky [mm]		
6	Kolmost svislého pohybu objímky vřetena k upínací ploše			
 <p>Rameno a vřeteník jsou zpevněny</p> <p>V případě velkých vůlí v převodech, změřit jako rovnoběžnost na trn</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, pravítko, přesný úhelník nebo měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	Podélné (b)	0,1/300
			Příčné (a)	0,05/300
		Naměřené úchylky [mm]	Podélné (b)	
			Příčné (a)	

7	Kolmost osy vřetena k upínací desce		
		Dovolené úchylky [mm]	0,2/1000
<p>Měřit postupně v horní poloze (1), střední poloze (2) a dolní poloze (3) Rameno a vřeteník jsou zpevněny</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, pravítko</p>		Naměřené úchylky [mm]	

PŘÍLOHA č. 3

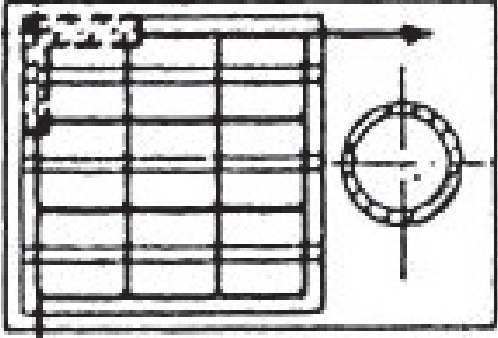
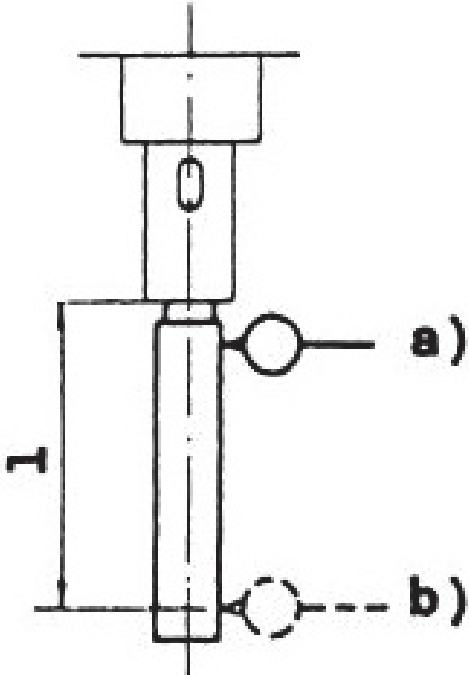
Protokol měření geometrické přesnosti pro sloupové vrtačky

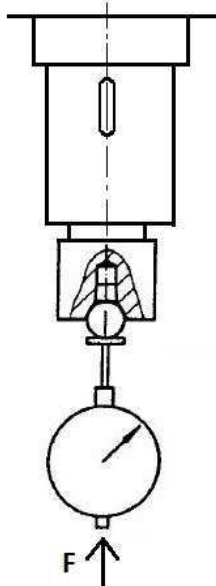
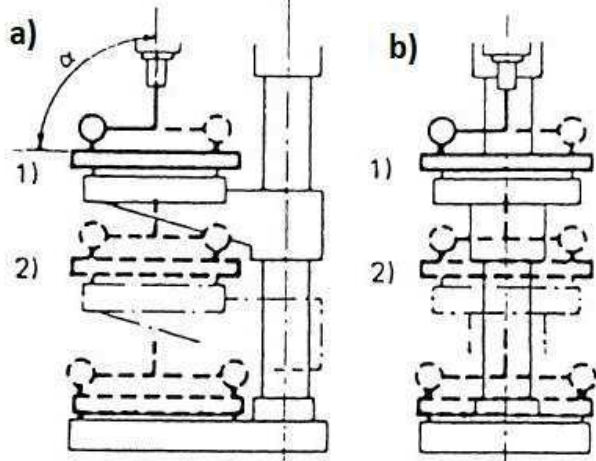
**Protokol pro měření geometrické
přesnosti stroje
Sloupové vrtačky**

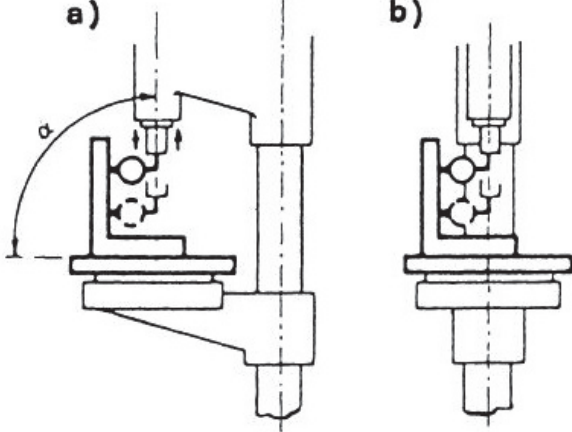
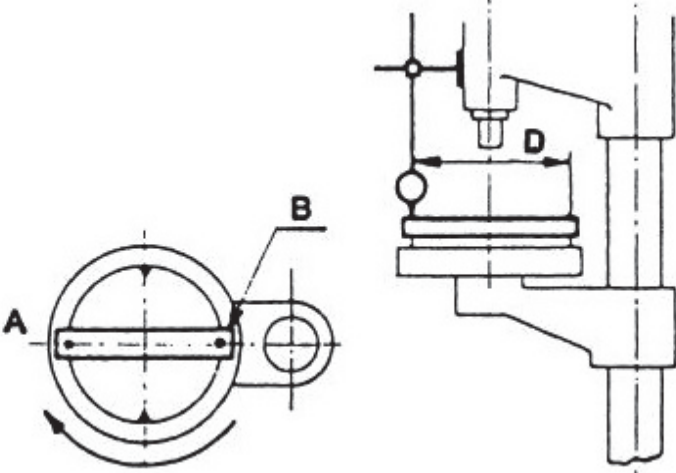


Název stroje:	
Inventární/výrobní číslo:	
Datum kontroly:	
Číslo protokolu	
Měření provedeno:	
Jméno technika:	
Zjištěné závady:	
..... Podpis	

Reference: ČSN ISO 230-1, ČSN ISO 2773-1

1	Rovinnost upínací desky a základové desky			
 <p>Upínací plochy smí být rovná nebo vydutá</p> <p>Použitá měřidla: Vodováha, nebo průměrné pravítko a koncové měrky</p>		Dovolené úchytky [mm]	0,03/300	
		Naměřené úchytky [mm]		
2	Obvodové házení kuželové dutiny			
		Dovolené úchytky [mm]	l = 100	
			a)	0,015
			b)	0,02
			l = 200	
			a)	0,02
			b)	0,035
			l = 300	
			a)	0,025
		b)	0,05	
<p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřící trn</p>		Naměřené úchytky [mm]		

3	Osový pohyb vřetena			
 <p>Síla F specifikována výrobcem</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřící trn</p>		Dovolené úchylky [mm]		
		Naměřené úchylky [mm]		
4	Kolmost osy vřetena k upínací ploše stolu			
 <p>$\alpha \leq 90^\circ$</p> <p>Přímost měřit ve více polohách mezi krajními polohami</p> <p>Kolmost měřit v horní poloze (1) a potom dolní poloze (2)</p> <p>Stůl a konzola zpevněny</p> <p>Vřeteník zpevněn ve střední poloze (pokud lze výškově přestavit)</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, pravítko</p>		Podélné (b)	0,06/300	
		Příčné (a)	0,06/300	
		Podélné (b)		
		Příčné (a)		

5	Kolmost svislého pohybu objímky vřetena k upínací ploše stolu			
 <p>$\alpha \leq 90^\circ$ Stůl a konzola jsou zpevněny ve střední poloze Vřeteník zpevněn ve střední poloze (pokud lze výškově přestavit)</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, pravítko, přesný úhelník</p>		Dovolené úchylky [mm]	Podélné (b)	0,01/300
			Příčné (a)	0,01/300
		Naměřené úchylky [mm]	Podélné (b)	
			Příčné (a)	
6	Čelní házení upínací plochy (u otočných stolů)			
 <p>D = průměr stolu</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, pravítko</p>		Dovolené úchylky [mm]	Pro D = 300 0,05/300 Max: 0,075	
		Naměřené úchylky [mm]		

PŘÍLOHA č. 4

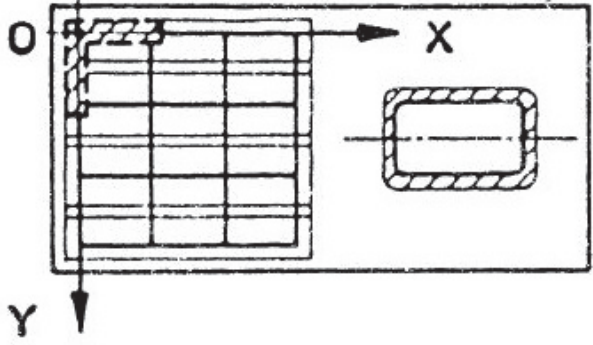
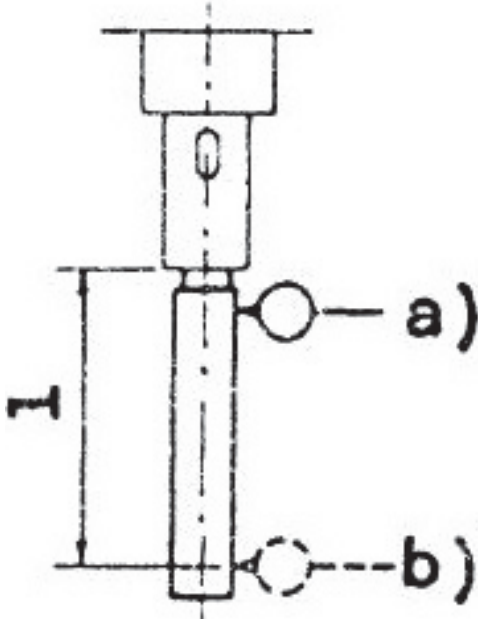
Protokol měření geometrické přesnosti pro stojanové vrtačky

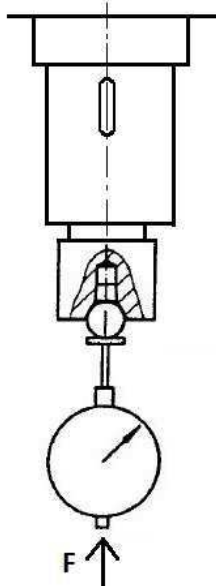
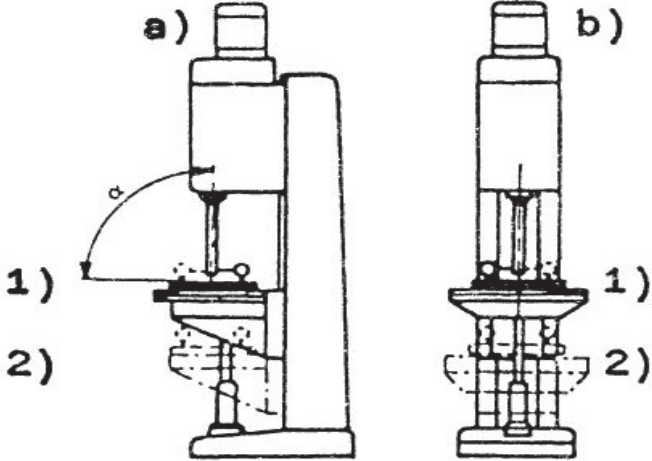
**Protokol pro měření geometrické
přesnosti stroje
Stojanové vrtačky**

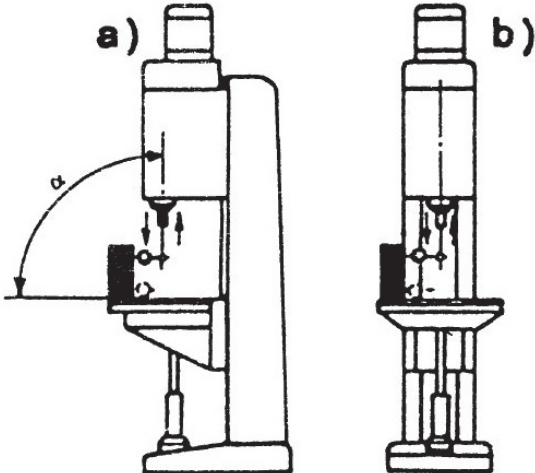


Název stroje:	
Inventární/výrobní číslo:	
Datum kontroly:	
Číslo protokolu	
Měření provedeno:	
Jméno technika:	
Zjištěné závady:	
..... Podpis	

Reference: ČSN ISO 230-1, ČSN ISO 2772-1

1	Rovinnost upínací desky			
 <p data-bbox="204 674 679 707">Plocha může být rovná nebo vydutá</p> <p data-bbox="204 763 863 842">Použitá měřidla: Vodováha, nebo průměrné pravítko a koncové měrky</p>		Dovolené úchytky [mm]	0,03/300	
2		Obvodové házení kuželové dutiny		
 <p data-bbox="204 1939 831 2018">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřící trn</p>		Dovolené úchytky [mm]	l = 100	
			a)	0,015
			b)	0,02
			l = 200	
			a)	0,02
			b)	0,035
			l = 300	
			a)	0,025
		b)	0,05	
		Naměřené úchytky [mm]	a)	
			b)	

3	Osový pohyb vřetena			
 <p>Síla F specifikována výrobcem</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřící trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,01	
		Naměřené úchylky [mm]		
4	Kolmost osy vřetena k upínacímu stolu			
 <p>$\alpha \leq 90^\circ$</p> <p>Přímot měřit ve více polohách mezi krajními polohami Kolmost měřit v horní poloze (1) a potom dolní poloze (2) Vřeteník, stůl, příčné saně a konzola jsou zpevněny</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, pravítko</p>		Dovolené úchylky [mm]	Podélné (b)	0,05/300
			Příčné (a)	0,05/300
		Naměřené úchylky [mm]	Podélné (b)	
			Příčné (a)	

5	Kolmost svislého pohybu objímky vřetená k upínací ploše stolu			
<div style="text-align: center;">  </div> <p>$\alpha \leq 90^\circ$</p> <p>Vřeteník, příčné saně a konzola jsou zpevněny Stůl zpevněn ve střední poloze</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, přesný úhelník</p>		Dovolené úchytky [mm]	Podélné (b)	0,01/300
				Příčné (a)
		Naměřené úchytky [mm]		

PŘÍLOHA č. 5

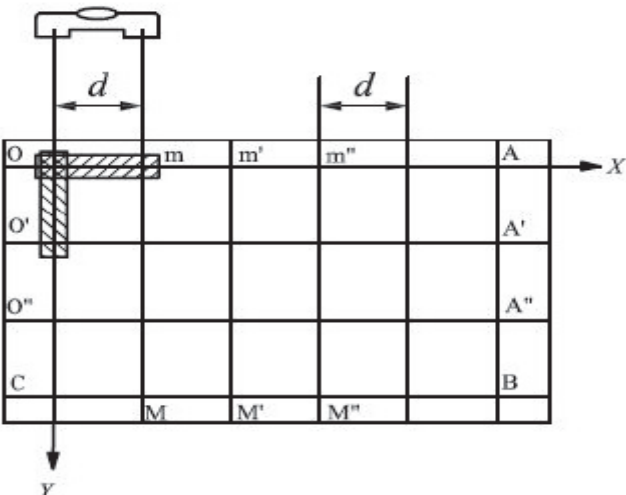
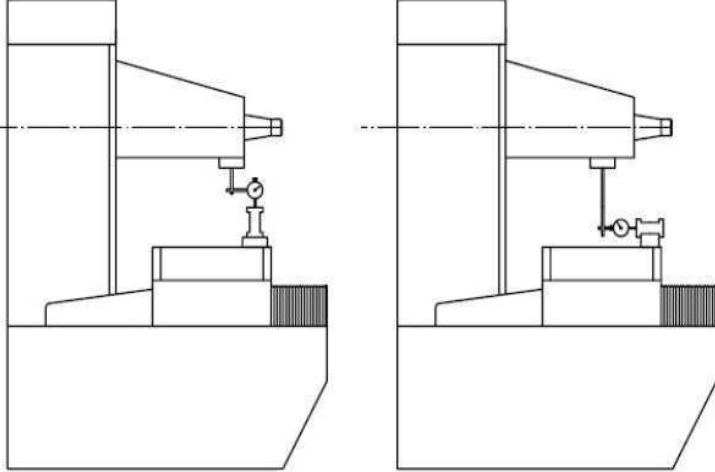
Protokol měření geometrické přesnosti pro rovinné brusky

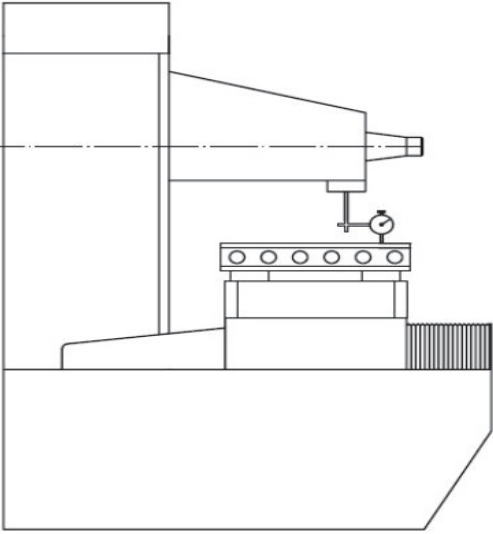
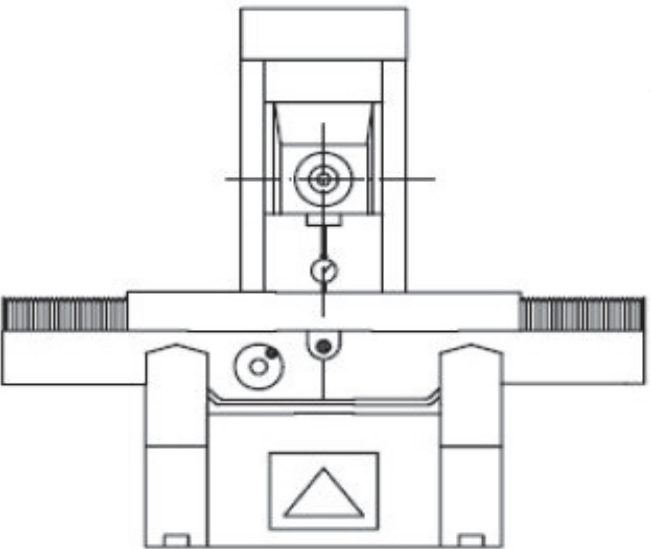
**Protokol pro měření geometrické
přesnosti stroje**
Rovinné brusky – obvodové

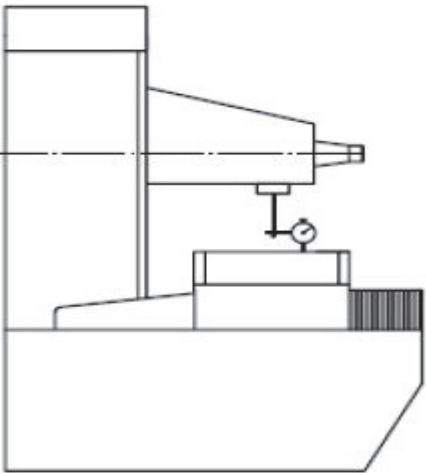
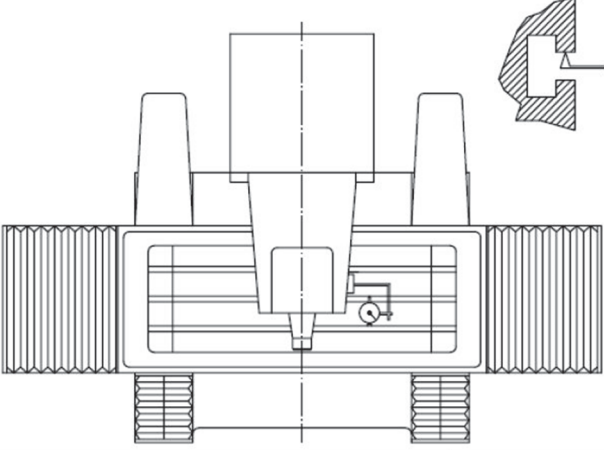


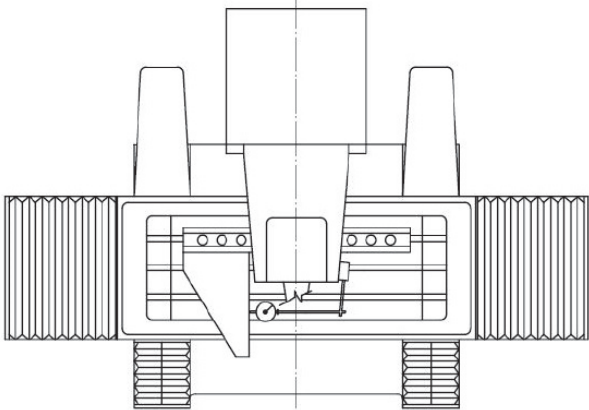
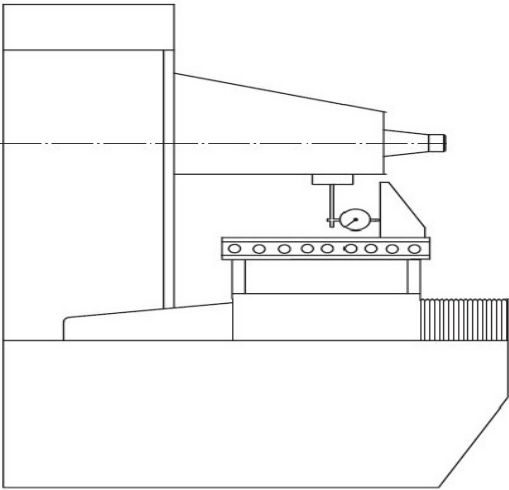
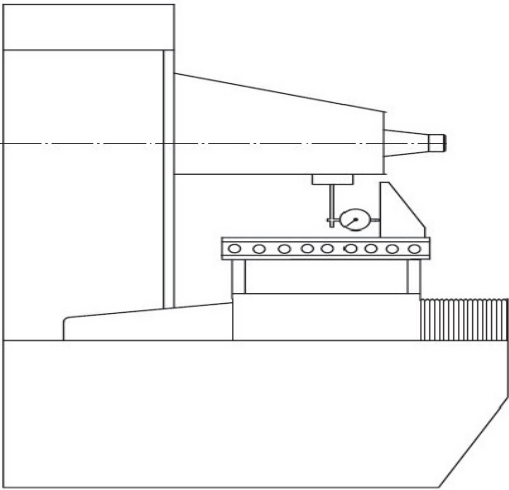
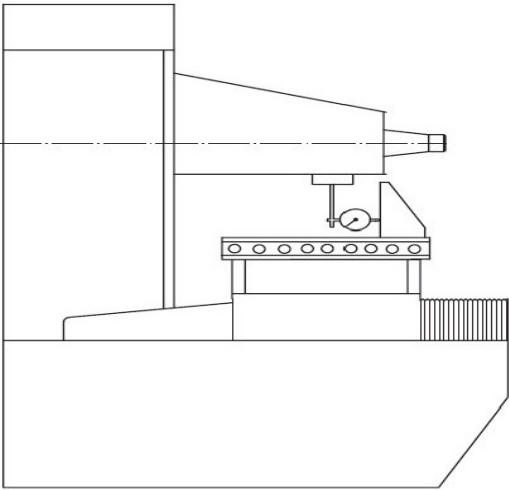
Název stroje:	
Inventární/výrobní číslo:	
Datum kontroly:	
Číslo protokolu:	
Měření provedeno:	
Jméno technika:	
Zjištěné závady:	
..... Podpis	

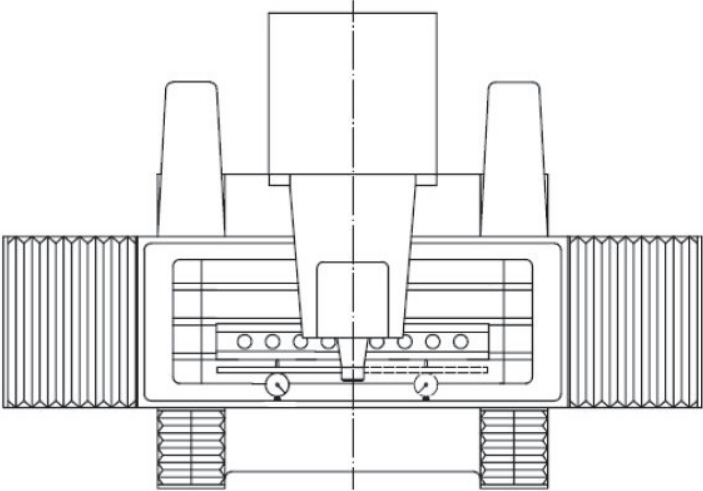
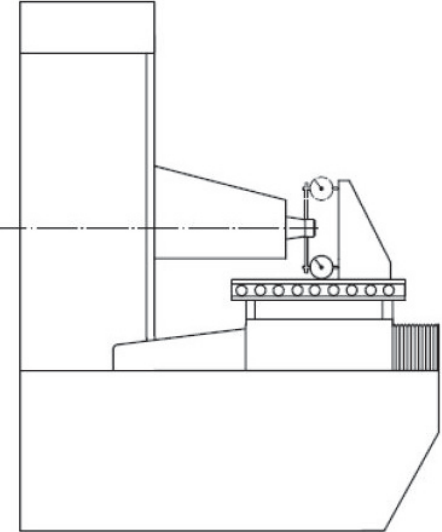
Reference: ČSN ISO 230-1, ČSN ISO 1986-1

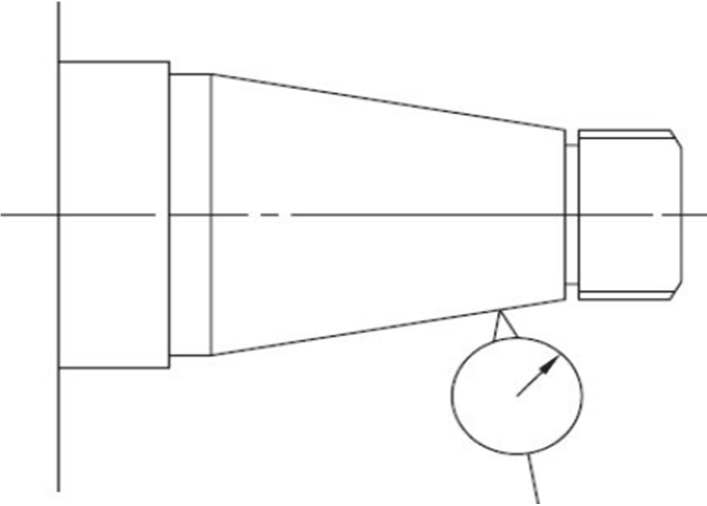
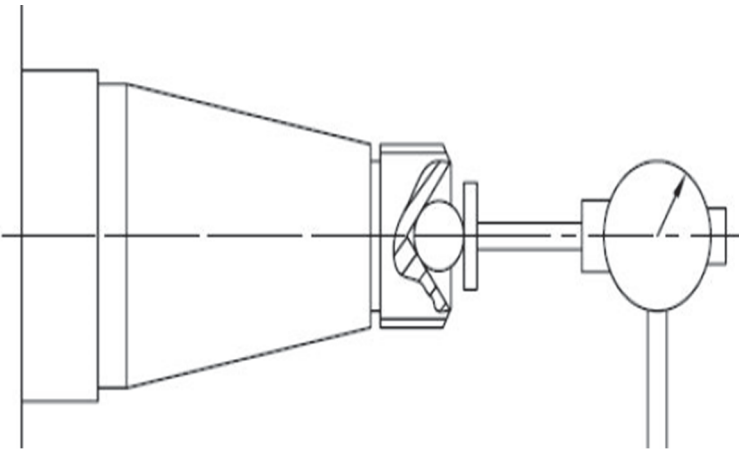
1	Rovinnost upínací plochy stolu		
 <p>Použitá měřidla: Vodováha, nebo pravítko a koncové měrky</p>		Dovolené úchytky [mm]	<p>0,01 do 1000</p> <p>0,02 přes 1000</p> <p>0,005 na jakékoliv měřené délce 300</p>
		Naměřené úchytky [mm]	
2	Přímočarost podélného pohybu stolu		
 <p>a) b)</p> <p>Držák číselníkového úchylkoměru musí být upevněn na pevnou část brousícího vřeteníku</p> <p>Použitá měřidla: Vodováha, nebo pravítko a koncové měrky</p>		Dovolené úchytky [mm]	<p>Svislá (a) + Vodorovná (b)</p> <p>0,010 do 1000 mm</p> <p>0,016 přes 1000 mm</p> <p>0,005 na jakékoliv délce 300mm</p>
		Naměřené úchytky [mm]	<p>Svislá (a)</p> <p>Vodorovná (b)</p>

3	Přímočarost podélného pohybu saní, stojanu, nebo brousícího vřeteníku		
 <p>Držák číselníkového úchylkoměru musí být upevněn na pevnou část brousícího vřeteníku</p> <p>Použitá měřidla: Vodováha, nebo pravítko a koncové měrky</p>		Dovolené úchytky [mm]	<p>0,010 do 500 mm</p> <p>0,015 přes 500 mm</p> <hr/> <p>0,005 na jakékoliv délce 300mm</p>
		Naměřené úchytky [mm]	Svislá (a)
			Vodorovná (b)
4	Rovnoběžnost upínací plochy s podélným pohybem stolu		
 <p>Držák číselníkového úchylkoměru musí být upevněn na pevnou část brousícího vřeteníku</p> <p>Dotyk číselníkového úchylkoměru by měl být přibližně ve svislé rovině procházející osou brousícího vřeteníku</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchytky [mm]	<p>0,012 · L/1000</p> <p>L – měřená délka</p>
		Naměřené úchytky [mm]	

5	Rovnoběžnost upínací plochy s příčným pohybem stolu		
 <p>Držák číselníkového úchylkoměru musí být upevněn na pevnou část brousícího vřeteníku Dotyk číselníkového úchylkoměru by měl být přibližně ve svislé rovině procházející osou brousícího vřeteníku</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	$0,002 + 0,01 \cdot L/1000$ L – měřená délka
6		Rovnoběžnost střední upínací drážky s podélným pohybem stolu	
 <p>Držák číselníkového úchylkoměru musí být upevněn na pevnou část brousícího vřeteníku</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,015 do 1000 0,02 přes 1000
		Naměřené úchylky [mm]	

7	Kolmost příčného pohybu k podélnému pohybu stolu		
 <p>Držák číselníkového úchylkoměru musí být upevněn na pevnou část brousícího vřeteníku Pravítko je rovnoběžně s podélným pohybem stolu, stůl nastavit do středu rozjedu</p> <p>Kontrola příčného pohybu saní, nebo stojanu, nebo brousícího vřeteníku</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, pravítko, přesný úhelník</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,03/300
 <p>Držák číselníkového úchylkoměru musí být upevněn na pevnou část brousícího vřeteníku Pravítko je paralelně s příčným pohybem stolu, stůl nastavit do středu rozjedu</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, pravítko, přesný úhelník, koncové měřky</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,04/300
8	Kolmost svislého pohybu brousícího vřeteníku k upínací ploše stolu		
 <p>Držák číselníkového úchylkoměru musí být upevněn na pevnou část brousícího vřeteníku Pravítko je paralelně s příčným pohybem stolu, stůl nastavit do středu rozjedu</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, pravítko, přesný úhelník, koncové měřky</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,04/300
 <p>Držák číselníkového úchylkoměru musí být upevněn na pevnou část brousícího vřeteníku Pravítko je paralelně s příčným pohybem stolu, stůl nastavit do středu rozjedu</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, pravítko, přesný úhelník, koncové měřky</p>		Naměřené úchylky [mm]	

9	Kolmost osy otáčení vřetena k podélnému pohybu stolu		
 <p>Pravítko je umístěno do středu stolu a rovnoběžně s podélným pohybem stolu, pohyblivé části nastavit do středu rozjedu</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, speciální rameno a pravítko</p>		Dovolené úchytky [mm]	0,015/300
		Naměřené úchytky [mm]	
10	Rovnoběžnost osy otáčení vřetena s upínací plochou stolu		
 <p>Pravítko je rovnoběžně s podélným pohybem stolu, stůl nastavit do středu rozjedu</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, pravítko, přesný úhelník, koncové měřky</p>		Dovolené úchytky [mm]	0,025/300
		Naměřené úchytky [mm]	

11	Obvodové házení středící části brousícího vřetena		
 <p data-bbox="204 927 820 965">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,005
		Naměřené úchylky [mm]	
12	Osový pohyb brousícího vřetena		
 <p data-bbox="204 1720 820 1758">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,005
		Naměřené úchylky [mm]	

PŘÍLOHA č. 6

Protokol měření geometrické přesnosti pro brusky na vnitřní broušení

**Protokol pro měření geometrické
přesnosti stroje
Brusky na díry**



Název stroje:

Inventární/výrobní číslo:

Datum kontroly:

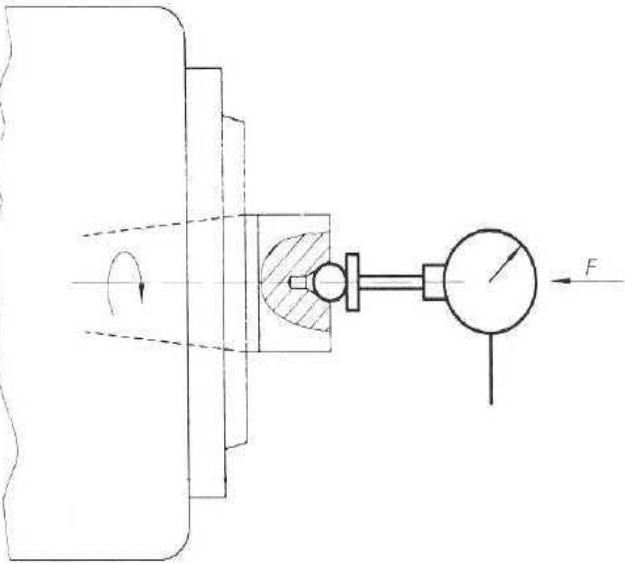
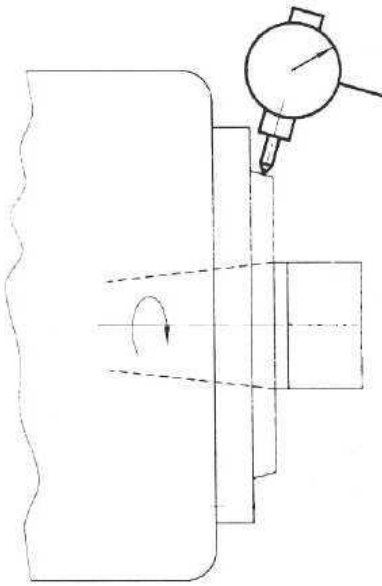
Měření provedeno:

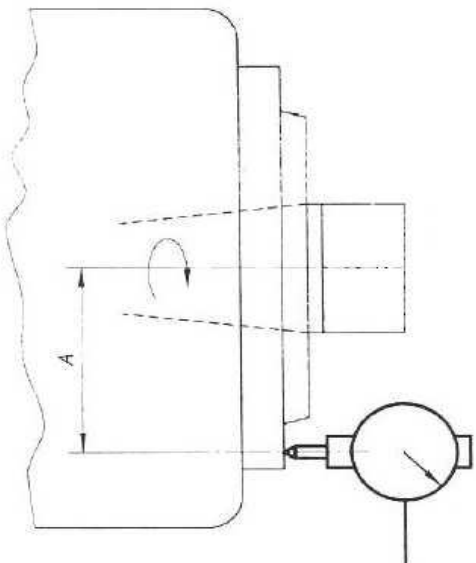
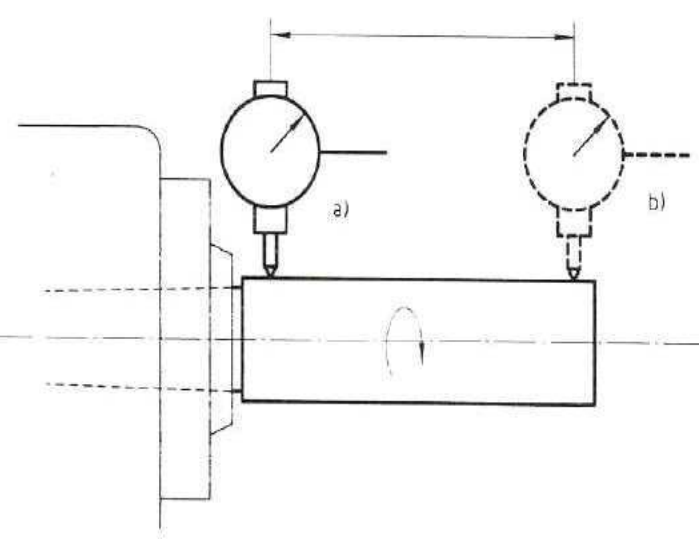
Jméno technika:

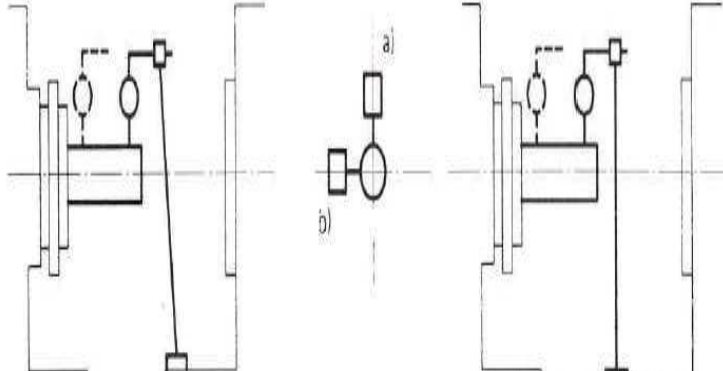
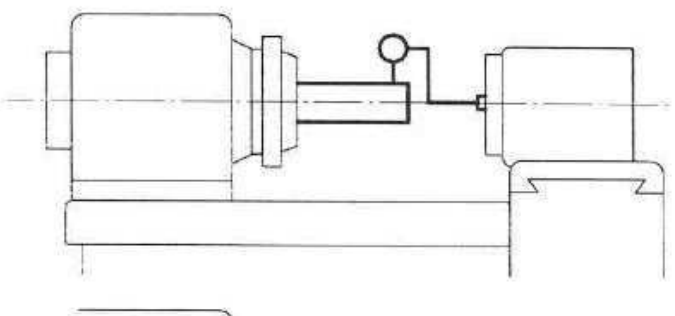
Zjištěné závady:

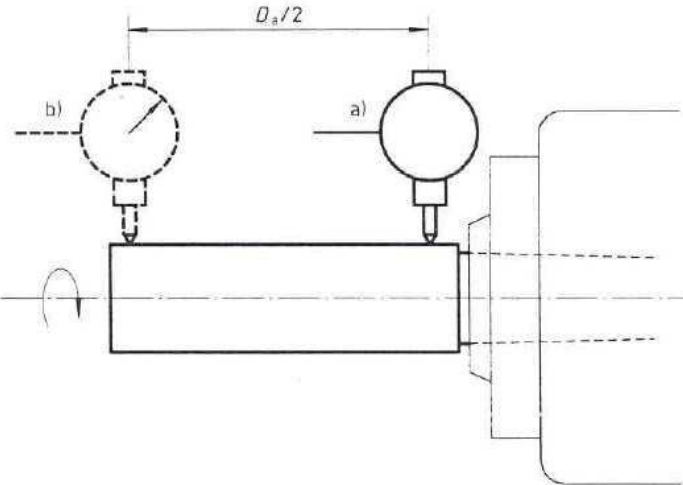
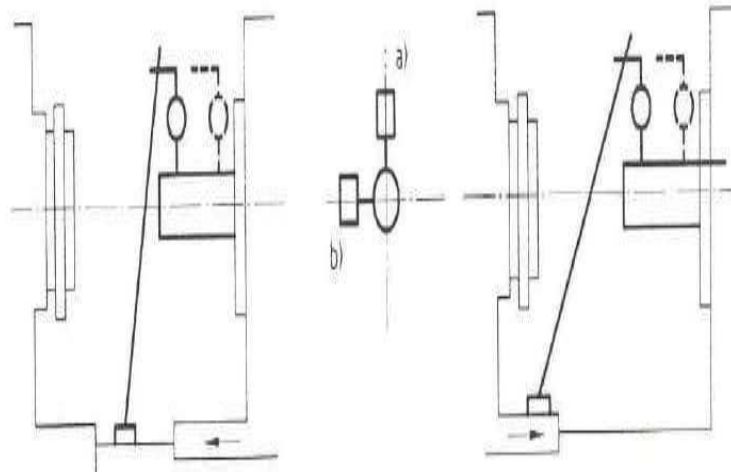
.....
Podpis

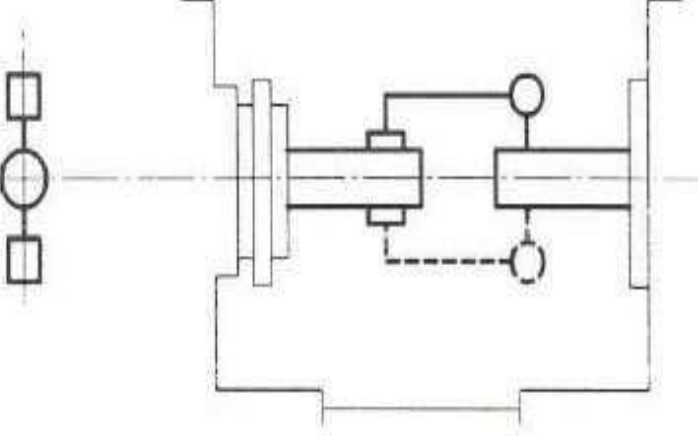
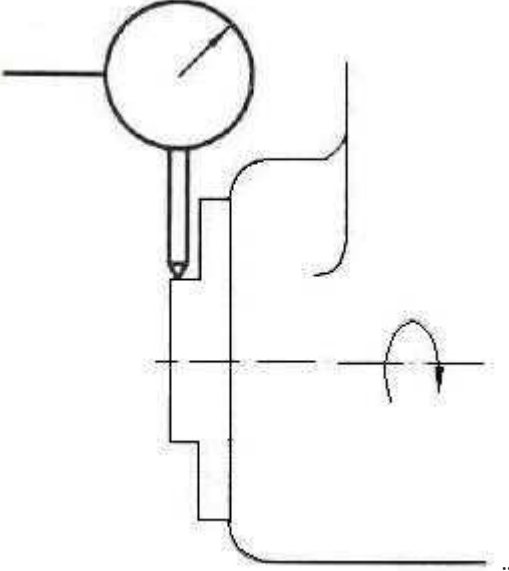
Reference: ČSN ISO 230-1, ČSN ISO 2407

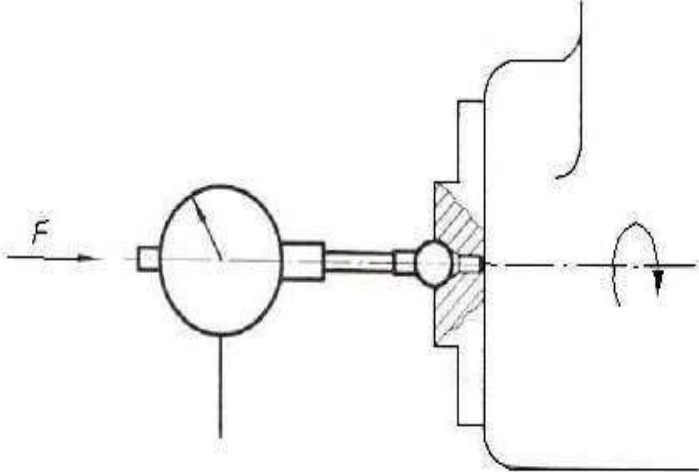
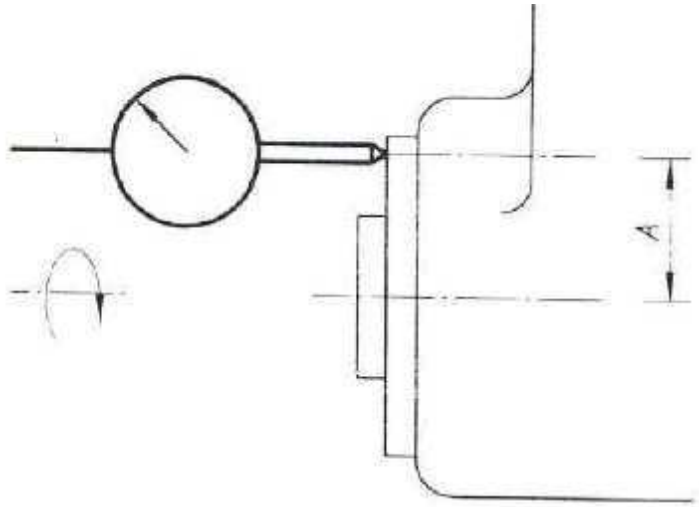
1	Osový pohyb pracovního vřetena		
 <p data-bbox="204 922 593 958">Síla F specifikována výrobcem</p> <p data-bbox="204 1003 817 1039">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,005
		Naměřené úchylky [mm]	
2	Obvodové házení vnější středící plochy pracovního vřetena		
 <p data-bbox="204 1908 817 1944">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,005
		Naměřené úchylky [mm]	

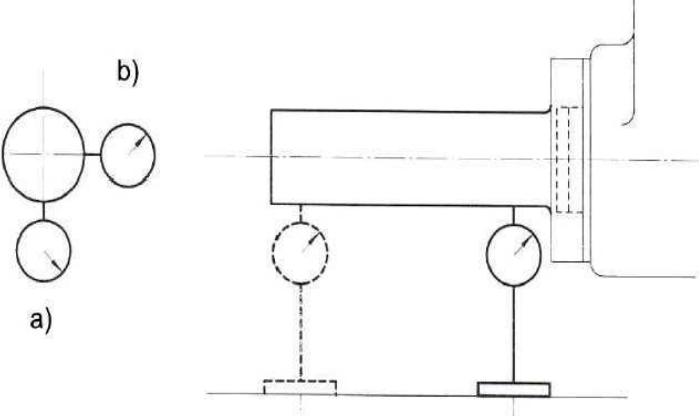
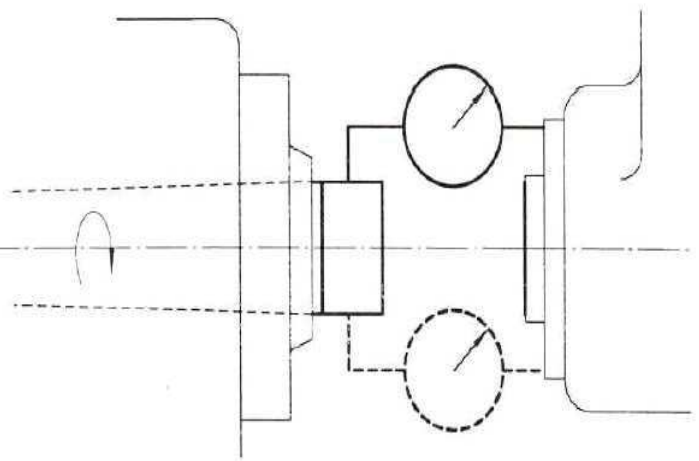
3	Čelní házení čela konce pracovního vřetena			
 <p>Vzdálenost A musí být co největší</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,01	
		Naměřené úchylky [mm]		
4	Obvodové házení kuželové dutiny v pracovním vřetenu			
 <p>Délka měřícího trnu je 300 mm</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřící trn podle typu konce vřetene</p>		Dovolené úchylky [mm]	U vřetena (a)	0,005
			Na konci trnu (b)	0,015
		Naměřené úchylky [mm]	U vřetena (a)	
			Na konci trnu (b)	

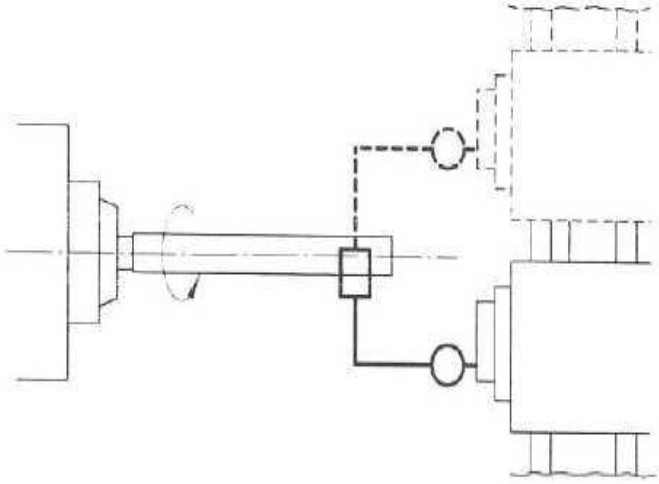
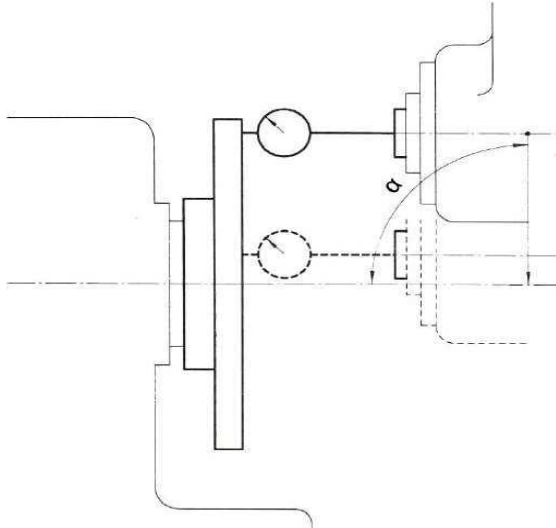
5	Rovnoběžnost osy pracovního vřetena s pohybem brousícího vřeteníku			
		Dovolené úchytky [mm]	Svislá (a)	0,025/300
<p>Měření opakovat po otočení vřetena o 180° Pro vyhodnocení brát průměrnou hodnotu v měřeném bodu</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřící trn</p>		Naměřené úchytky [mm]	Svislá (a)	
6		Rovnoběžnost otočné roviny pracovního vřeteníku		
		Dovolené úchytky [mm]	0,01	
<p>Vzdálenost I = 100 mm</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřící trn</p>		Naměřené úchytky [mm]		

7	Obvodové házení kuželové dutiny v brousícím vřetenu			
 <p>D_a = maximální průměr obrobku</p> <p>Délka měřícího trnu je od 100 mm do 200 mm</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřící trn podle typu konce vřetene</p>		Dovolené úchytky [mm]	U vřetena (a)	0,005
			Na konci trnu (b)	0,01/200
		Naměřené úchytky [mm]	U vřetena (a)	
			Na konci trnu (b)	
8	Rovnoběžnost osy brousícího vřeteníku s pohybem stolu			
 <p>Měření opakovat po otočení vřetena o 180° Pro vyhodnocení brát průměrnou hodnotu v měřeném bodu</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřící trn</p>		Dovolené úchytky [mm]	Svislá (a)	0,02/300
			Vodorovná (b)	0,01/300
		Naměřené úchytky [mm]	Svislá (a)	
			Vodorovná (b)	

9	Souosost pracovního vřetena s brousícím vřetenem		
 <p data-bbox="204 904 485 936">Měřit ve svislé rovině</p> <p data-bbox="204 981 922 1061">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, držák číselníkového úchylkoměru</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,025
10		Obvodové házení vnější středící plochy pracovního vřetena	
 <p data-bbox="204 1859 922 1939">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, držák číselníkového úchylkoměru</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,005
		Naměřené úchylky [mm]	

11	Osový pohyb brousícího vřetena pro čelní broušení		
 <p data-bbox="199 974 598 1019">Síla F specifikována výrobcem</p> <p data-bbox="199 1052 821 1097">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchytky [mm]	0,005
12		Čelní házení čela konce brousícího vřetena pro čelní broušení	
 <p data-bbox="199 1825 646 1870">Vzdálenost A musí být co největší</p> <p data-bbox="199 1904 821 1948">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchytky [mm]	0,01
		Naměřené úchytky [mm]	

13	Rovnoběžnost osy brousicího vřetena pro čelní broušení s pohybem brousicího nebo pracovního vřeteníku			
 <p>Délka měřicího trnu je 300 mm</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, speciální držák</p>		Dovolené úchylky [mm]	Svislá (a)	0,02
			Vodorovná (b)	0,01
		Naměřené úchylky [mm]	Svislá (a)	
			Vodorovná (b)	
14	Kolmost čela příruby brousicího vřeteníku pro čelní broušení s osou pracovního vřetena			
 <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, držák číselníkového úchylkoměru</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,02/300	
		Naměřené úchylky [mm]		

15	Kolmost pohybu příčných saní broušícího vřeteníku nebo příčných saní pracovního vřeteníku v ose Z		
 <p>Vzdálenost mezi dvěma body dotyku je 300 mm</p> <p>Použitá měřidla: Měřicí trn, číselníkový úchylkoměr, držák číselníkového úchylkoměru</p>		Dovolené úchytky [mm]	0,02/300
		Naměřené úchytky [mm]	
16	Kolmost otáčivého pohybu broušícího vřeteníku pro čelní broušení k ose pracovního vřetena		
 <p>$\alpha \geq 90^\circ$</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, plochá deska nebo pravítko</p>		Dovolené úchytky [mm]	0,01/300
		Naměřené úchytky [mm]	

PŘÍLOHA č. 7

Protokol měření geometrické přesnosti pro hrotové brusky

Protokol pro měření geometrické přesnosti stroje Hrotové brusky



Název stroje:

Inventární číslo:

Datum kontroly:

Číslo protokolu:

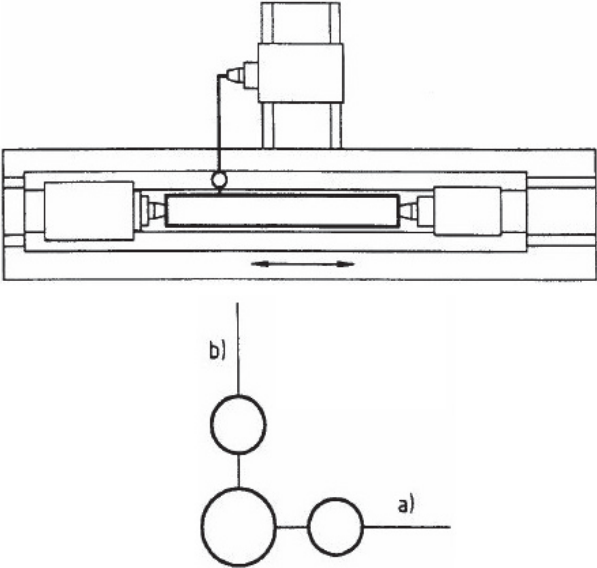
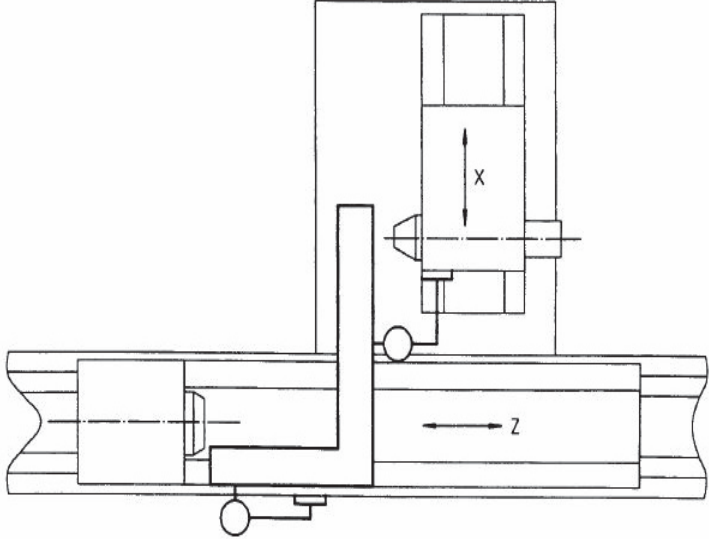
Měření provedeno:

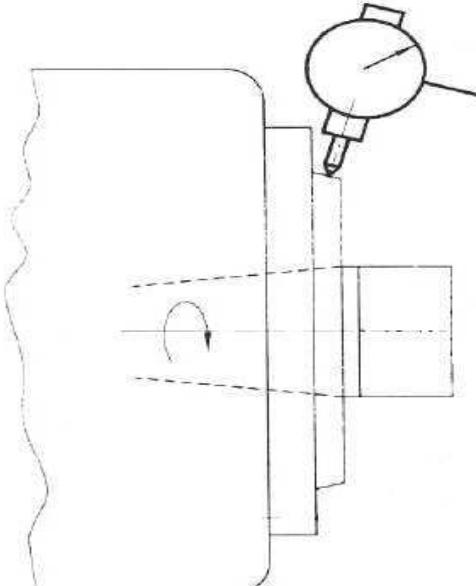
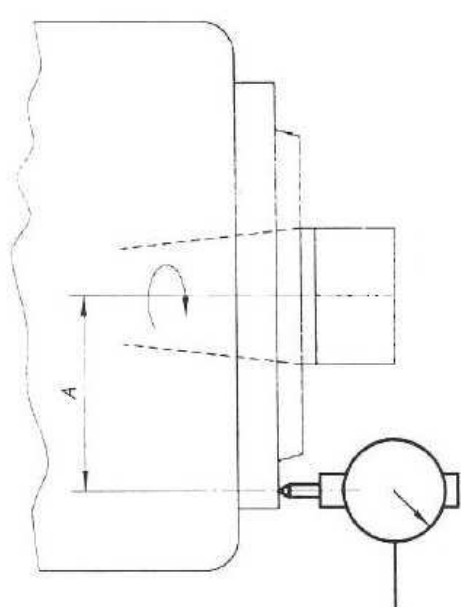
Jméno technika:

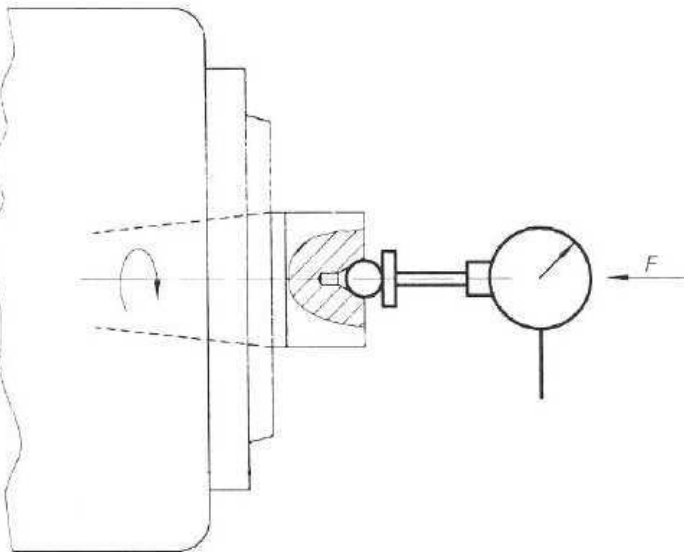
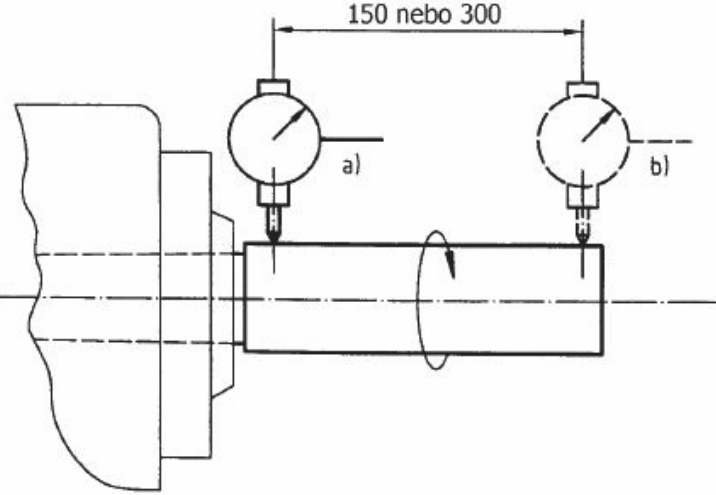
Zjištěné závady:

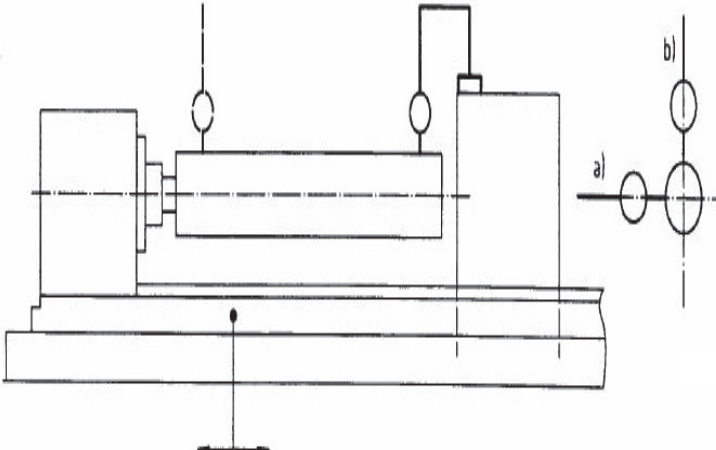
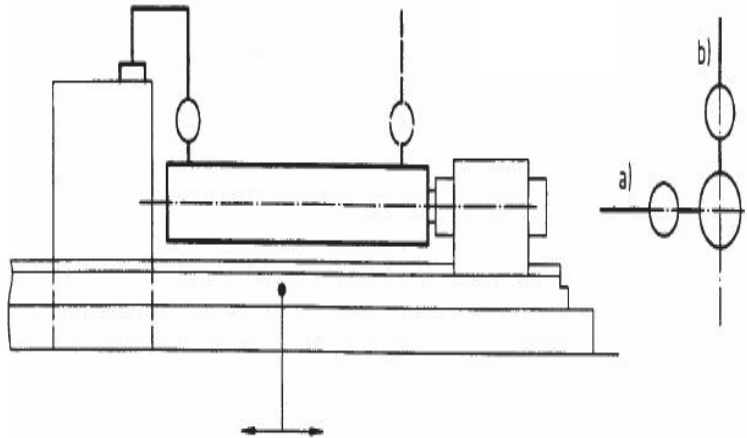
.....
Podpis

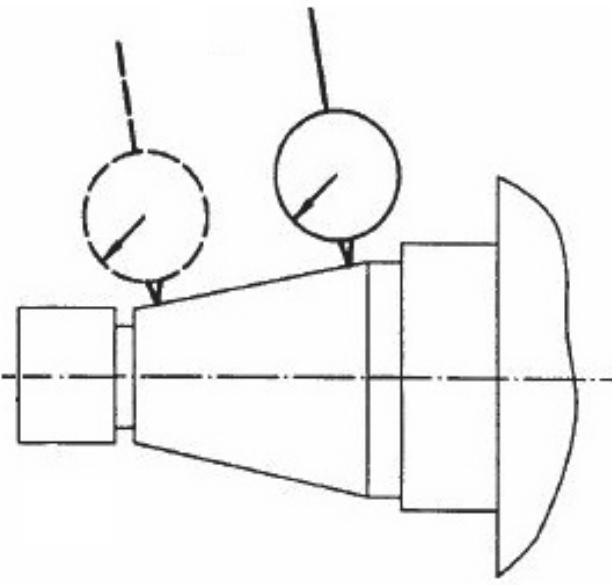
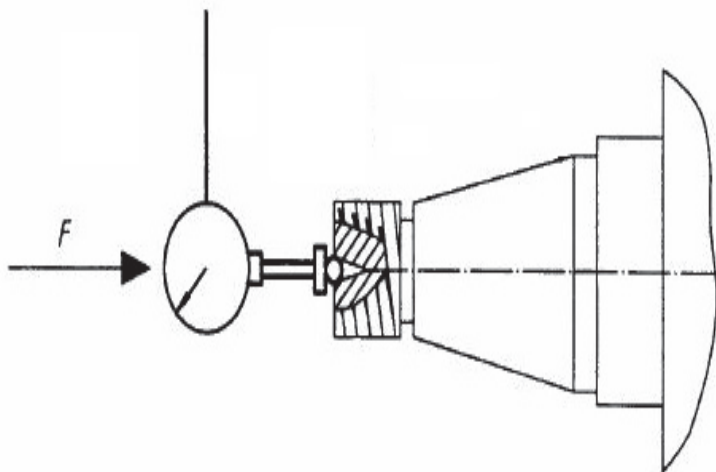
Reference: ČSN ISO 230-1, ČSN ISO 2433

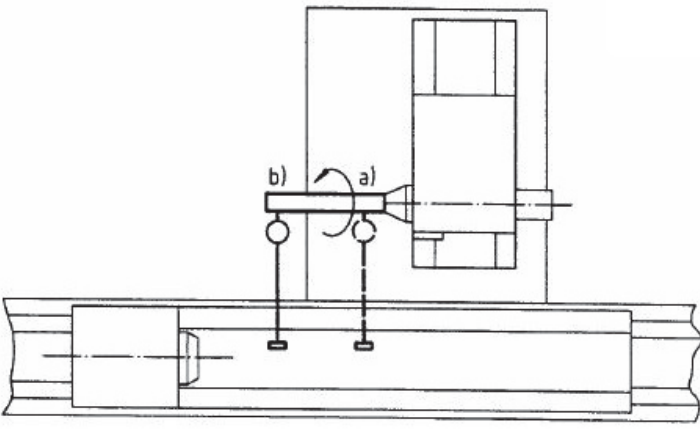
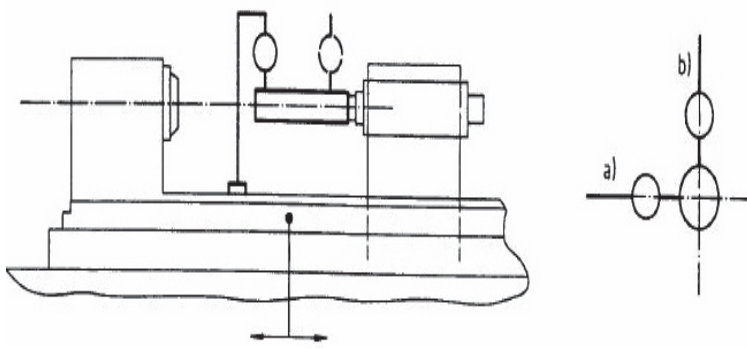
1	Přímočarost pohybu saní stolu			
 <p>Zvětšit toleranci o 0,005 na zvětšení délky o 1000 mm.</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn, nebo struna a mikroskop</p>		Dovolené úchylky [mm]	Svislá (b)	0,01/1000
			Vodorovná (a)	0,02/1000
		Naměřené úchylky [mm]		
2	Kolmost pohybu saní brousícího kotouče k pohybu saní stolu			
		Dovolené úchylky [mm]	0,02/300	
		Naměřené úchylky [mm]		
<p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, přesný úhelník</p>				

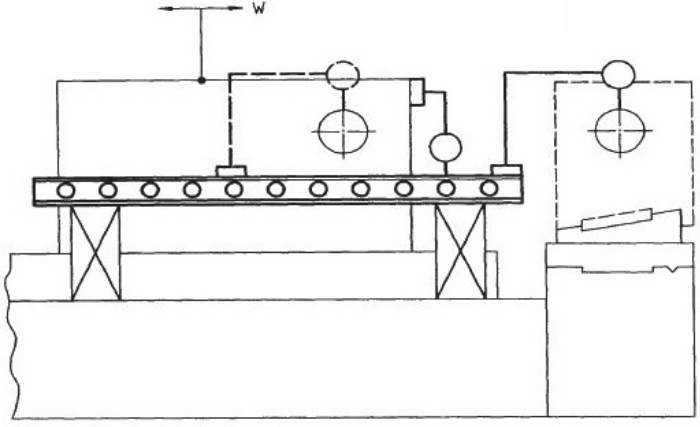
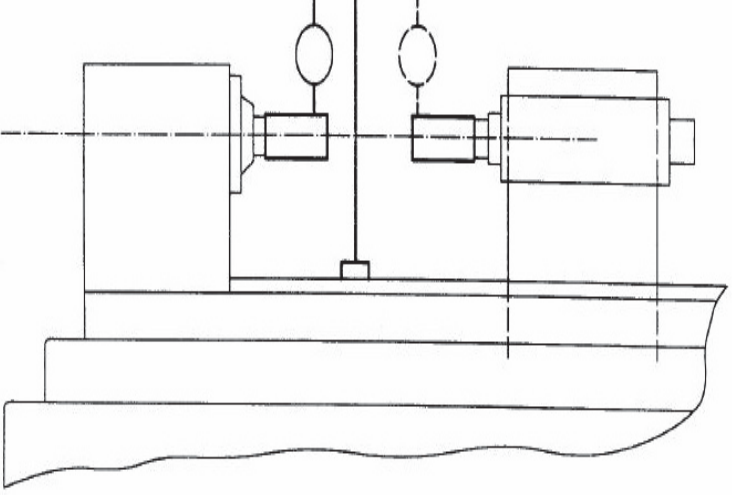
3	Obvodové házení vnějšího upínacího průměru unášecího vřeteníku		
		Dovolené úchylky [mm]	0,005
		Naměřené úchylky [mm]	
Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr			
4	Čelní házení upínacího čela unášecího vřeteníku		
		Dovolené úchylky [mm]	0,01
		Naměřené úchylky [mm]	
Vzdálenost A musí být co největší			
Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr			

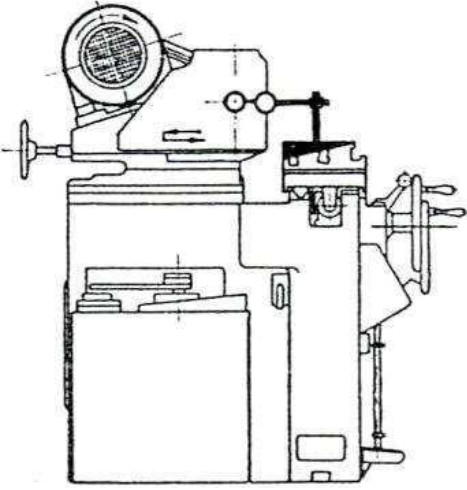
5	Osový pohyb unášecího vřeteníku			
 <p data-bbox="199 869 598 907">Síla F specifikována výrobcem</p> <p data-bbox="199 945 821 985">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,005	
		Naměřené úchylky [mm]		
6	Obvodové házení kuželové dutiny unášecího vřeteníku			
 <p data-bbox="199 1803 933 1892">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	U vřetena (a)	0,005
			Na konci trnu (b)	0,01 pro 150 0,015 pro 300
		Naměřené úchylky [mm]	U vřetena (a)	
			Na konci trnu (b)	

7	Rovnoběžnost osy otáčení unášecího vřeteníku s pohybem stolu	Délka měřícího trnu: 1) 150 mm 2) 300 mm		
 <p data-bbox="199 840 901 907">Konec zkušebního trnu skloněn k brousícím kotouči a nahoru</p> <p data-bbox="199 952 933 1041">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	Svislá (b) Vodorovná (a)	1) 0,008 2) 0,018
8		Délka měřícího trnu: 1) 150 mm 2) 300 mm		
 <p data-bbox="199 1736 917 1803"><i>Vodorovná rovina (a)</i> – Konec zkušebního trnu skloněn k brousícím kotouči</p> <p data-bbox="199 1803 949 1848"><i>Svislá rovina (b)</i> - Konec zkušebního trnu skloněn nahoru</p> <p data-bbox="199 1926 933 2016">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	Svislá (b) Vodorovná (a)	1) 0,01 2) 0,015 1) 0,01 2) 0,015
		Naměřené úchylky [mm]	Svislá (b)	
			Vodorovná (a)	

9	Obvodové házení brousícího vřeteníku		
 <p>Měření musí být provedeno na obou koncích kužele</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,005
		Naměřené úchylky [mm]	
10	Osový pohyb brousícího vřeteníku		
 <p>Síla F specifikována výrobcem</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,01
		Naměřené úchylky [mm]	

11	Obvodové házení kuželové dutiny vřeteníku pro vnitřní broušení			
 <p>Délka měřicí části trnu je 150 mm</p> <p>Pokud má vřeteno na vnitřní broušení vnitřní válcovou středící plochu, musí být provedeno měření přímo na ní bez měřícího trnu. V tom případě tolerance (a)</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn podle typu konce vřetena</p>		Dovolené úchytky [mm]	U vřetena (a)	0,005
			Na konci trnu (b)	0,01
		Naměřené úchytky [mm]	U vřetena (a)	
			Na konci trnu (b)	
12	Rovnoběžnost osy brousícího vřetena na vnitřní broušení s pohybem stolu	Délka měřícího trnu: 1) 150 mm 2) 300 mm		
 <p>Svislá rovina (b) a délka trnu 300 mm - Konec zkušební trnu skloněn nahoru</p> <p>Měření provést vždy v poloze otáčení vřetena odpovídající střední poloze házení měřícího trnu</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchytky [mm]	Svislá (b)	1) 0,02
			Vodorovná (a)	2) 0,03
		Naměřené úchytky [mm]	Svislá (b)	
			Vodorovná (a)	

13	Shodnost výšek brousícího vřetena a unášecího vřeteníku od základní roviny		
 <p data-bbox="199 862 933 952">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřící trn, pravítko, koncové měrky</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,04
14			
 <p data-bbox="199 1646 662 1691">Měřící trny musí mít stejný průměr</p> <p data-bbox="199 1758 933 1848">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřící trn, pravítko, koncové měrky</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,02
		Naměřené úchylky [mm]	

15	Přesnost rychlého přísunu brousícího vřeteníku k obrobku		
 <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,025
		Naměřené úchylky [mm]	

PŘÍLOHA č. 8

Protokol měření geometrické přesnosti pro univerzální hrotové soustruhy

**Protokol pro měření geometrické
přesnosti stroje**
Soustruhy hrotové univerzální
(D ≤ 800 mm)



Název stroje:

Inventární/výrobní číslo:

Datum kontroly:

Číslo protokolu:

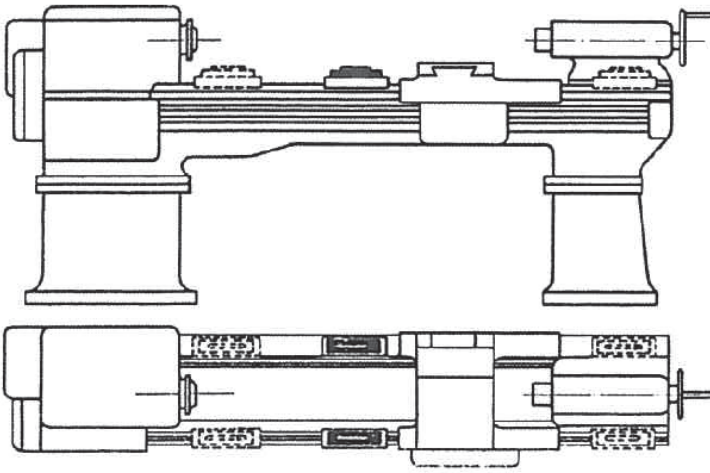
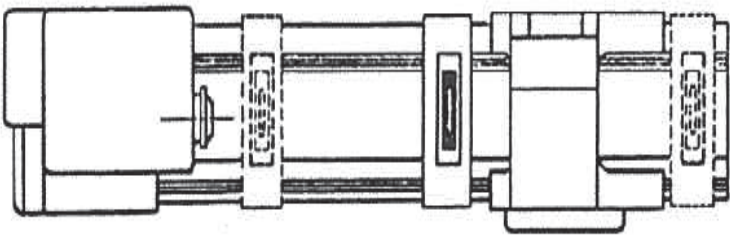
Měření provedeno:

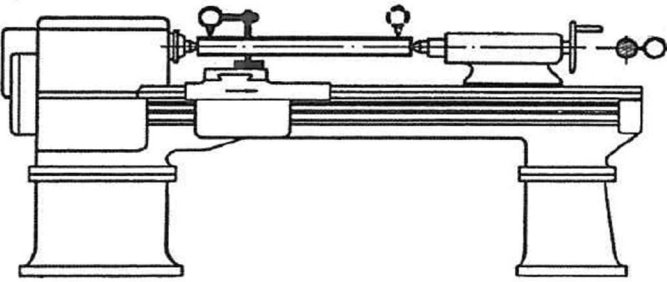
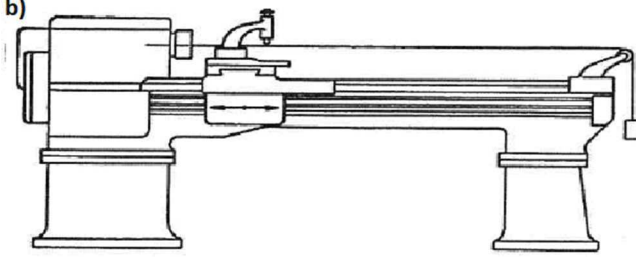
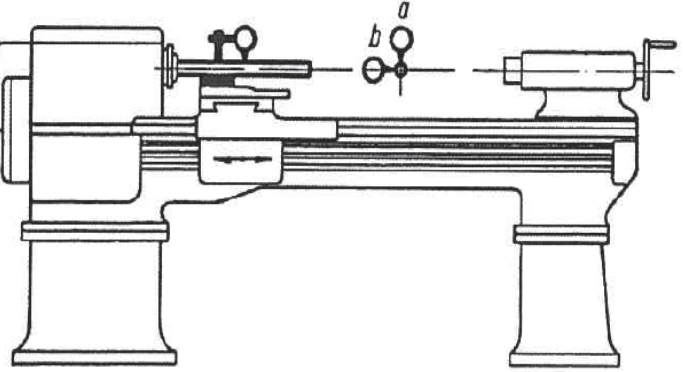
Jméno technika:

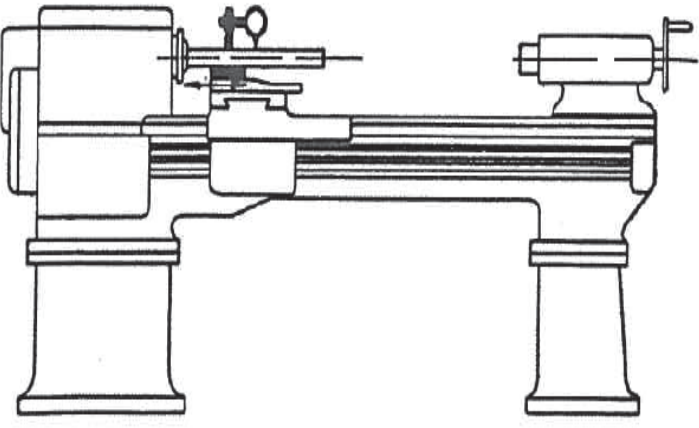
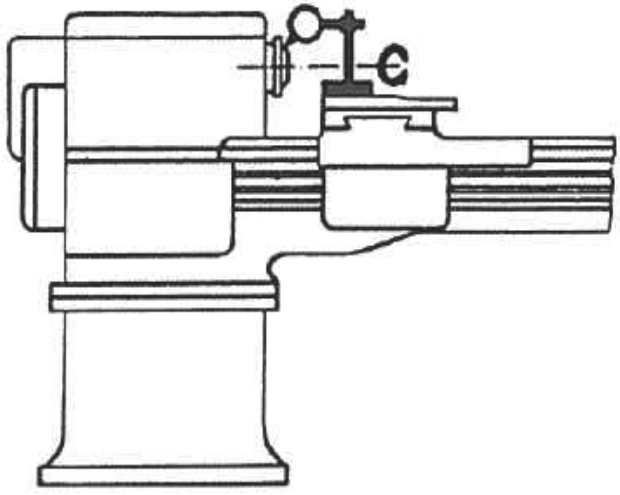
Zjištěné závady:

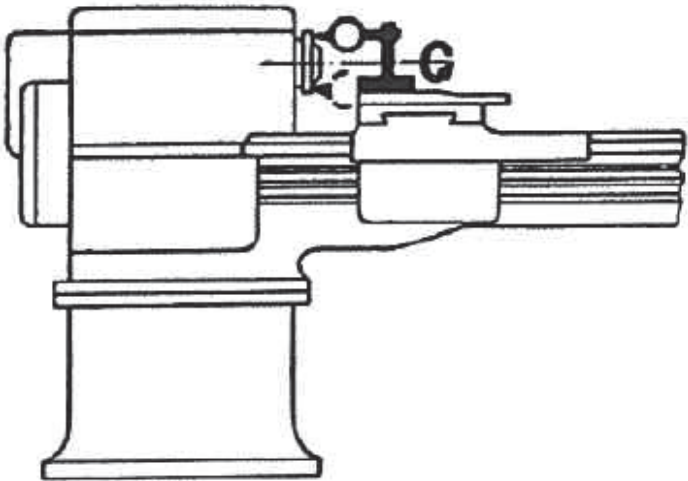
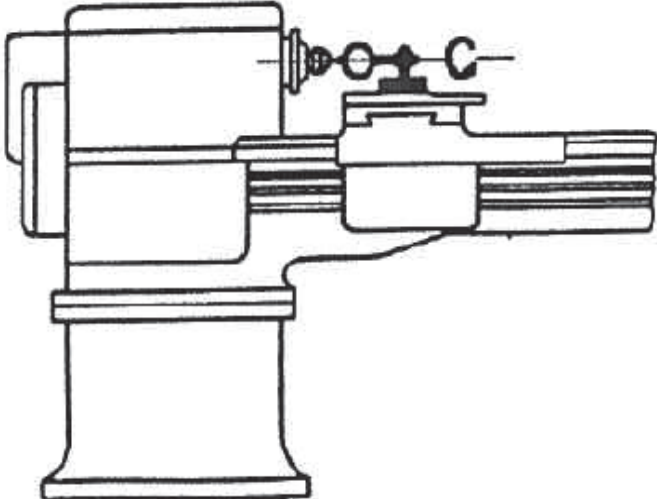
.....
Podpis

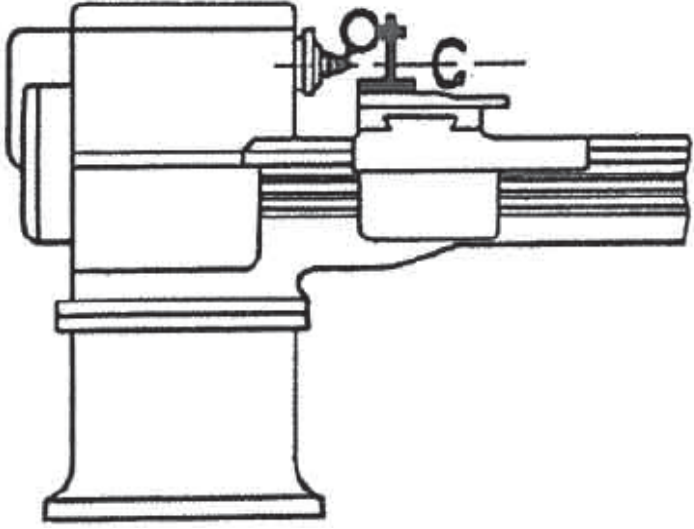
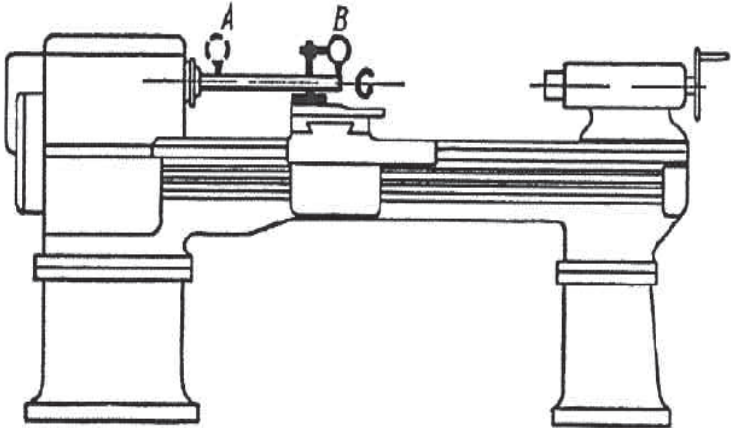
Reference: ČSN ISO 230-1, ČSN ISO 1708

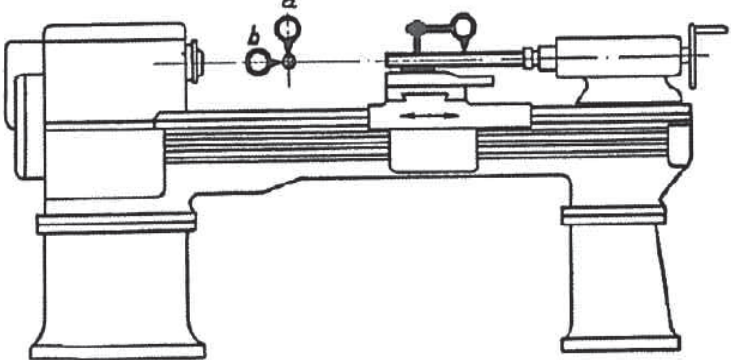
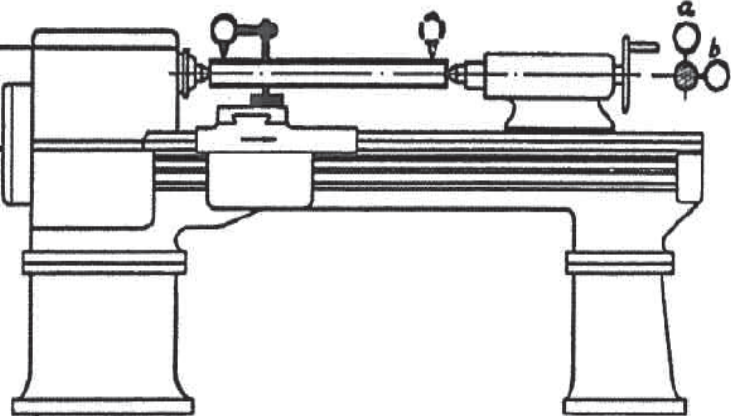
1	Přímot vodících ploch na loži v podélném směru	L = vzdálenost mezi hroty	
 <p>Vedení smí být pouze rovné nebo vypouklé Měření provádět ve více polohách rovnoměrně rozložených po celé délce lože</p> <p>Použitá měřidla: Vodováha</p>		Dovolené úchytky [mm]	L ≤ 500
			0,01
			500 < L ≤ 1000
			0,02
			0,0075 na libovolných 250
			L > 1000
			0,015 0,015 na libovolných 500
2		Přímot vodících ploch na loži v příčném směru	
 <p>Měření provádět ve více polohách rovnoměrně rozložených po celé délce lože</p> <p>Použitá měřidla: Vodováha, přípravek nebo příměrné pravítko</p>		Dovolené úchytky [mm]	0,04/1000
		Naměřené úchytky [mm]	

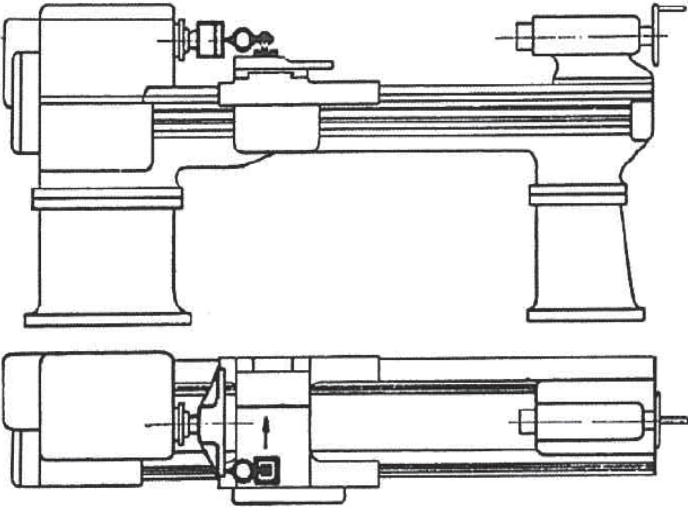
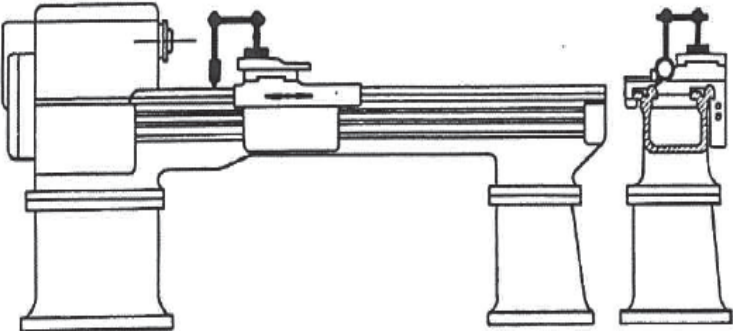
3	Přímočarost pohybu suportu ve vodorovné rovině			
<p>a)</p>  <p>b)</p>  <p>a) $L < 1500$ mm b) $L > 1500$ mm Tvar dráhy suportu musí být výdutý vzhledem k ose hrotů</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn se středícími důlky nebo struna, mikroskop</p>		Dovolené úchylky [mm]	$L \leq 500$	0,015
			$500 < L \leq 1500$	0,02
		$L > 1500$	max. 0,03	
4		Rovnoběžnost směru pohybu suportu s osou vřetena		
 <p>Svislá rovina (a) – Konec zkušebního trnu smí být vychýlen jen nahoru Vodorovná rovina (b) – Konec zkušebního trnu smí být vychýlen jen dopředu</p> <p>Délka měřicí části trnu je 300 mm Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	Svislá (a)	0,02/300
				Vodorovná (b)
		Naměřené úchylky [mm]	Svislá (a)	
				Vodorovná (b)

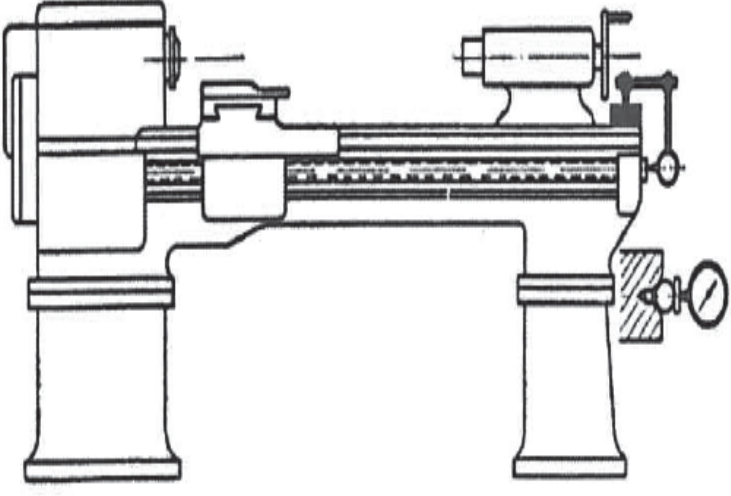
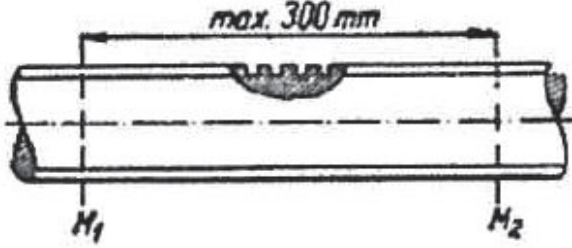
5	Rovnoběžnost směru pohybu nožových saní s osou vřetena v rovině svislé		
 <p>Měřit pouze v délce pracovního zdvihu nožových saní</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,04/300
		Naměřené úchylky [mm]	
6	Obvodové házení středící části na předním konci vřetena		
 <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,01
		Naměřené úchylky [mm]	

7	Čelní házení opěrné plochy na předním konci vřetena		
 <p data-bbox="201 913 935 994">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřící trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,02
8		Osový pohyb vřetena	
 <p data-bbox="201 1756 593 1787">Síla F specifikována výrobcem</p> <p data-bbox="201 1832 906 1912">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, tupý trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,01
		Naměřené úchylky [mm]	

9	Obvodové házení upínací hrotu vřeteníku			
 <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, hrot</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,015	
		Naměřené úchylky [mm]		
10	Obvodové házení kuželové dutiny			
 <p>Délka měřící části trnu je 300 mm</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřící trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	U vřetena (A)	0,01
			Na konci trnu (B)	0,02
		Naměřené úchylky [mm]	U vřetena (A)	
			Na konci trnu (B)	

11	Rovnoběžnost osy kuželové dutiny hrotové objímky se směrem pohybu suportu			
 <p data-bbox="199 757 845 828"><i>Svislá rovina (a)</i> – Konec zkušebního trnu smí být vychýlen jen nahoru</p> <p data-bbox="199 833 917 904"><i>Vodorovná rovina (b)</i> – Konec zkušebního trnu smí být vychýlen jen dopředu</p> <p data-bbox="199 952 662 985">Objímka koníku musí být zpevněna</p> <p data-bbox="199 1030 933 1108">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	Svislá (a)	0,03/300
12		Rovnoběžnost směru podélného pohybu supportu s osou soustružení		
 <p data-bbox="199 1765 718 1798">Hrot koníku jen výše než hrot vřeteníku</p> <p data-bbox="199 1843 821 1877">Koník smí být vykloněn jen proti řeznému tlaku</p> <p data-bbox="199 1921 933 2000">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn se středícími důlky</p>		Dovolené úchylky [mm]	Svislá (a)	0,02/600
		Naměřené úchylky [mm]	Svislá (a)	
			Vodorovná (b)	

13	Kolmost směru pohybu příčných saní k ose vřetena		
 <p data-bbox="204 913 831 999">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřidlo kolmosti</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,02/300
		Naměřené úchylky [mm]	
14	Rovnoběžnost vodicích ploch koníku s pohybem suportu		
 <p data-bbox="204 1753 916 1839">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, nebo speciální přípravek</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,02/1000
		Naměřené úchylky [mm]	

15	Osový pohyb vodicího šroubu		
 <p data-bbox="199 896 925 985">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, koule pro středící důlek</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,02/300
		Naměřené úchylky [mm]	
16	Součtová úchylka stoupání závitu způsobené vodicím šroubem	L – vzdálenost mezi hroty	
		Dovolené úchylky [mm]	$L \leq 2000$
			0,04/300
			$L > 2000$
			Na každých 1000 mm vzdálenosti mezi hroty nad 2000 mm zvýšit předchozí úchylku o 0,005
<p data-bbox="199 1724 941 1769">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, odpich</p>		Naměřené úchylky [mm]	max. 0,05

PŘÍLOHA č. 9

**Protokol měření geometrické přesnosti svislé konzolové frézky
s nastavitelnou výškou stolu**

**Protokol pro měření geometrické
přesnosti stroje**
Svislé konzolové frézky –
s nastavitelnou výškou stolu



Název stroje:

Inventární/výrobní číslo:

Datum kontroly:

Měření provedeno:

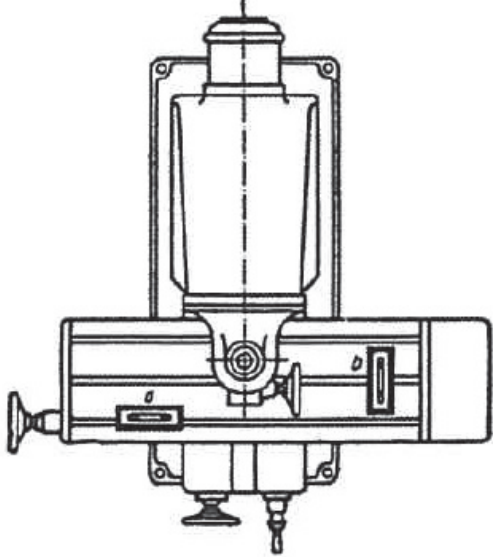
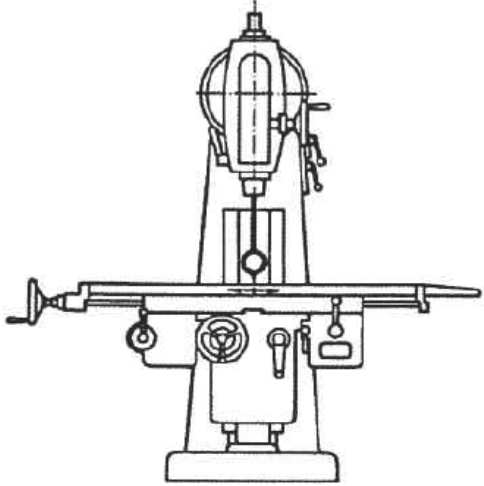
Jméno technika:

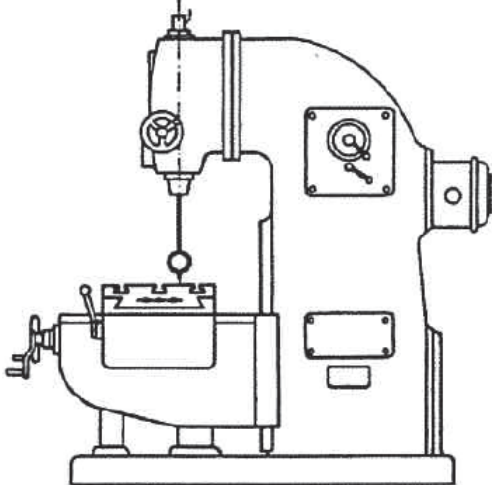
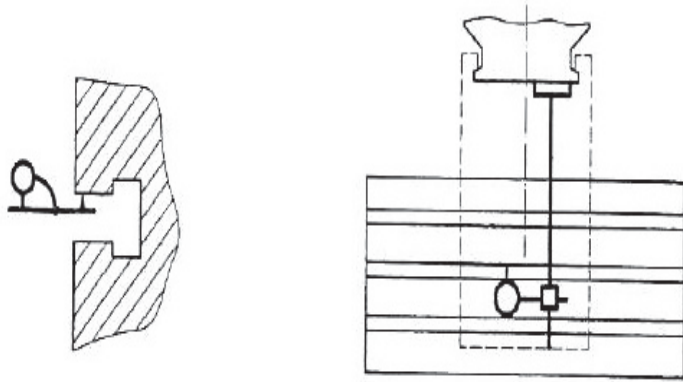
Zjištěné závady:

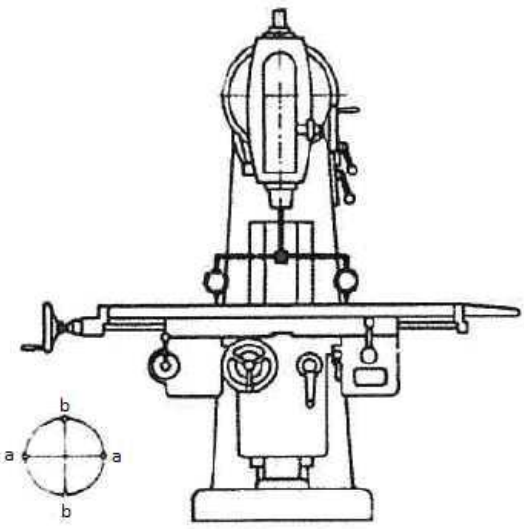
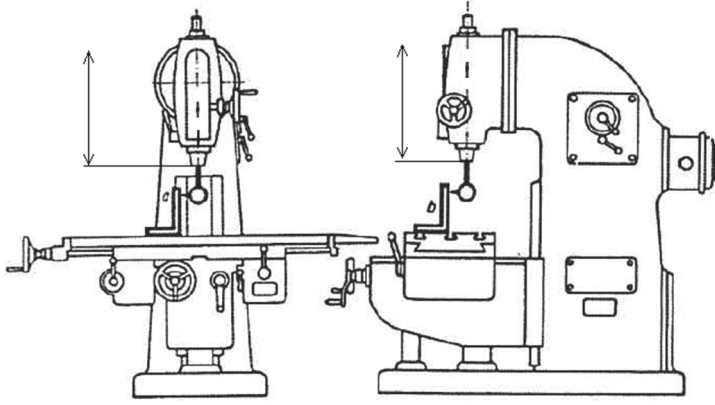
.....

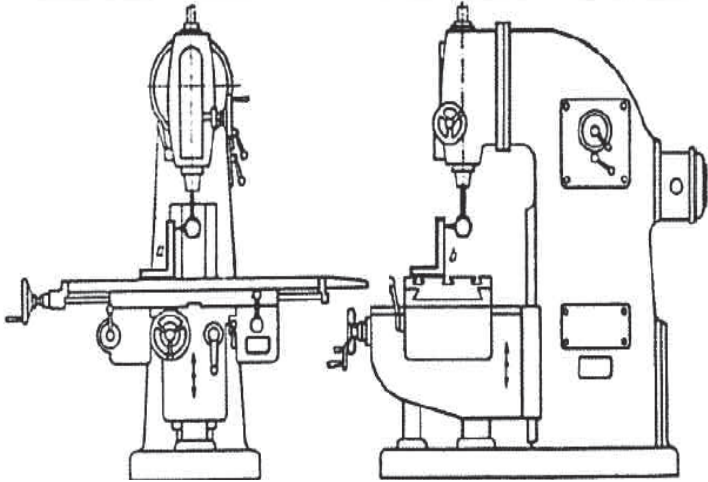
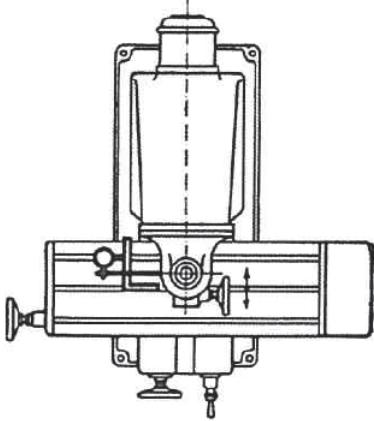
Podpis

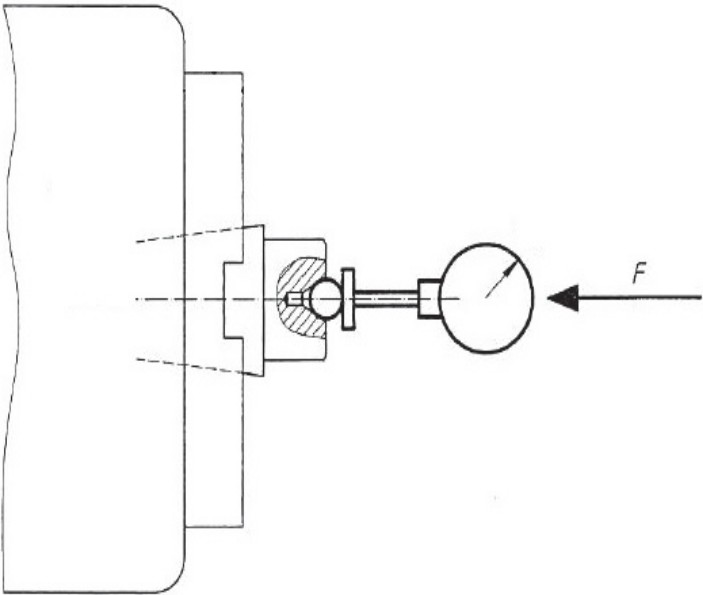
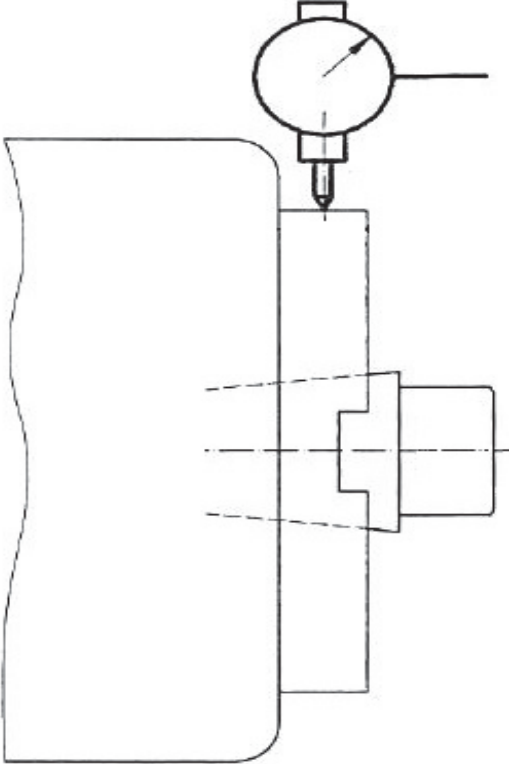
Reference: ČSN ISO 230-1, ČSN ISO 1984-2

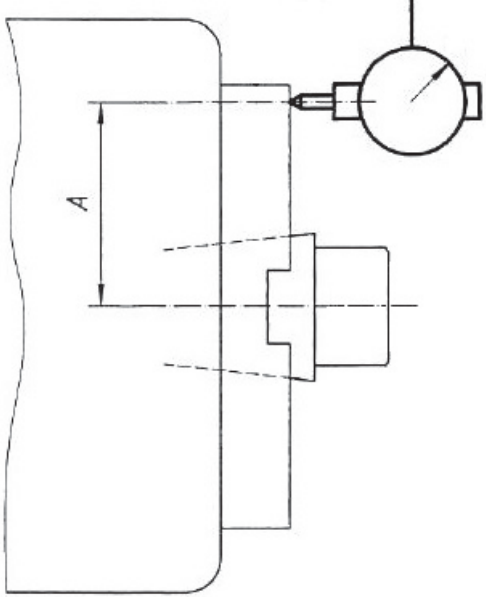
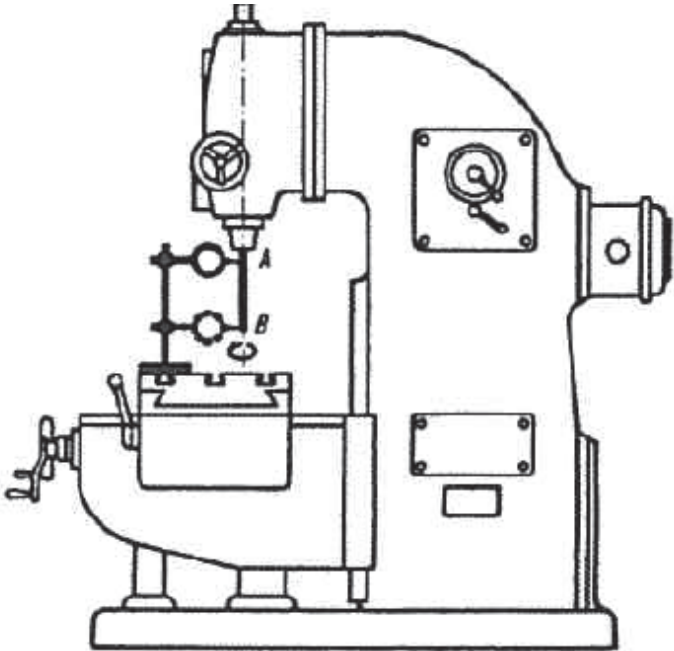
1	Rovinnost upínací plochy stolu		
 <p>Plocha smí být pouze rovná nebo vydutá Stůl nastaven do středu rozjezdu</p> <p>Použitá měřidla: Vodováha</p>		Dovolené úchytky [mm]	0,04/1000
		Naměřené úchytky [mm]	
2	Rovnoběžnost upínací plochy stolu se směrem podélného pohybu stolu		
 <p>Dotek číselníkového úchylkoměru musí být umístěn přibližně do pracovního místa nástroje Saně vřeteníku zpevněny, příčné saně zpevněny</p> <p>Číselníkový úchylkoměr upevněn na vřetenu, pokud je možné zpevnit. Pokud ne, musí být upevněn na pevnou část vřeteníku</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, pravítko, koncové měřky</p>		Dovolené úchytky [mm]	0,025/300
		Naměřené úchytky [mm]	

3	Rovnoběžnost upínací plochy stolu se směrem příčného pohybu příčných saní		
 <p>Dotek číselníkového úchylkoměru musí být umístěn přibližně do pracovního místa nástroje Saně vřeteníku zpevněny</p> <p>Číselníkový úchylkoměr upevněn na vřetenu, pokud je možné zpevnit. Pokud ne, musí být upevněn na pevnou část vřeteníku</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, pravítko, koncové měrky</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,025/300
		Naměřené úchylky [mm]	
4	Rovnoběžnost střední upínací drážky se směrem podélného pohybu stolu		
 <p>Číselníkový úchylkoměr upevněn na vřetenu, pokud je možné zpevnit. Pokud ne, musí být upevněn na pevnou část vřeteníku</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,015/300
		Naměřené úchylky [mm]	

5	Kolmost osy vřetena k upínací ploše stolu			
 <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	Podélné (a)	0,02/300
			Příčné (b)	0,02/300
		Naměřené úchylky [mm]	Podélné (a)	
			Příčné (b)	
6	Kolmost směru svislého pohybu pinoly k upínací ploše stolu			
 <p>Úhelník nastaven tak aby na obou koncích měřené délky byly stejné hodnoty</p> <p>Konzola zpevněna, stůl zpevněn ve středu své dráhy</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, přesný úhelník</p>		Dovolené úchylky [mm]	Podélné (a)	0,025/300
			Příčné (b)	0,025/300
		Naměřené úchylky [mm]	Podélné (a)	
			Příčné (b)	

7	Kolmost směru svislého pohybu konzoly k upínací ploše stolu		
 <p>Úhelník nastaven tak aby na obou koncích měřené délky byly stejné hodnoty</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, přesný úhelník</p>		Dovolené úchylky [mm]	Podélné (a) 0,02/300
			Příčné (b) 0,02/300
		Naměřené úchylky [mm]	Podélné (a)
			Příčné (b)
8	Kolmost příčného pohybu příčných saní k podélnému pohybu stolu		
 <p>Saně vřeteníku jsou zpevněny</p> <p>Stůl zpevněn ve středu své dráhy</p> <p>Číselníkový úchylkoměr upevněn na vřetenu, pokud je možné zpevnit. Pokud ne, musí být upevněn na pevnou část vřeteníku</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, přesný úhelník</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,02/300
		Naměřené úchylky [mm]	

9	Osový pohyb vřetena		
 <p data-bbox="201 922 593 958">Síla F specifikována výrobcem</p> <p data-bbox="201 1003 817 1039">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,01
10		Obvodové házení vnější středící části na předním konci vřetena	
 <p data-bbox="201 1975 817 2011">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,01
		Naměřené úchylky [mm]	

11	Čelní házení opěrné plochy na předním konci vřetena			
 <p>Vzdálenost A musí být co největší</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,02	
		Naměřené úchylky [mm]		
12	Obvodové házení kuželové dutiny			
 <p>Délka měřící části trnu je 300 mm</p> <p>Číselníkový úchylkoměr, měřící trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	U vřetena (a)	0,01
			Na konci trnu (b)	0,02
		Naměřené úchylky [mm]	U vřetena (a)	
			Na konci trnu (b)	

PŘÍLOHA č. 10

**Protokol měření geometrické přesnosti pro vodorovné konzolové frézky
s nastavitelnou výškou stolu**

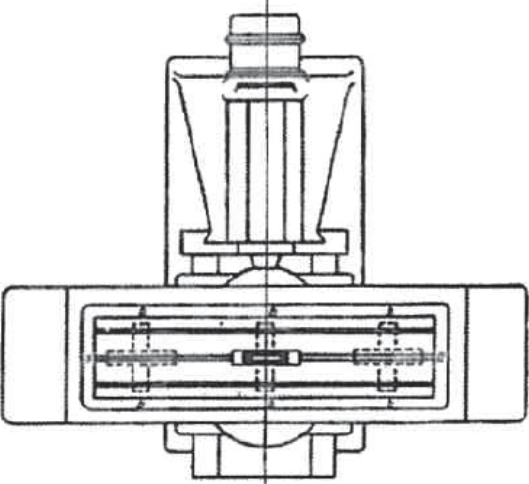
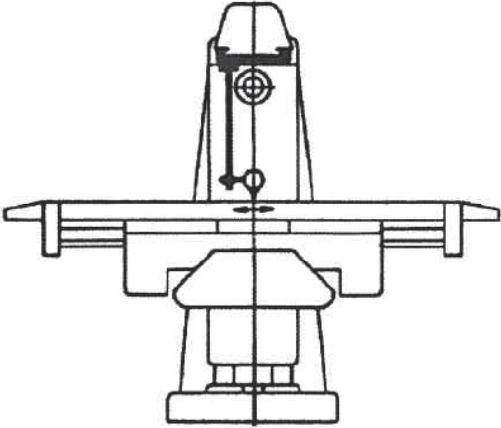
Protokol pro měření geometrické přesnosti stroje

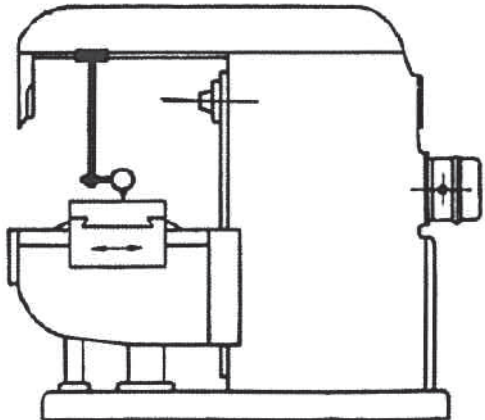
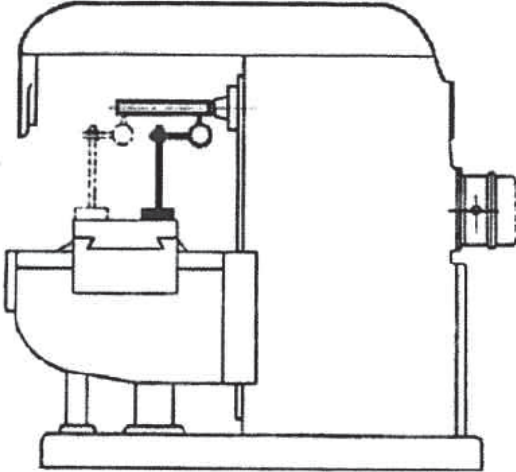
Vodorovné konzolové frézky s nastavitelnou výškou stolu

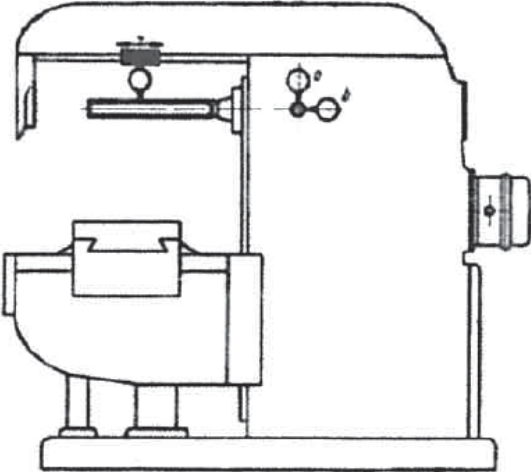
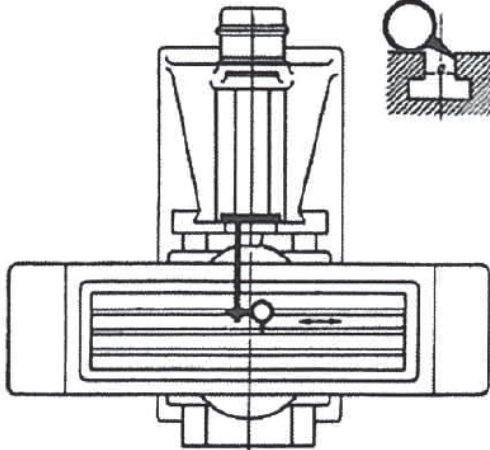


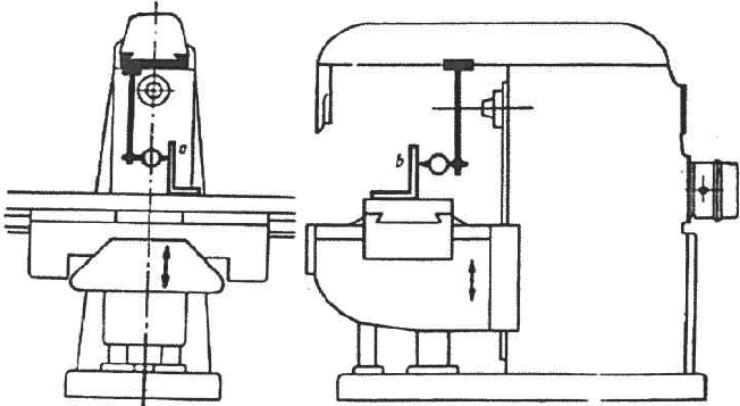
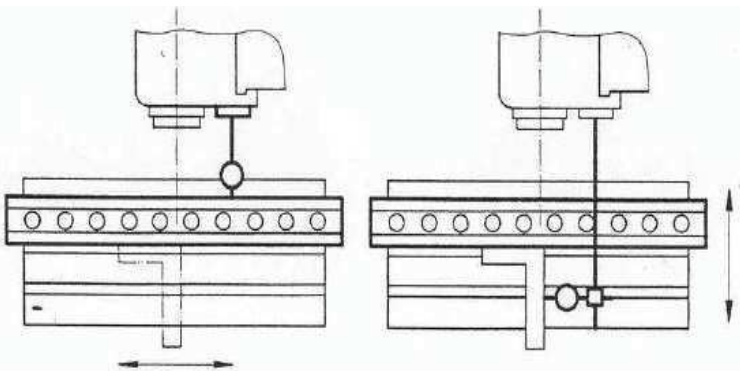
Název stroje:	
Inventární/výrobní číslo:	
Datum kontroly:	
Číslo protokolu:	
Měření provedeno:	
Jméno technika:	
Zjištěné závady:	
..... Podpis	

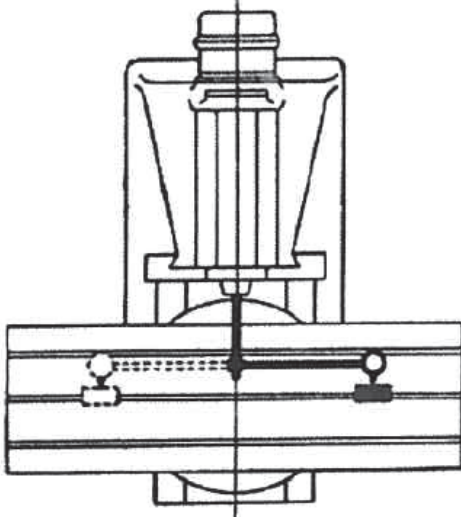
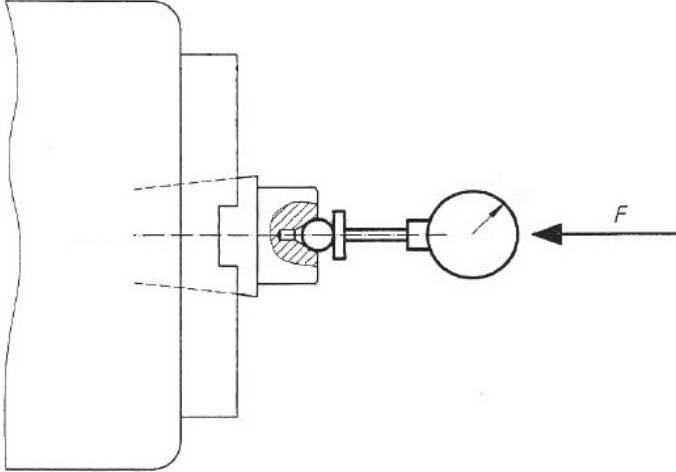
Reference: ČSN ISO 230-1, ČSN ISO 1984-1

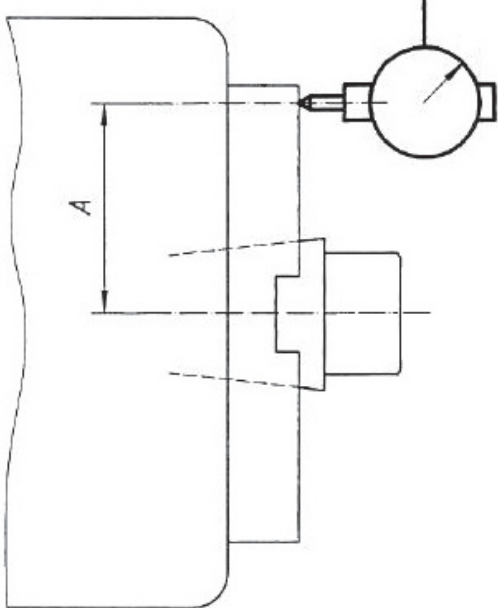
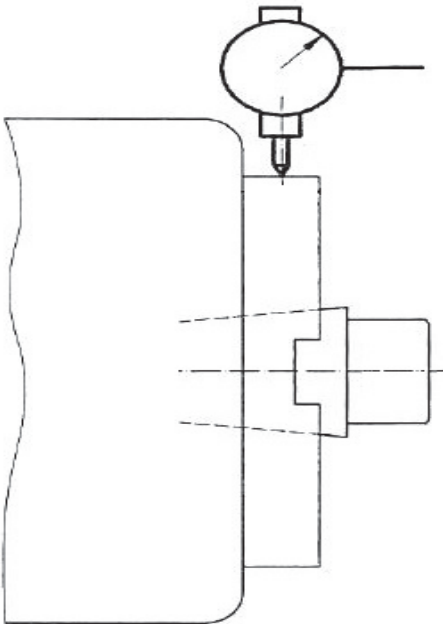
1	Rovinnost upínací plochy stolu			
 <p>Plocha smí být pouze rovná nebo vydutá Stůl nastaven do středu rozjezdu</p> <p>Použitá měřidla: Vodováha, nebo pravítko a koncové měrky</p>		Dovolené úchytky [mm]	Podélně	0,04/1000
			Příčně	0,04/1000
		Naměřené úchytky [mm]	Podélně	
			Příčně	
2	Rovnoběžnost upínací plochy stolu s podélným směrem pohybu stolu			
 <p>Dotek číselníkového úchylkoměru musí být umístěn přibližně do pracovního místa nástroje</p> <p>Konzola je zpevněna</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, pravítko</p>		Dovolené úchytky [mm]	0,025/300	
			Naměřené úchytky [mm]	Max. 0,05

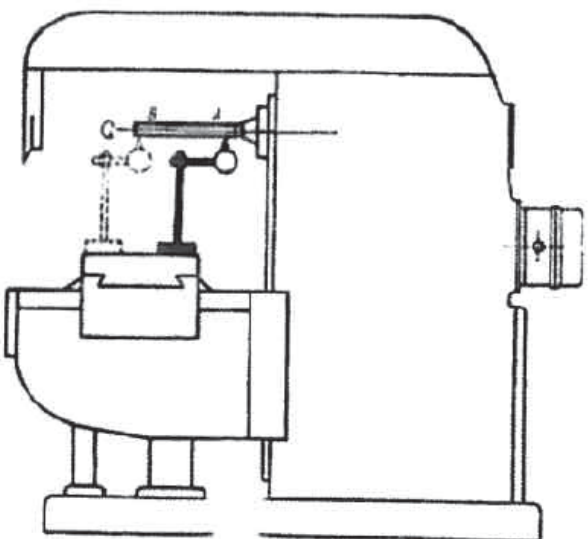
3	Rovnoběžnost upínací plochy stolu s příčným směrem pohybu příčných saní stolu		
 <p>Dotek číselníkového úchylkoměru musí být umístěn přibližně do pracovního místa nástroje</p> <p>Stůl smí směrem od stojanu jen stoupat</p> <p>Konzola je zpevněna</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, pravítko</p>		Dovolené úchytky [mm]	0,025/300
		Naměřené úchytky [mm]	
4	Rovnoběžnost upínací plochy stolu s osou vřetena		
 <p>Přední část upínací plochy smí být jen výše než část u stojanu</p> <p>Konzola je zpevněna</p> <p>Měření opakovat po otočení vřetena o 180°</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí</p>		Dovolené úchytky [mm]	0,025/300
		Naměřené úchytky [mm]	

5	Rovnoběžnost vodicích ploch na zajištěném opěrném ramenu s osou vřetena			
 <p data-bbox="204 896 842 931"><i>Svislá rovina (a)</i> – Opěrné rameno skloněno dolů</p> <p data-bbox="204 972 667 1008">Opěrné rameno musí být zpevněno</p> <p data-bbox="204 1048 817 1084">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	Svislá (a)	0,02/300
			Vodorovná (b)	0,02/300
		Naměřené úchylky [mm]	Svislá (a)	
			Vodorovná (b)	
6	Rovnoběžnost střední upínací drážky se směrem podélného pohybu stolu			
 <p data-bbox="204 1778 928 1890">Číselníkový úchylkoměr upevněn na vřetenu, pokud je možné zpevnit. Pokud ne, musí být upevněn na pevnou část vřeteníku</p> <p data-bbox="204 1930 817 1966">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,015/300	
		Naměřené úchylky [mm]		

7	Kolmost svislého pohybu konzoly k ploše stolu		
 <p>Přední část konzoly smí být jen výše než část u vodicích plochy konzoly</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, přesný úhelník</p>		Dovolené úchyly [mm]	Podélné (a) 0,02/300 Příčné (b) 0,02/300
8		Kolmost příčného pohybu příčných saní k podélnému pohybu stolu	
 <p>1) 2)</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, pravítko, přesný úhelník</p>		Dovolené úchyly [mm]	0,02/300
		Naměřené úchyly [mm]	

9	Kolmost střední upínací drážky stolu k ose vřetena		
 <p data-bbox="199 929 550 963">Stůl je ve středu své dráhy</p> <p data-bbox="199 1008 821 1041">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchlky [mm]	0,02/300
		Naměřené úchlky [mm]	
10	Osový pohyb vřetena		
 <p data-bbox="199 1803 598 1836">Síla F specifikována výrobcem</p> <p data-bbox="199 1881 821 1915">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchlky [mm]	0,01
		Naměřené úchlky [mm]	

11	Čelní házení opěrné plochy na předním konci vřetena		
 <p>Vzdálenost A musí být co největší</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,02
		Naměřené úchylky [mm]	
12	Obvodové házení vnější středící části na předním konci vřetena		
 <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,01
		Naměřené úchylky [mm]	

13	Obvodové házení kuželové dutiny ve vřetenu			
 <p>Délka měřicí části trnu je 300 mm</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřící trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	U vřetena (a)	0,01
				Na konci trnu (b)
		Naměřené úchylky [mm]	U vřetena (a)	
				Na konci trnu (b)

PŘÍLOHA č. 11

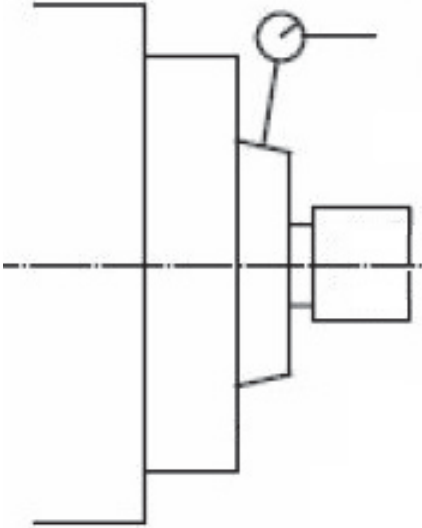
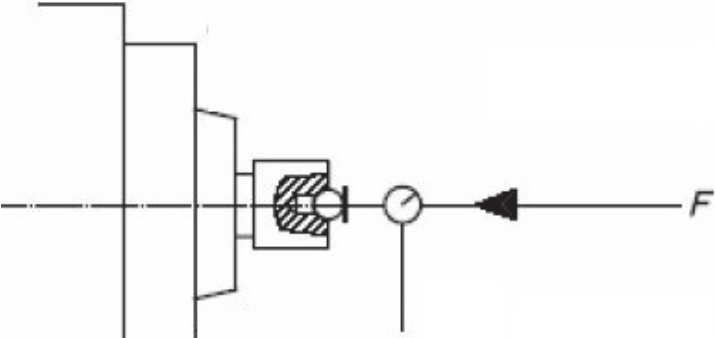
**Protokol měření geometrické přesnosti pro soustružnická centra – oběžný
průměr $D \leq 250$**

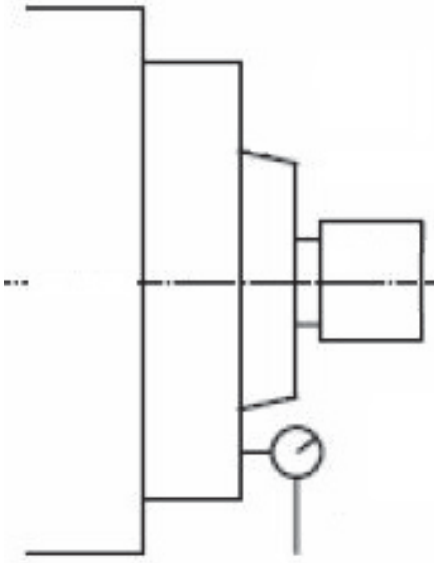
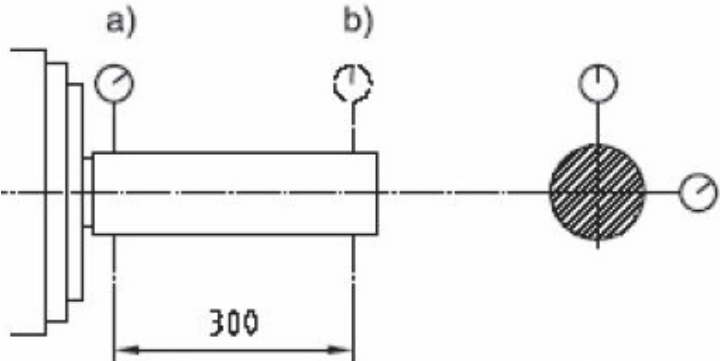
**Protokol pro měření geometrické
přesnosti stroje**
Soustružnické centrum – oběžný
průměr **D ≤ 250**

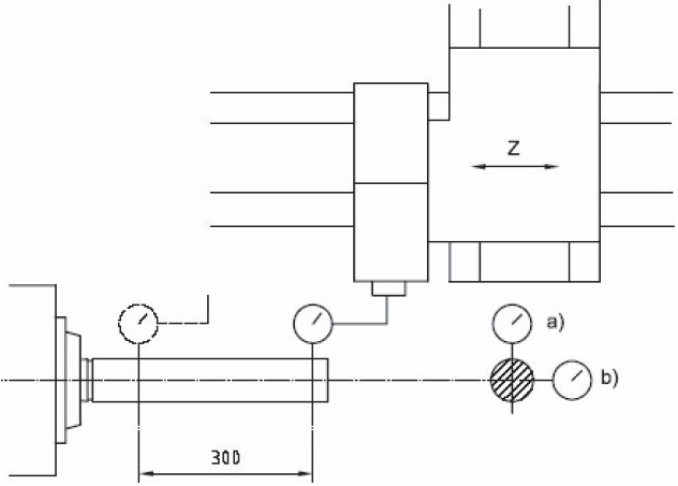
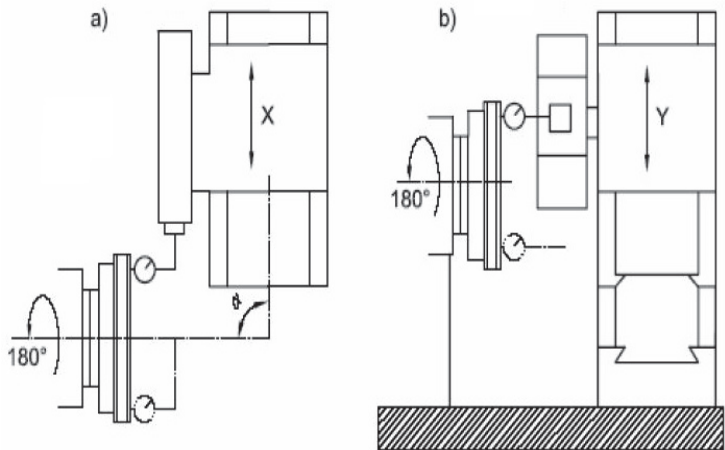


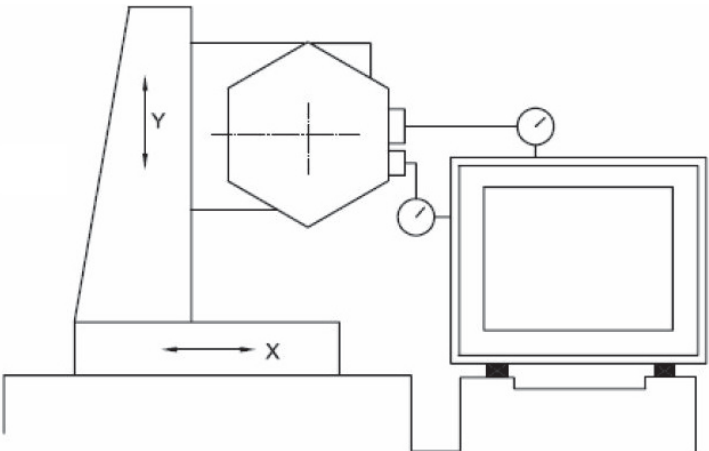
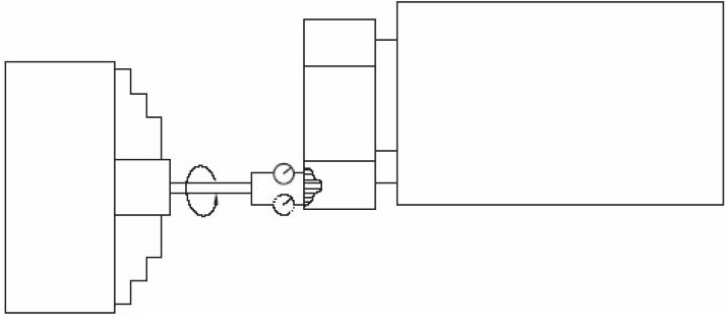
Název stroje:	
Inventární/výrobní číslo:	
Datum kontroly:	
Číslo protokolu:	
Měření provedeno:	
Jméno technika:	
Zjištěné závady:	
..... Podpis	

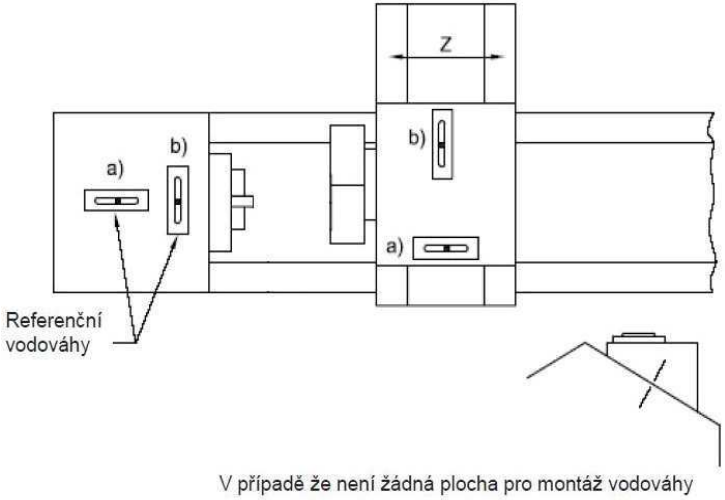
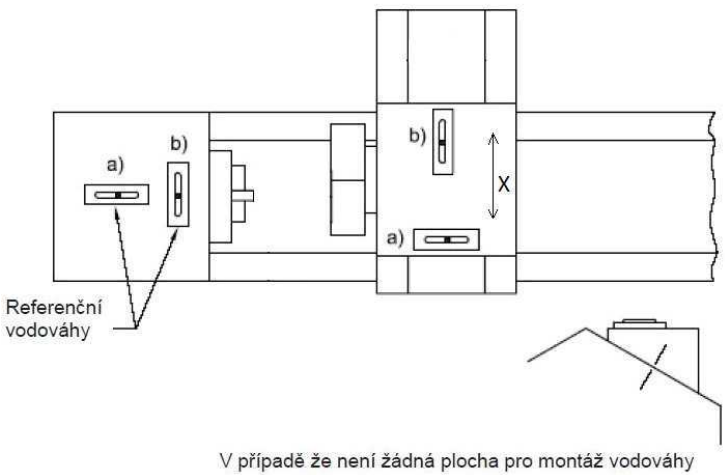
Reference: ČSN ISO 230-1, ČSN ISO 13041-1

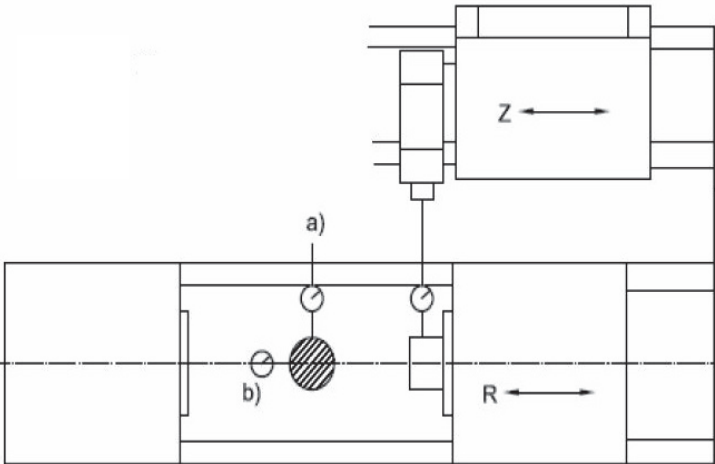
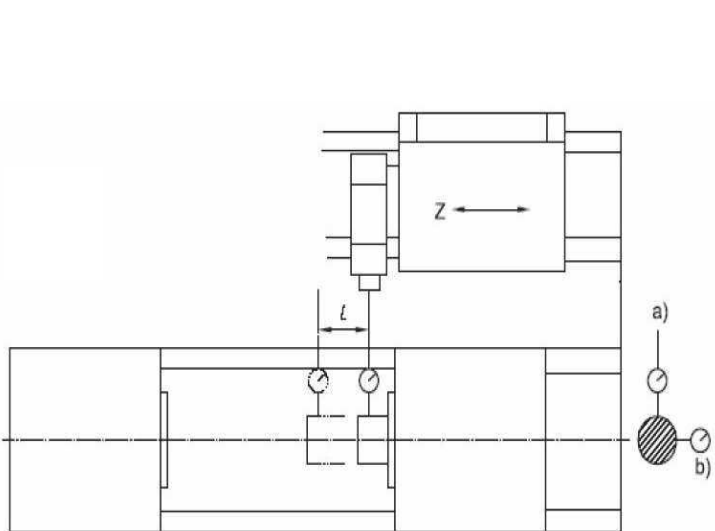
1	Obvodové házení středícího průměru obrobkového vřetena			
 <p data-bbox="204 1003 820 1039">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	ČSN	0,005
			Mazak	0,003
		Naměřené úchylky [mm]		
2	Osový pohyb obrobkového vřetena			
 <p data-bbox="204 1720 593 1756">Síla F specifikována výrobcem</p> <p data-bbox="204 1805 880 1841">Pokud má stroj keramická ložiska - NEMĚŘIT</p> <p data-bbox="204 1899 932 1980">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn s kuličkou</p>		Dovolené úchylky [mm]	ČSN	0,005
			Mazak	
		Naměřené úchylky [mm]		

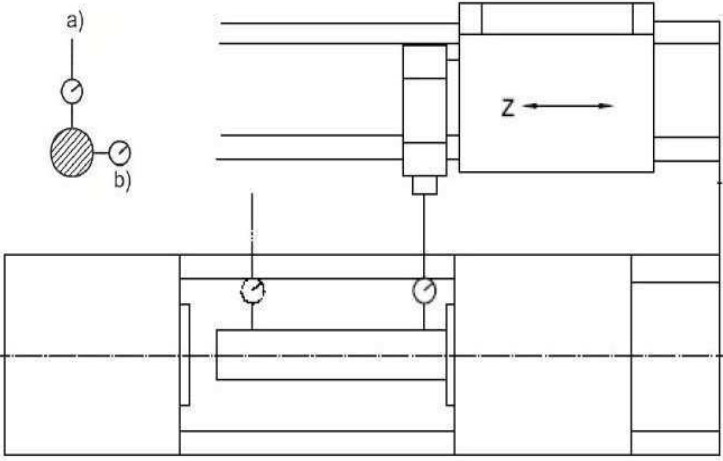
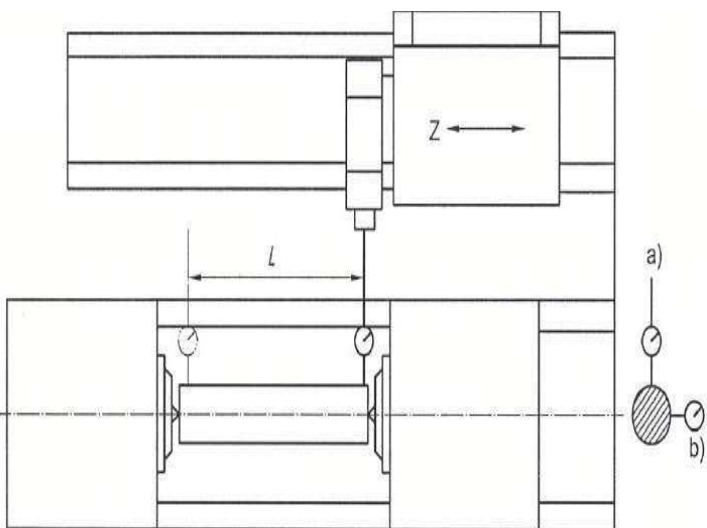
3	Čelní házení čela obrobkového vřetena				
 <p>Měřit na maximálním průměru Provést pro všechna obrobková vřetena</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	ČSN	0,008	
			Mazak	0,003	
		Naměřené úchylky [mm]			
4	Obvodové házení díry obrobkového vřetena				
 <p>Provést pro všechna obrobková vřetena</p> <p>Měření opakovat alespoň 4x a pootočit o 90°, zaznamenat průměrnou hodnotu</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	U vřetena (a)	ČSN	0,010
			Mazak	-	
		Na konci trnu (b)	ČSN	0,015	
		Mazak	-		
		Naměřené úchylky [mm]	U vřetena (a)		
			Na konci trnu (b)		

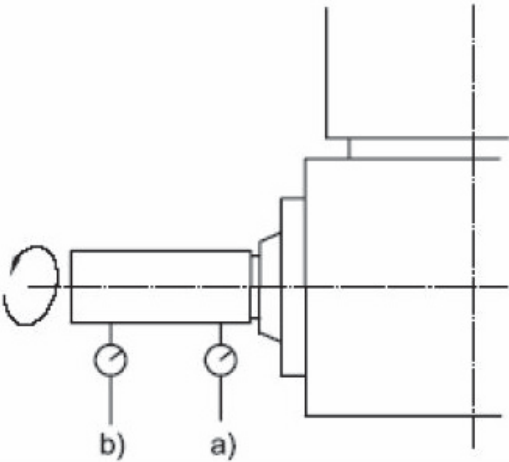
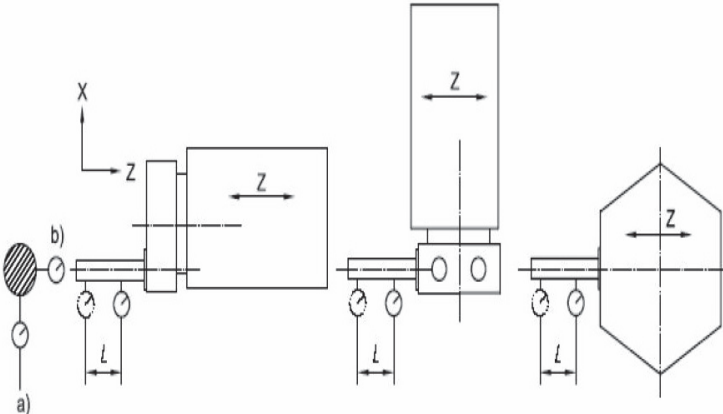
5	Rovnoběžnost pohybu suportu s osou rotace obrobkového vřetena				
 <p data-bbox="204 864 928 900">Provést pro všechna obrobková vřetena a pohyby v ose</p> <p data-bbox="204 940 884 1012">Vřeteno vždy natočit do střední polohy obvodového házení</p> <p data-bbox="204 1052 928 1133">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	Svislá (a)	ČSN	0,010
			Mazak	0,007	
			Vodorovná (b)	ČSN	0,015
			Mazak	0,007	
 <p data-bbox="204 1738 699 1774">Povrch by měl být rovný nebo vydutý</p> <p data-bbox="204 1814 916 1886">Úchylka kolmosti je maximální rozdíl středních hodnot obou měření</p> <p data-bbox="204 1926 900 2007">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, lícní deska, pravítko</p>		Dovolené úchylky [mm]	k ose X (a)	ČSN	0,015
			Mazak	-	
			k ose Y (b)	ČSN	0,020
			Mazak	-	
		Naměřené úchylky [mm]	k ose X (a)		
			k ose Y (b)		

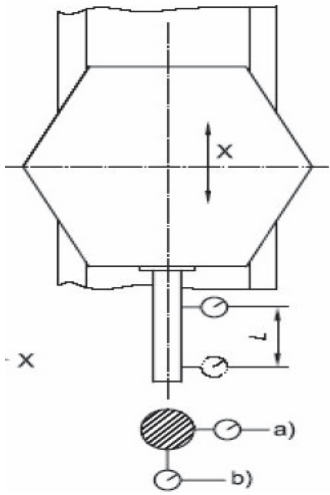
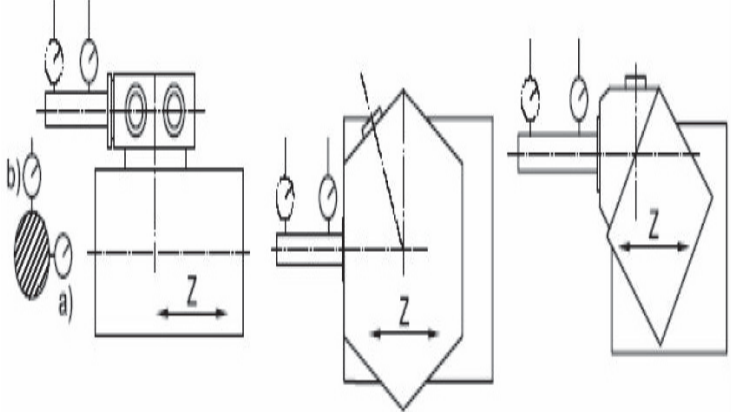
7	Kolmost pohybu v ose Y k pohybu v ose X			
 <p data-bbox="204 801 823 880">Referenční plocha úhelníku musí být nastavena rovnoběžně s podélným pohybem v ose X</p> <p data-bbox="204 925 831 1014">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, přesný úhelník</p>		Dovolené úchytky [mm]	ČSN	0,020/300
		Naměřené úchytky [mm]	Mazak	-
8	Kolmost upínacích čel revolverové hlavy			
 <p data-bbox="204 1675 871 1709">Provést pro všechna upínací čela revolverové hlavy</p> <p data-bbox="204 1753 922 1843">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, držák číselníkového úchylkoměru</p>		Dovolené úchytky [mm]	ČSN	0,02/100
		Naměřené úchytky [mm]	Mazak	-

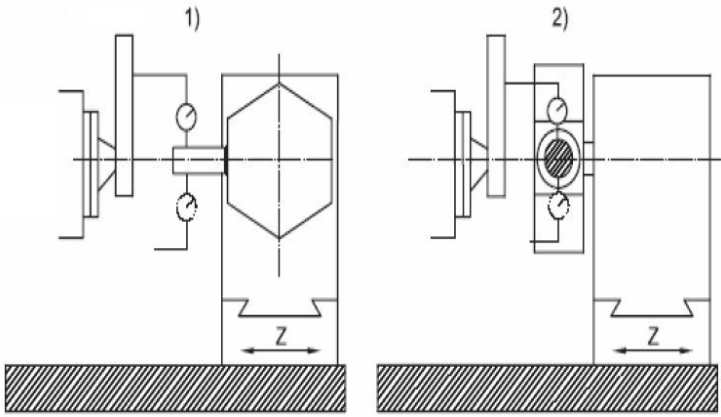
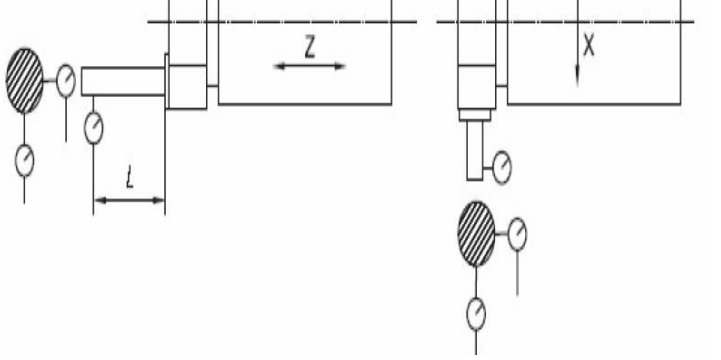
9	Úhlové úchytky pohybu suportu v ose Z	Měřit pokud je stroj ukotven														
 <p>V případě že není žádná plocha pro montáž vodováhy</p> <p>Měření provádět alespoň v 5 polohách rovnoměrně rozložených v rozsahu dráhy v obou směslech pohybu</p> <p>Použitá měřidla: a), b) Přesná vodováha</p>		<table border="1"> <tr> <td data-bbox="959 293 1082 741" rowspan="4">Dovolené úchytky [mm]</td> <td colspan="2" data-bbox="1082 293 1414 349">Podélné (a) + Příčné (b)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1082 349 1254 573" rowspan="3">0 – 500 > 500 - 1000 > 1000 - 2000</td> <td data-bbox="1254 349 1414 405">ČSN</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1254 405 1414 573"> 0,040/1000 0,060/1000 0,080/1000 </td> </tr> <tr> <td data-bbox="1254 573 1414 629">Mazak</td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="1082 629 1414 741"> 0,020/100 </td> </tr> <tr> <td data-bbox="959 741 1082 898" rowspan="2">Naměřené úchytky [mm]</td> <td data-bbox="1082 741 1197 898">Podélné (a)</td> <td data-bbox="1197 741 1414 898"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1082 898 1197 1059">Příčné (b)</td> <td data-bbox="1197 898 1414 1059"></td> </tr> </table>	Dovolené úchytky [mm]	Podélné (a) + Příčné (b)		0 – 500 > 500 - 1000 > 1000 - 2000	ČSN	0,040/1000 0,060/1000 0,080/1000	Mazak	0,020/100		Naměřené úchytky [mm]	Podélné (a)		Příčné (b)	
Dovolené úchytky [mm]	Podélné (a) + Příčné (b)															
	0 – 500 > 500 - 1000 > 1000 - 2000	ČSN														
		0,040/1000 0,060/1000 0,080/1000														
		Mazak														
0,020/100																
Naměřené úchytky [mm]	Podélné (a)															
	Příčné (b)															
10	Úhlové úchytky pohybu revolverové hlavy v ose X	Měřit pokud je stroj ukotven														
 <p>V případě že není žádná plocha pro montáž vodováhy</p> <p>Měření provádět alespoň v 5 polohách rovnoměrně rozložených v rozsahu dráhy v obou směslech pohybu</p> <p>Použitá měřidla: a), b) Přesná vodováha</p>		<table border="1"> <tr> <td data-bbox="959 1164 1082 1612" rowspan="4">Dovolené úchytky [mm]</td> <td colspan="2" data-bbox="1082 1164 1414 1220">Podélné (a) + Příčné (b)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1082 1220 1254 1444" rowspan="3">0 – 500 > 500 - 1000 > 1000 - 2000</td> <td data-bbox="1254 1220 1414 1276">ČSN</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1254 1276 1414 1444"> 0,040/1000 0,060/1000 0,080/1000 </td> </tr> <tr> <td data-bbox="1254 1444 1414 1500">Mazak</td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="1082 1500 1414 1612"> 0,020/100 </td> </tr> <tr> <td data-bbox="959 1612 1082 1792" rowspan="2">Naměřené úchytky [mm]</td> <td data-bbox="1082 1612 1197 1792">Podélné (a)</td> <td data-bbox="1197 1612 1414 1792"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1082 1792 1197 1986">Příčné (b)</td> <td data-bbox="1197 1792 1414 1986"></td> </tr> </table>	Dovolené úchytky [mm]	Podélné (a) + Příčné (b)		0 – 500 > 500 - 1000 > 1000 - 2000	ČSN	0,040/1000 0,060/1000 0,080/1000	Mazak	0,020/100		Naměřené úchytky [mm]	Podélné (a)		Příčné (b)	
Dovolené úchytky [mm]	Podélné (a) + Příčné (b)															
	0 – 500 > 500 - 1000 > 1000 - 2000	ČSN														
		0,040/1000 0,060/1000 0,080/1000														
		Mazak														
0,020/100																
Naměřené úchytky [mm]	Podélné (a)															
	Příčné (b)															

11	Rovnoběžnost pohybu koníku s pohybem suportu				
		Dovolené úchytky [mm]	Svislá (a)	0-1000 >1000-2000	ČSN
<p>Měření provádět alespoň v 5 polohách rovnoměrně rozložených v rozsahu dráhy v obou směrech pohybu</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, držák číselníkového úchylkoměru</p>					0,020 0,030
12		Rovnoběžnost pohybu pinoly s pohybem suportu			
		Dovolené úchytky [mm]	Svislá (a)	L = 50 L = 100 L = 150	ČSN
<p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, držák číselníkového úchylkoměru</p>					0,010 0,015 0,020
		Naměřené úchytky [mm]	Svislá (a)		
			Vodorovná (b)		

13	Rovnoběžnost pohybu suportu s osou vnitřní kuželové plochy pinoly koníku					
 <p data-bbox="199 907 933 985">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	Svislá (a) + Vodorovná (b)			
			ČSN			
		0,010/300				
		Mazak				
		0,007/200				
Naměřené úchylky [mm]		Svislá (a)				
		Vodorovná (b)				
14	Rovnoběžnost pohybu v ose Z s osou soustružení					
 <p data-bbox="199 1713 670 1758">L = 75% vzdálenosti mezi hroty (DC)</p> <p data-bbox="199 1803 933 1892">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn mezi hroty</p>		Dovolené úchylky [mm]	Svislá (a)	DC ≤ 500	ČSN	
				500 < DC ≤ 1000	0,010 0,015	
				Mazak	-	
				0,015		
Naměřené úchylky [mm]		Vodorovná (b)	DC ≤ 500	ČSN		
			500 < DC ≤ 1000	0,020 0,030		
					Mazak	-
					0,030	

15	Obvodové házení díry nástrojového vřetena				
 <p>Provést pro všechna nástrojová vřetena</p> <p>Měření opakovat alespoň 4x a pootočit o 90°, zaznamenat průměrnou hodnotu</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	U vřetena (a)	ČSN	0,010
				Mazak	0,007
			Na konci trnu (b)	ČSN	0,015/100
				Mazak	0,007/200
 <p>Měřená délka L = 100 mm</p> <p>Provést pro všechny upínací díry revolverové hlavy</p> <p>Revolverová hlava by měla být v přední poloze</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	Svislá (a)	ČSN	0,030
				Mazak	-
			Vodorovná (b)	ČSN	0,030
				Mazak	-
		Naměřené úchylky [mm]	Svislá (a)		
			Vodorovná (b)		

17	Rovnoběžnost osy upínací díry revolverové hlavy nebo rovnoběžnost ložní plochy nožového držáku s pohybem revolverové hlavy				
 <p>Měřená délka L = 100 mm</p> <p>Provést pro všechny upínací díry revolverové hlavy Revolverová hlava by měla být v přední poloze</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	Svislá (b)	ČSN	0,030
			Mazak	-	
			Vodorovná (a)	ČSN	0,030
			Mazak	-	
<p>Měřená délka L = 100 mm</p> <p>Provést pro všechny nástrojová vřetena</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Naměřené úchylky [mm]	Svislá (b)		
			Vodorovná (a)		
18	Rovnoběžnost osy nástrojového vřetena s pohybem v Z				
 <p>Měřená délka L = 100 mm</p> <p>Provést pro všechny nástrojová vřetena</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	Svislá (b)	ČSN	0,020
			Mazak	-	
			Vodorovná (a)	ČSN	0,020
			Mazak	-	
<p>Měřená délka L = 100 mm</p> <p>Provést pro všechny nástrojová vřetena</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Naměřené úchylky [mm]	Svislá (b)		
			Vodorovná (a)		

19	Rozdíl polohy osy obrobkového vřetena a osy nástrojového vřetena				
 <p data-bbox="204 801 805 835">Provést pro všechny polohy revolverové hlavy</p> <p data-bbox="204 887 933 969">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn, držák číselníkového úchylkoměru</p>		Dovolené úchylky [mm]	Rovnoběžná (1)	ČSN	0,030
				Mazak	-
			Kolmá (2)	ČSN	0,030
				Mazak	-
		Naměřené úchylky [mm]	Rovnoběžná (1)		
			Kolmá (2)		
20	Opakovatelnost indexování revolverové hlavy				
 <p data-bbox="204 1601 526 1635">Měřená délka L = 50 mm</p> <p data-bbox="204 1680 933 1758">Měření opakovat minimálně 3x pro minimálně tři různé polohy revolverové hlavy</p> <p data-bbox="204 1803 845 1881">Použitá měřidla: Číselníkové úchylkoměry, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	v ose Z (1)	ČSN	0,005
				Mazak	0,003
			v ose X (2)	ČSN	0,005
				Mazak	0,003
		Naměřené úchylky [mm]	v ose Z (1)		
			v ose X (2)		

Dovolené úchylky pro stroje MASTURN od výrobce Kovosvit MAS dle ČSN

PŘÍLOHA č. 12

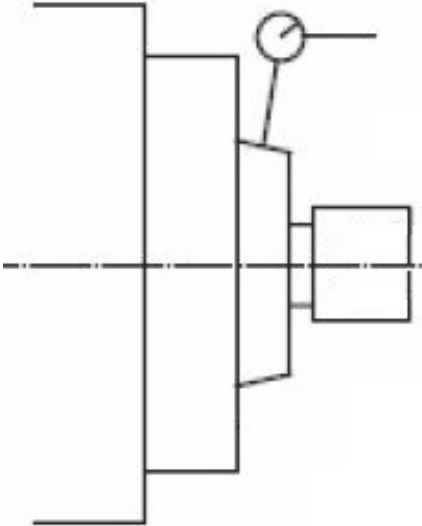
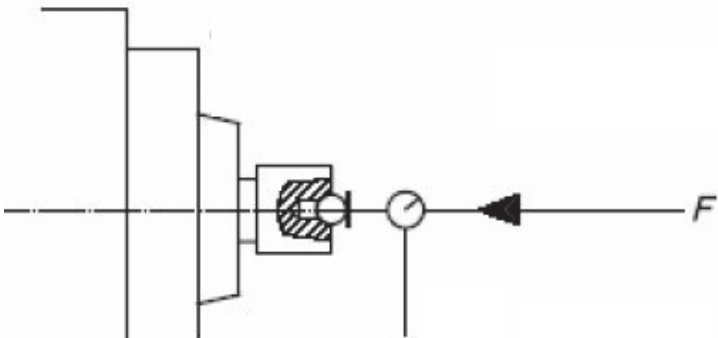
**Protokol měření geometrické přesnosti pro soustružnická centra – oběžný
průměr $250 < D \leq 500$**

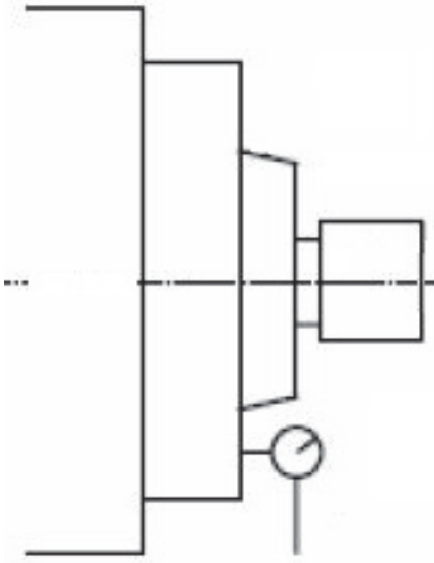
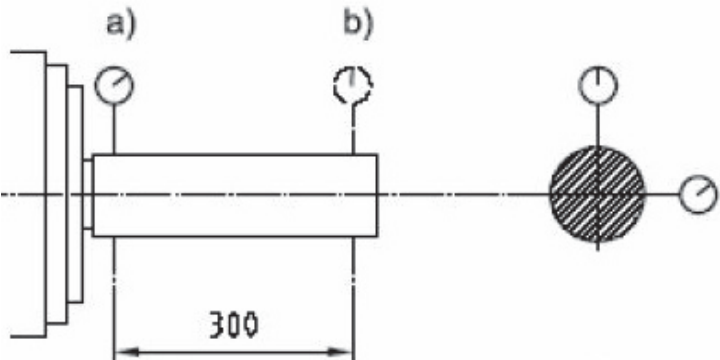
**Protokol pro měření geometrické
přesnosti stroje**
Soustružnické centrum – oběžný
průměr $250 < D \leq 500$

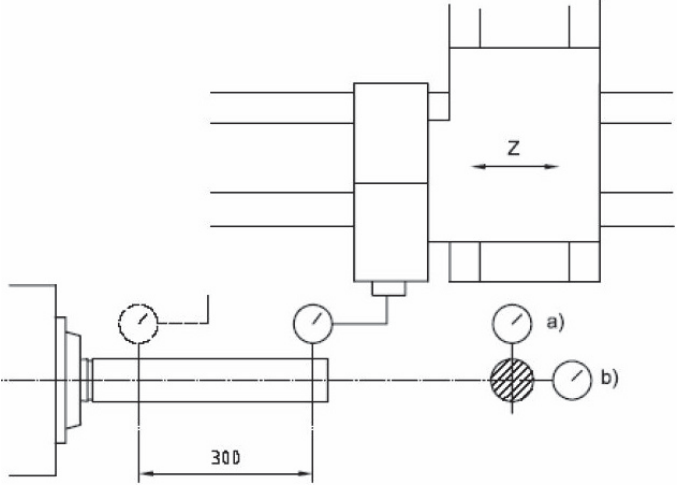
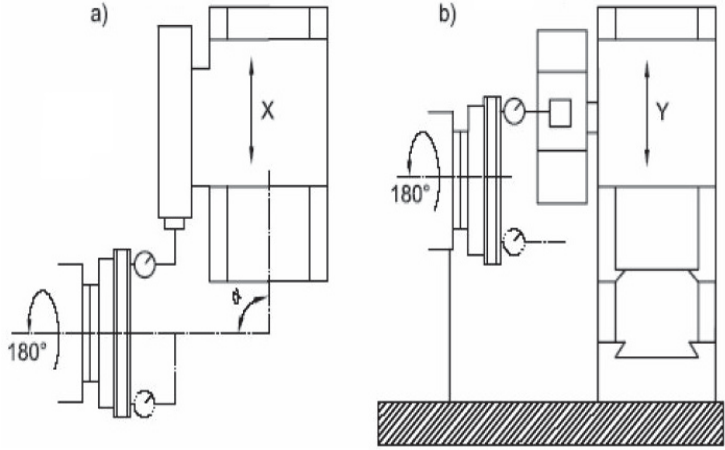


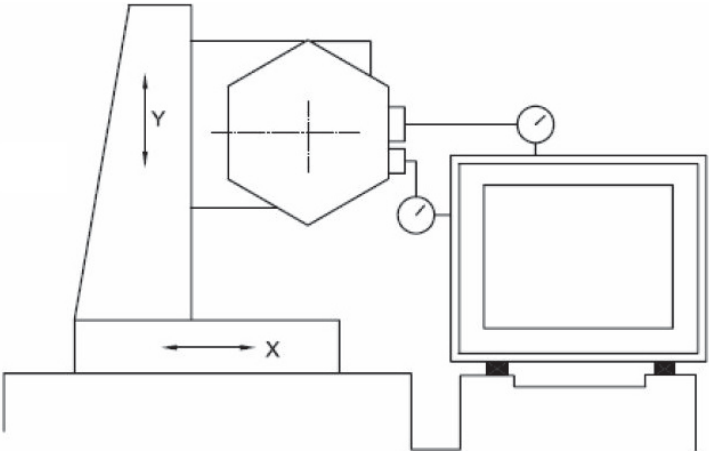
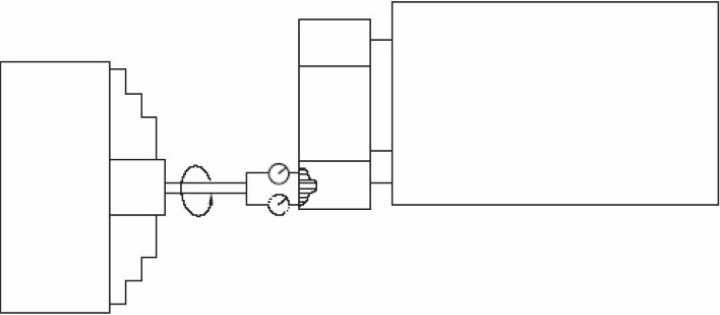
Název stroje:	
Inventární/výrobní číslo:	
Datum kontroly:	
Číslo protokolu:	
Měření provedeno:	
Jméno technika:	
Zjištěné závady:	
..... Podpis	

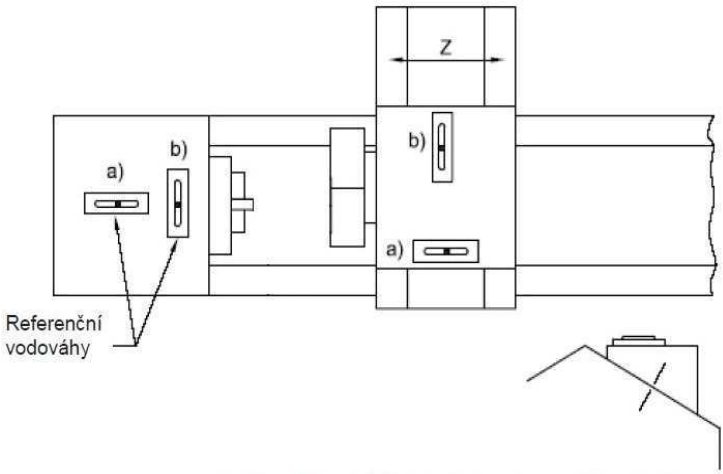
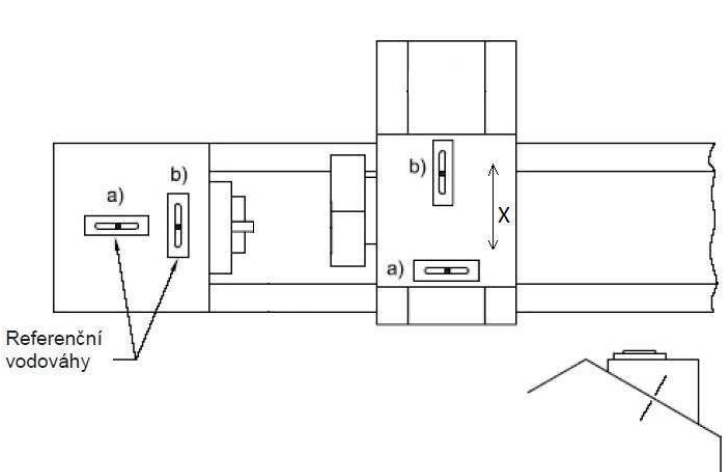
Reference: ČSN ISO 230-1, ČSN ISO 13041-1

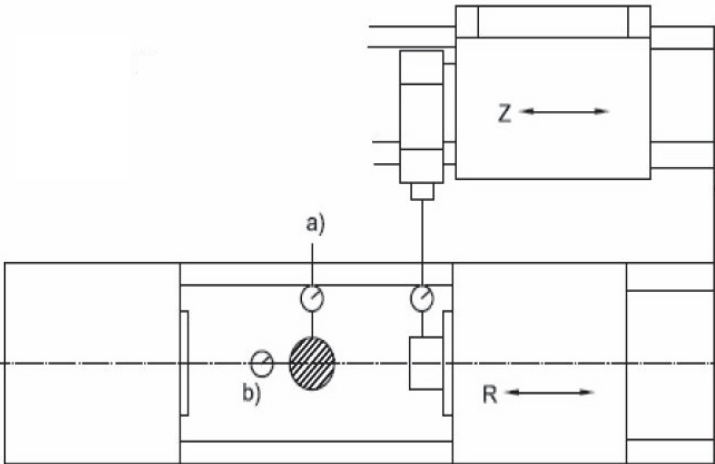
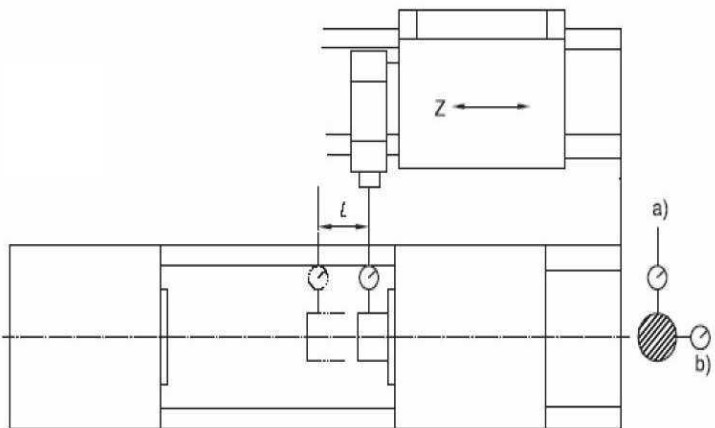
1	Obvodové házení středícího průměru obrobkového vřetena			
 <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	ČSN	0,008
			Mazak	0,003
		Naměřené úchylky [mm]		
2	Osový pohyb obrobkového vřetena			
 <p>Síla F specifikována výrobcem</p> <p>Pokud má stroj keramická ložiska - NEMĚŘIT</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn s kuličkou</p>		Dovolené úchylky [mm]	ČSN	0,005
			Mazak	
		Naměřené úchylky [mm]		

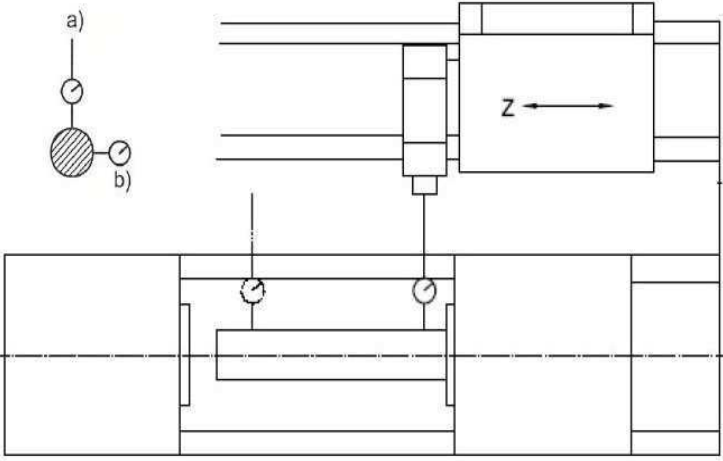
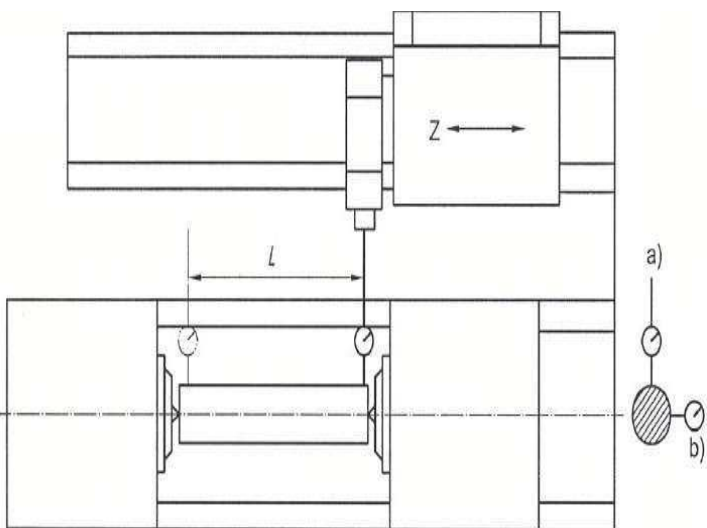
3	Čelní házení čela obrobkového vřetena				
 <p>Měřit na maximálním průměru Provést pro všechna obrobková vřetena</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	ČSN	0,010	
			Mazak	0,003	
		Naměřené úchylky [mm]			
4	Obvodové házení díry obrobkového vřetena				
 <p>Provést pro všechna obrobková vřetena</p> <p>Měření opakovat alespoň 4x a pootočit o 90°, zaznamenat průměrnou hodnotu</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	U vřetena (a)	ČSN	0,015
			Mazak	-	
		Na konci trnu (b)	ČSN	0,020	
		Mazak	-		
Naměřené úchylky [mm]	U vřetena (a)				
	Na konci trnu (b)				

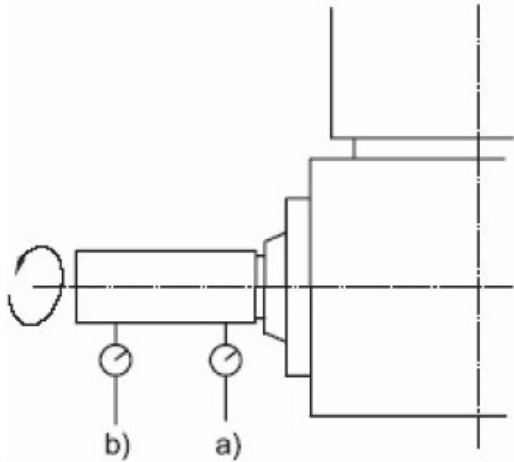
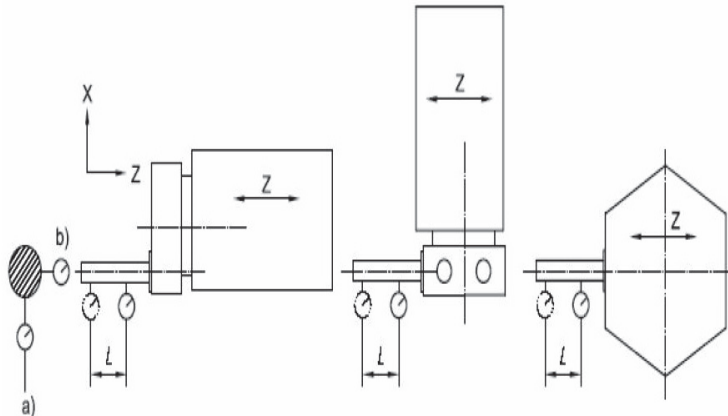
5	Rovnoběžnost pohybu suportu s osou rotace obrobkového vřetena				
 <p data-bbox="204 864 927 898">Provést pro všechna obrobková vřetena a pohyby v ose</p> <p data-bbox="204 943 884 1010">Vřeteno vždy natočit do střední polohy obvodového házení</p> <p data-bbox="204 1055 932 1133">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>	Dovolené úchylky [mm]	Svislá (a)	ČSN	0,015	
			Mazak	0,010	
	Vodorovná (b)	ČSN	0,020		
		Mazak	0,010		
Naměřené úchylky [mm]	Svislá (a)				
		Vodorovná (b)			
6	Kolmost obrobkového vřetena				
 <p data-bbox="204 1738 695 1771">Povrch by měl být rovný nebo vydutý</p> <p data-bbox="204 1816 916 1883">Úchylka kolmosti je maximální rozdíl středních hodnot obou měření</p> <p data-bbox="204 1928 900 2007">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, lícní deska, pravítko</p>	Dovolené úchylky [mm]	k ose X (a)	ČSN	0,015	
			Mazak	-	
	k ose Y (b)	ČSN	0,020		
		Mazak	-		
Naměřené úchylky [mm]	k ose X (a)				
		k ose Y (b)			

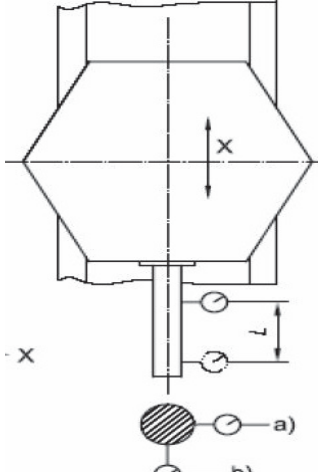
7	Kolmost pohybu v ose Y k pohybu v ose X			
 <p data-bbox="204 801 820 875">Referenční plocha úhelníku musí být nastavena rovnoběžně s podélným pohybem v ose X</p> <p data-bbox="204 927 820 1010">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, přesný úhelník</p>		Dovolené úchytky [mm]	ČSN	0,020
8		Kolmost upínacích čel revolverové hlavy		
 <p data-bbox="204 1675 868 1711">Provést pro všechna upínací čela revolverové hlavy</p> <p data-bbox="204 1765 916 1845">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, držák číselníkového úchylkoměru</p>		Dovolené úchytky [mm]	ČSN	0,02/100
		Naměřené úchytky [mm]	Mazak	-

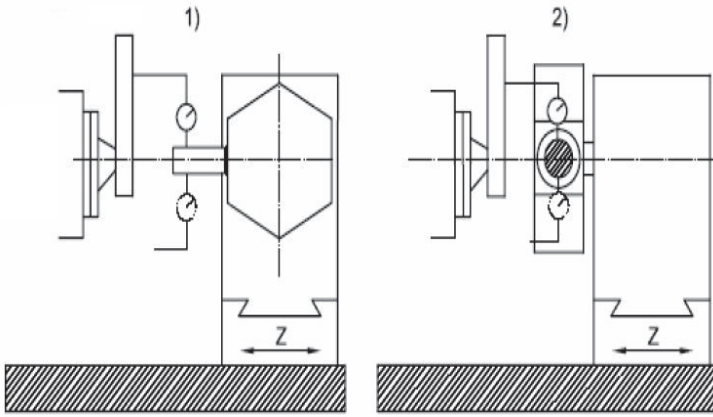
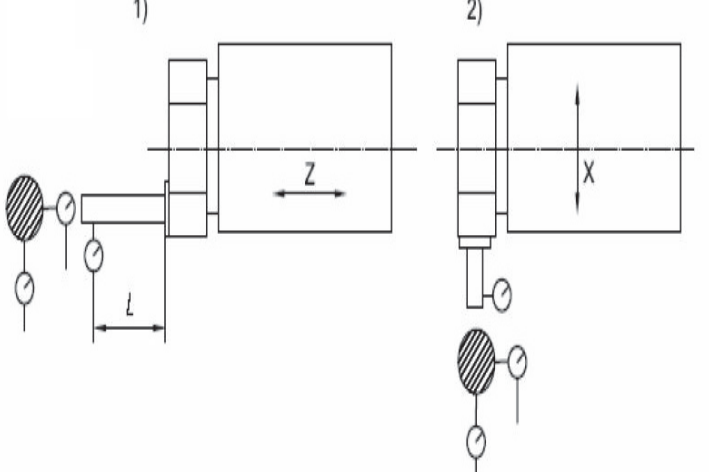
9	Úhlové úchytky pohybu suportu v ose Z	Měřit pokud je stroj ukotven															
 <p>V případě že není žádná plocha pro montáž vodováhy</p> <p>Měření provádět alespoň v 5 polohách rovnoměrně rozložených v rozsahu dráhy v obou směslech pohybu</p> <p>Použitá měřidla: a), b) Přesná vodováha</p>		<table border="1"> <tr> <td rowspan="4" style="vertical-align: middle;">Dovolené úchytky [mm]</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Podélné (a) + Příčné (b)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="vertical-align: middle;">0 – 500 > 500 - 1000 > 1000 - 2000</td> <td style="text-align: center;">ČSN</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0,040/1000 0,060/1000 0,080/1000</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Mazak</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">0,020/100</td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td rowspan="2" style="vertical-align: middle;">Naměřené úchytky [mm]</td> <td style="text-align: center;">Podélné (a)</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Příčné (b)</td> <td></td> </tr> </table>	Dovolené úchytky [mm]	Podélné (a) + Příčné (b)		0 – 500 > 500 - 1000 > 1000 - 2000	ČSN	0,040/1000 0,060/1000 0,080/1000	Mazak			0,020/100	Naměřené úchytky [mm]	Podélné (a)		Příčné (b)	
Dovolené úchytky [mm]	Podélné (a) + Příčné (b)																
	0 – 500 > 500 - 1000 > 1000 - 2000	ČSN															
		0,040/1000 0,060/1000 0,080/1000															
		Mazak															
		0,020/100															
Naměřené úchytky [mm]	Podélné (a)																
	Příčné (b)																
10	Úhlové úchytky pohybu revolverové hlavy v ose X	Měřit pokud je stroj ukotven															
 <p>V případě že není žádná plocha pro montáž vodováhy</p> <p>Měření provádět alespoň v 5 polohách rovnoměrně rozložených v rozsahu dráhy v obou směslech pohybu</p> <p>Použitá měřidla: a), b) Přesná vodováha</p>		<table border="1"> <tr> <td rowspan="4" style="vertical-align: middle;">Dovolené úchytky [mm]</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Podélné (a) Příčné (b)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="vertical-align: middle;">0 – 500 > 500 - 1000 > 1000 - 2000</td> <td style="text-align: center;">ČSN</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0,040/1000 0,060/1000 0,080/1000</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Mazak</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">0,020/100</td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td rowspan="2" style="vertical-align: middle;">Naměřené úchytky [mm]</td> <td style="text-align: center;">Příčné (a)</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Příčné (b)</td> <td></td> </tr> </table>	Dovolené úchytky [mm]	Podélné (a) Příčné (b)		0 – 500 > 500 - 1000 > 1000 - 2000	ČSN	0,040/1000 0,060/1000 0,080/1000	Mazak			0,020/100	Naměřené úchytky [mm]	Příčné (a)		Příčné (b)	
Dovolené úchytky [mm]	Podélné (a) Příčné (b)																
	0 – 500 > 500 - 1000 > 1000 - 2000	ČSN															
		0,040/1000 0,060/1000 0,080/1000															
		Mazak															
		0,020/100															
Naměřené úchytky [mm]	Příčné (a)																
	Příčné (b)																

11	Rovnoběžnost pohybu koníku s pohybem suportu				
		Dovolené úchytky [mm]	Svislá (a)	0-1000 >1000-2000	ČSN
					0,020 0,030
<p>Měření provádět alespoň v 5 polohách rovnoměrně rozložených v rozsahu dráhy v obou směrech pohybu</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, držák číselníkového úchylkoměru</p>			Vodorovná (b)	0-1000 >1000-2000	ČSN
					0,030 0,050
12		Rovnoběžnost pohybu pinoly s pohybem suportu			
				Dovolené úchytky [mm]	Svislá (a)
L = 100	0,010 0,015 0,020				
<p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, držák číselníkového úchylkoměru</p>			Vodorovná (b)	L = 50	ČSN
				L = 100	0,010 0,015 0,020
		Naměřené úchytky [mm]	Svislá (a)		

13	Rovnoběžnost pohybu suportu s osou vnitřní kuželové plochy pinoly koníku				
 <p data-bbox="199 907 933 985">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	Svislá (a) + Vodorovná (b)		
ČSN			0,02/300		
Mazak		0,007/200			
Naměřené úchylky [mm]		Svislá (a)			
		Vodorovná (b)			
14	Rovnoběžnost pohybu v ose Z s osou soustružení				
 <p data-bbox="199 1713 670 1758">L = 75% vzdálenosti mezi hroty (DC)</p> <p data-bbox="199 1803 933 1892">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn mezi hroty</p>		Dovolené úchylky [mm]	Svislá (a)	DC ≤ 500	ČSN 0,010 0,015
				500 < DC ≤ 1000	Mazak - 0,015
			Vodorovná (b)	DC ≤ 500	ČSN 0,020 0,030
				500 < DC ≤ 1000	Mazak - 0,030
		Naměřené úchylky [mm]		Svislá (a)	
Vodorovná (b)					

15	Obvodové házení díry nástrojového vřetena				
 <p>Provést pro všechna nástrojová vřetena</p> <p>Měření opakovat alespoň 4x a pootočit o 90°, zaznamenat průměrnou hodnotu</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	U vřetena (a)	ČSN	0,015
			Mazak	0,010	
			Na konci trnu (b)	ČSN	0,02/100
			Mazak	0,02/100	
 <p>Měřená délka L = 100 mm</p> <p>Provést pro všechny upínací díry revolverové hlavy</p> <p>Revolverová hlava by měla být v přední poloze</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	Svislá (a)	ČSN	0,030
			Mazak	-	
			Vodorovná (b)	ČSN	0,030
			Mazak	-	
		Naměřené úchylky [mm]	Svislá (a)		
			Vodorovná (b)		

17	Rovnoběžnost osy upínací díry revolverové hlavy nebo rovnoběžnost ložní plochy nožového držáku s pohybem revolverové hlavy				
 <p>Měřená délka L = 100 mm</p> <p>Provést pro všechny upínací díry revolverové hlavy Revolverová hlava by měla být v přední poloze</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchytky [mm]	Svislá (b)	ČSN	0,030
			Mazak	-	
			Vodorovná (a)	ČSN	0,030
			Mazak	-	
<p>Měřená délka L = 100 mm</p> <p>Provést pro všechny nástrojová vřetena</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Naměřené úchytky [mm]	Svislá (b)		
			Vodorovná (a)		
		Dovolené úchytky [mm]	Svislá (b)	ČSN	0,020
			Mazak	-	
			Vodorovná (a)	ČSN	0,020
			Mazak	-	
		Naměřené úchytky [mm]	Svislá (b)		
			Vodorovná (a)		

19	Rozdíl polohy osy obrobkového vřetena a osy nástrojového vřetena				
 <p data-bbox="199 795 805 840">Provést pro všechny polohy revolverové hlavy</p> <p data-bbox="199 884 933 974">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn, držák číselníkového úchylkoměru</p>		Dovolené úchylky [mm]	Rovnoběžná (1)	ČSN	0,040
			Mazak		-
			Kolmá (2)	ČSN	0,040
				Mazak	-
		Naměřené úchylky [mm]	Rovnoběžná (1)		
			Kolmá (2)		
20	Opakovatelnost indexování revolverové hlavy				
 <p data-bbox="199 1612 542 1646">Měřená délka L = 100 mm</p> <p data-bbox="199 1691 933 1769">Měření opakovat minimálně 3x pro minimálně tři různé polohy revolverové hlavy</p> <p data-bbox="199 1814 845 1892">Použitá měřidla: Číselníkové úchylkoměry, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	v ose Z (1)	ČSN	0,010
			Mazak		0,003
		Naměřené úchylky [mm]	v ose X (2)	ČSN	0,010
				Mazak	0,003

Dovolené úchylky pro stroje MASTURN od výrobce Kovosvit MAS dle ČSN

PŘÍLOHA č. 13

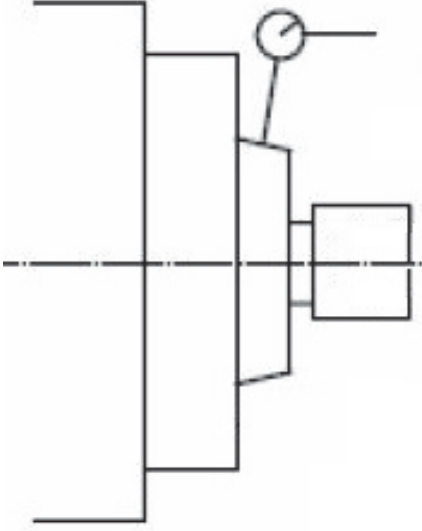
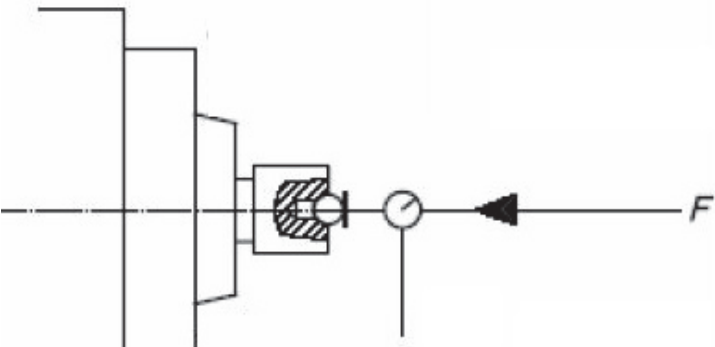
**Protokol měření geometrické přesnosti pro soustružnická centra – oběžný
průměr $500 < D \leq 1000$**

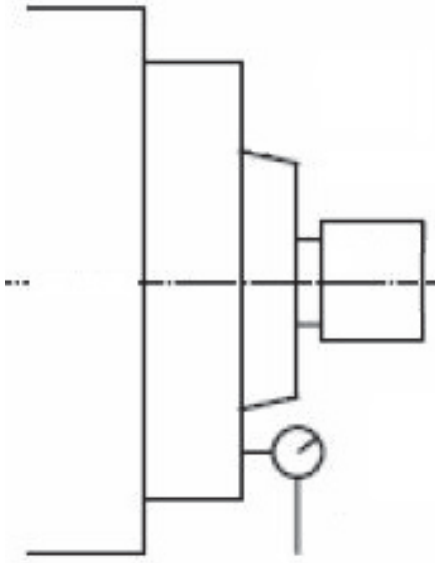
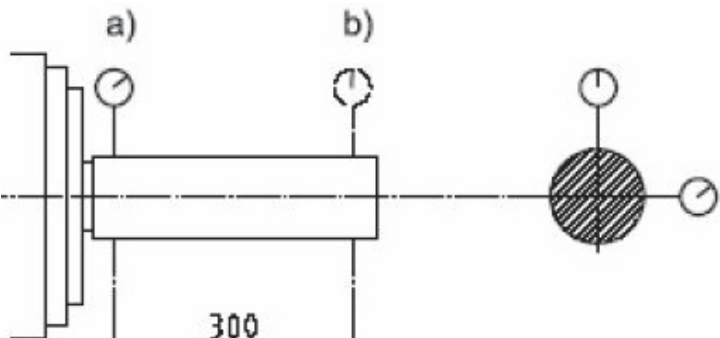
**Protokol pro měření geometrické
přesnosti stroje**
Soustružnické centrum – oběžný
průměr $500 < D \leq 1000$

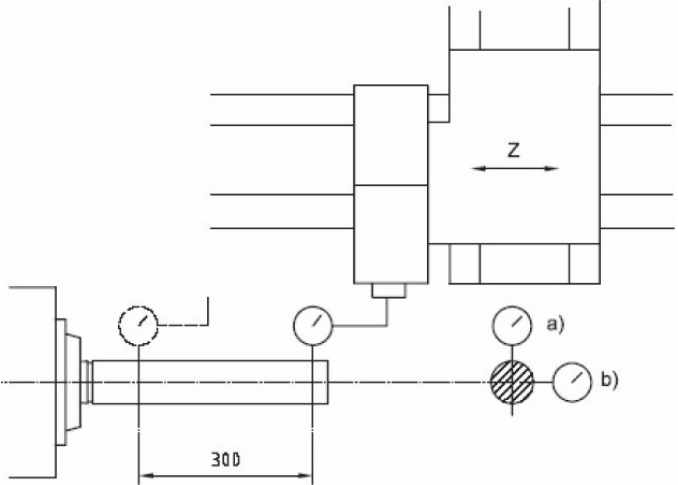
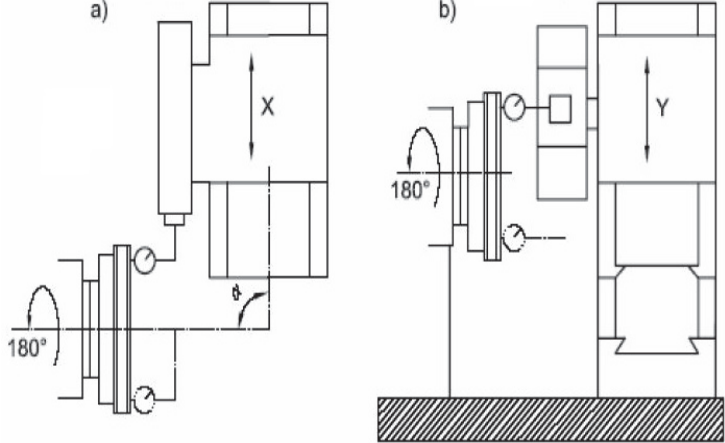


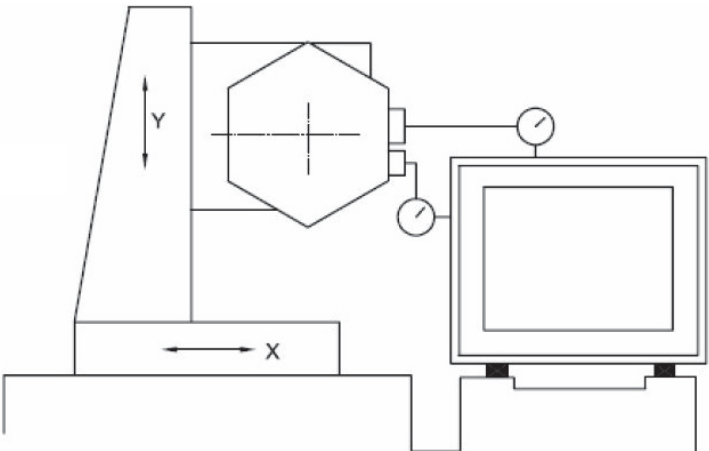
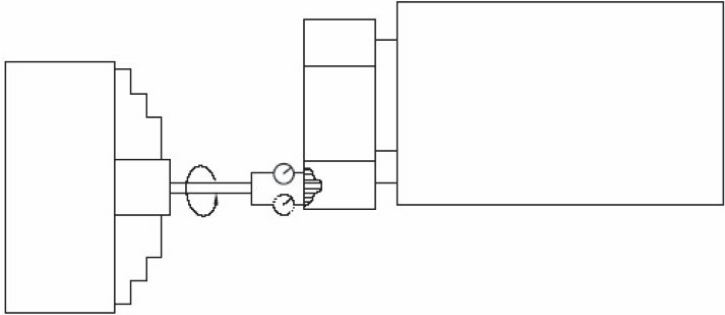
Název stroje:	
Inventární/výrobní číslo:	
Datum kontroly:	
Číslo protokolu:	
Měření provedeno:	
Jméno technika:	
Zjištěné závady:	
..... Podpis	

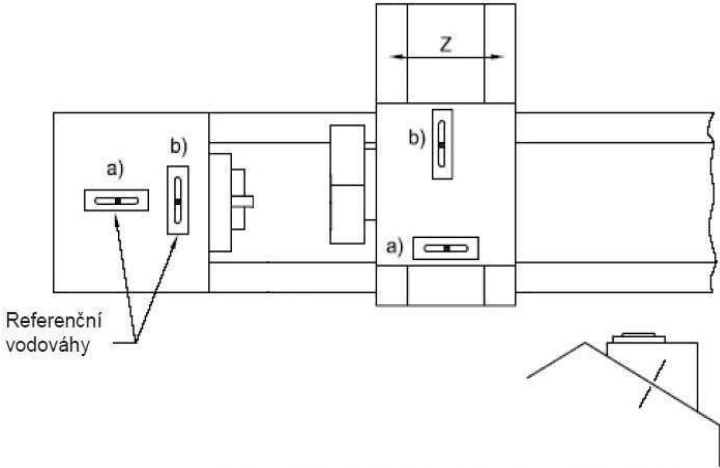
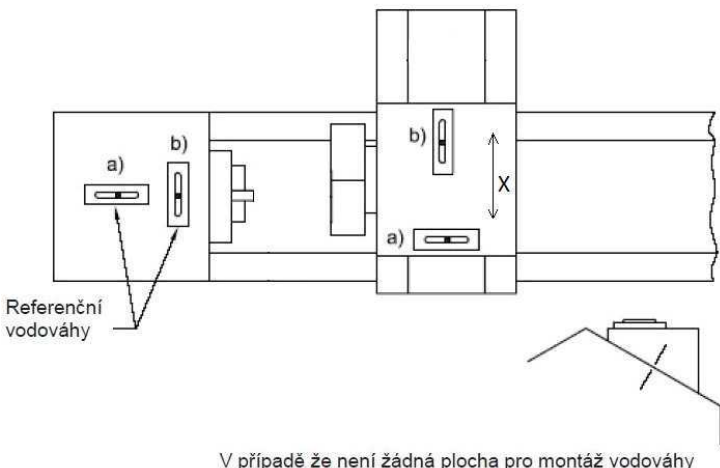
Reference: ČSN ISO 230-1, ČSN ISO 13041-1

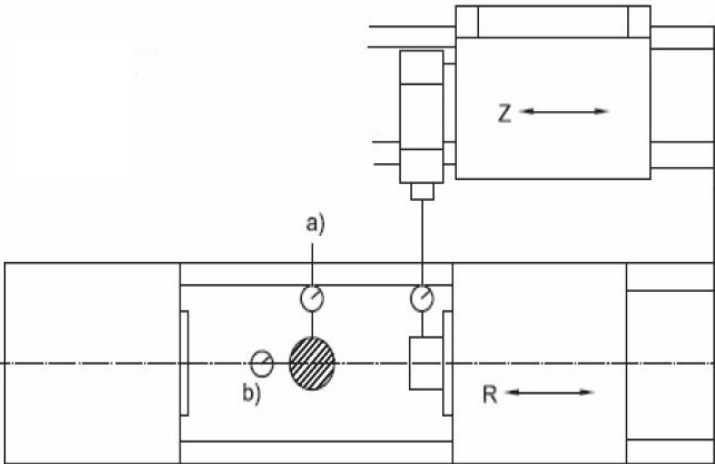
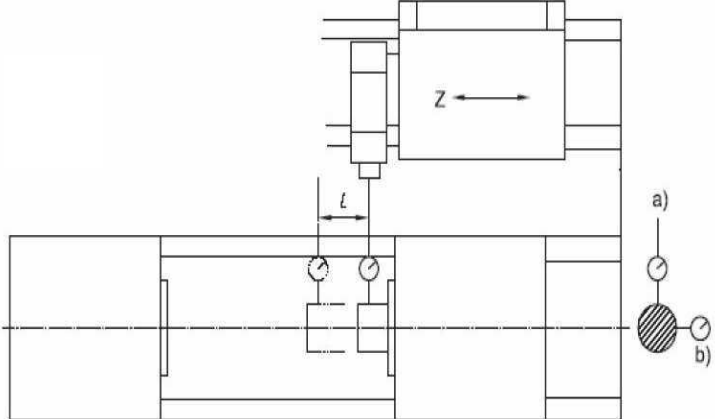
1	Obvodové házení středícího průměru obrobkového vřetena			
 <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	ČSN	0,012
			Mazak	0,005
		Naměřené úchylky [mm]		
2	Osový pohyb obrobkového vřetena			
 <p>Síla F specifikována výrobcem</p> <p>Pokud má stroj keramická ložiska - NEMĚŘIT</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn s kuličkou</p>		Dovolené úchylky [mm]	ČSN	0,005
			Mazak	-
		Naměřené úchylky [mm]		

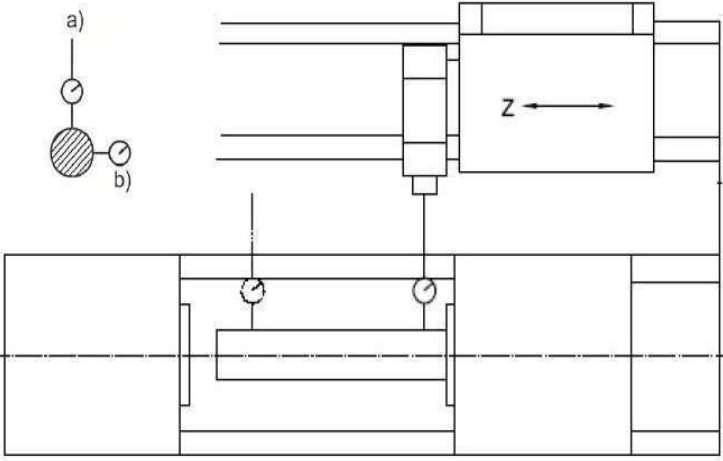
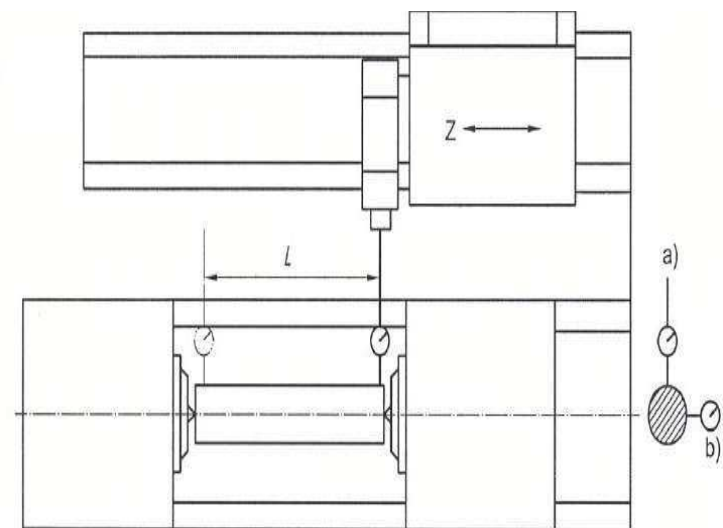
3	Čelní házení čela obrobkového vřetena				
 <p>Měřit na maximálním průměru Provést pro všechna obrobková vřetena</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	ČSN	0,015	
			Mazak	0,005	
		Naměřené úchylky [mm]			
4	Obvodové házení díry obrobkového vřetena				
 <p>Provést pro všechna obrobková vřetena</p> <p>Měření opakovat alespoň 4x a pootočit o 90°, zaznamenat průměrnou hodnotu</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	U vřetena (a)	ČSN	0,020
			Mazak	-	
		Na konci trnu (b)	ČSN	0,025	
		Mazak	-		
		Naměřené úchylky [mm]	U vřetena (a)		
			Na konci trnu (b)		

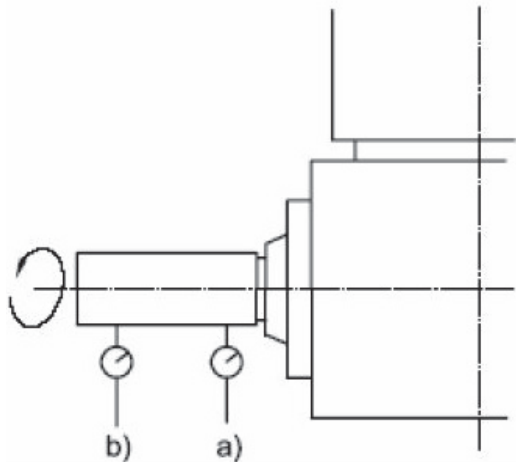
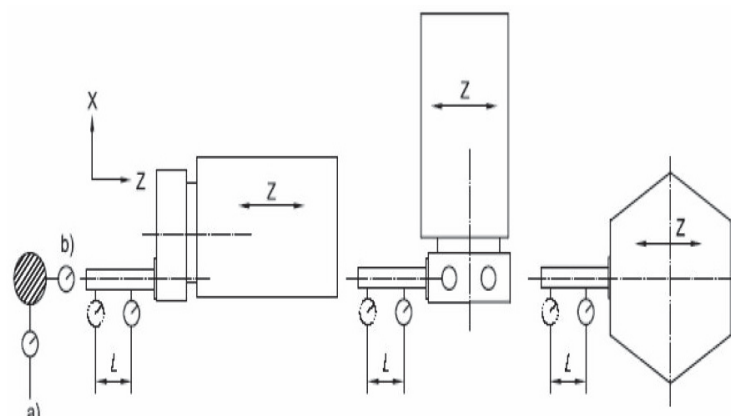
5	Rovnoběžnost pohybu suportu s osou rotace obrobkového vřetena				
 <p data-bbox="204 801 927 1077"> Provést pro všechna obrobková vřetena a pohyby v ose Vřeteno vždy natočit do střední polohy obvodového házení Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn </p>	Dovolené úchylky [mm]	Svislá (a)	ČSN	0,020	
		Mazak	0,010		
	Vodorovná (b)	ČSN	0,025		
	Mazak	0,015			
Naměřené úchylky [mm]	Svislá (a)				
	Vodorovná (b)				
6	Kolmost obrobkového vřetena				
 <p data-bbox="204 1682 916 1957"> Povrch by měl být rovný nebo vydutý Úchylka kolmosti je maximální rozdíl středních hodnot obou měření Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, lícní deska, pravítka </p>	Dovolené úchylky [mm]	k ose X (a)	ČSN	0,025	
		Mazak	-		
	k ose Y (b)	ČSN	0,020		
	Mazak	-			
Naměřené úchylky [mm]	k ose X (a)				
	k ose Y (b)				

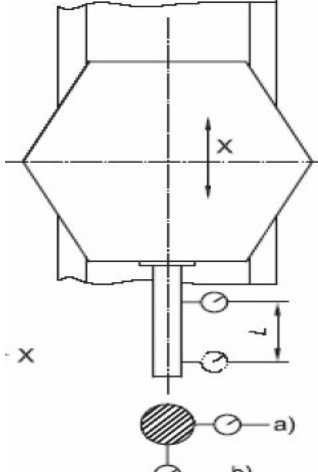
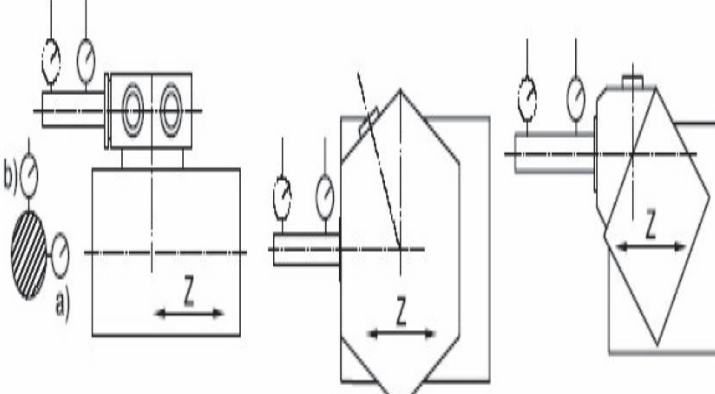
7	Kolmost pohybu v ose Y k pohybu v ose X				
 <p data-bbox="204 801 823 875">Referenční plocha úhelníku musí být nastavena rovnoběžně s podélným pohybem v ose X</p> <p data-bbox="204 925 823 1010">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, přesný úhelník</p>		Dovolené úchytky [mm]	ČSN	0,030/300	
8		Kolmost upínacích čel revolverové hlavy			
 <p data-bbox="204 1675 871 1709">Provést pro všechna upínací čela revolverové hlavy</p> <p data-bbox="204 1758 922 1843">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, držák číselníkového úchylkoměru</p>		Dovolené úchytky [mm]	ČSN	0,02/100	
		Naměřené úchytky [mm]	Mazak	-	

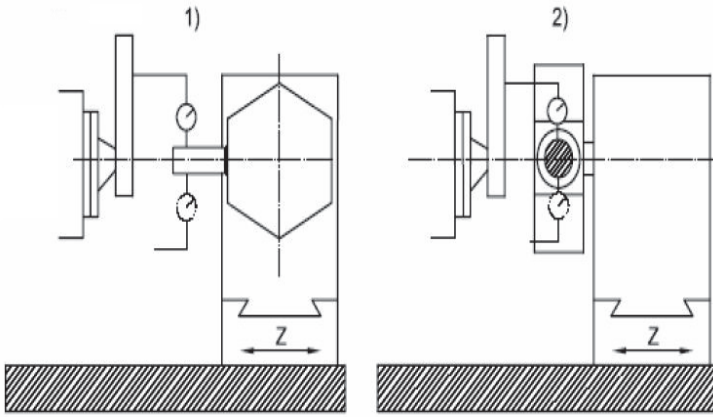
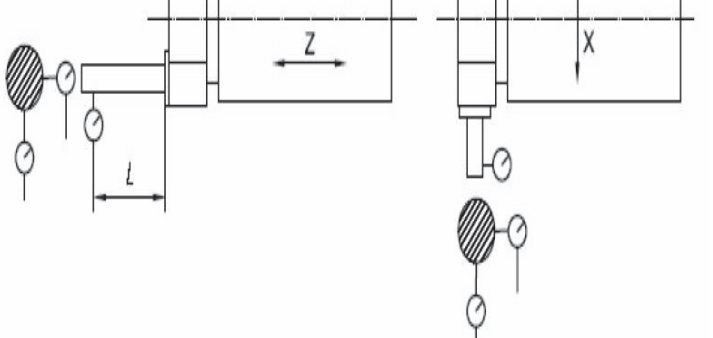
9	Úhlové úchytky pohybu suportu v ose Z	Měřit pokud je stroj ukotven															
 <p>V případě že není žádná plocha pro montáž vodováhy</p> <p>Měření provádět alespoň v 5 polohách rovnoměrně rozložených v rozsahu dráhy v obou směslech pohybu</p> <p>Použitá měřidla: a), b) Přesná vodováha</p>		<table border="1"> <tr> <td rowspan="4">Dovolené úchytky [mm]</td> <td colspan="2">Podélné (a) + Příčné (b)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">0 – 500 > 500 - 1000 > 1000 - 2000</td> <td>ČSN</td> </tr> <tr> <td>0,040/1000 0,060/1000 0,080/1000</td> </tr> <tr> <td>Mazak</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0,020/100</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Naměřené úchytky [mm]</td> <td>Podélné (a)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Příčné (b)</td> <td></td> </tr> </table>	Dovolené úchytky [mm]	Podélné (a) + Příčné (b)		0 – 500 > 500 - 1000 > 1000 - 2000	ČSN	0,040/1000 0,060/1000 0,080/1000	Mazak			0,020/100	Naměřené úchytky [mm]	Podélné (a)		Příčné (b)	
Dovolené úchytky [mm]	Podélné (a) + Příčné (b)																
	0 – 500 > 500 - 1000 > 1000 - 2000	ČSN															
		0,040/1000 0,060/1000 0,080/1000															
		Mazak															
		0,020/100															
Naměřené úchytky [mm]	Podélné (a)																
	Příčné (b)																
10	Úhlové úchytky pohybu revolverové hlavy v ose X	Měřit pokud je stroj ukotven															
 <p>V případě že není žádná plocha pro montáž vodováhy</p> <p>Měření provádět alespoň v 5 polohách rovnoměrně rozložených v rozsahu dráhy v obou směslech pohybu</p> <p>Použitá měřidla: a), b) Přesná vodováha</p>		<table border="1"> <tr> <td rowspan="4">Dovolené úchytky [mm]</td> <td colspan="2">Podélné (a) + Příčné (b)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">0 – 500 > 500 - 1000 > 1000 - 2000</td> <td>ČSN</td> </tr> <tr> <td>0,040/1000 0,060/1000 0,080/1000</td> </tr> <tr> <td>Mazak</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0,020/100</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Naměřené úchytky [mm]</td> <td>Podélné (a)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Příčné (b)</td> <td></td> </tr> </table>	Dovolené úchytky [mm]	Podélné (a) + Příčné (b)		0 – 500 > 500 - 1000 > 1000 - 2000	ČSN	0,040/1000 0,060/1000 0,080/1000	Mazak			0,020/100	Naměřené úchytky [mm]	Podélné (a)		Příčné (b)	
Dovolené úchytky [mm]	Podélné (a) + Příčné (b)																
	0 – 500 > 500 - 1000 > 1000 - 2000	ČSN															
		0,040/1000 0,060/1000 0,080/1000															
		Mazak															
		0,020/100															
Naměřené úchytky [mm]	Podélné (a)																
	Příčné (b)																

11	Rovnoběžnost pohybu koníku s pohybem suportu				
		Dovolené úchytky [mm]	Svislá (a)	0-1000 >1000-2000	ČSN
<p>Měření provádět alespoň v 5 polohách rovnoměrně rozložených v rozsahu dráhy v obou směrech pohybu</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, držák číselníkového úchylkoměru</p>					0,020 0,030
12		Rovnoběžnost pohybu pinoly s pohybem suportu			
		Dovolené úchytky [mm]	Svislá (a)	L = 50 L = 100 L = 150	ČSN
<p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, držák číselníkového úchylkoměru</p>					0,010 0,015 0,020
		Naměřené úchytky [mm]	Svislá (a)		
			Vodorovná (b)		

13	Rovnoběžnost pohybu suportu s osou vnitřní kuželové plochy pinoly koníku							
 <p data-bbox="199 907 933 985">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	Svislá (a) + Vodorovná (b)					
ČSN								
0,025/300								
Mazak								
-								
		Naměřené úchylky [mm]	Svislá (a)					
			Vodorovná (b)					
14	Rovnoběžnost pohybu v ose Z s osou soustružení							
 <p data-bbox="199 1713 670 1758">L = 75% vzdálenosti mezi hroty (DC)</p> <p data-bbox="199 1803 933 1892">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn mezi hroty</p>		Dovolené úchylky [mm]	Svislá (a)	DC ≤ 500	ČSN 0,010 0,015			
500 < DC ≤ 1000				Mazak				
-				0,015				
				Vodorovná (b)	DC ≤ 500	ČSN 0,020 0,030		
					500 < DC ≤ 1000			Mazak
					-			0,030
		Naměřené úchylky [mm]	Svislá (a)					
			Vodorovná (b)					

15	Obvodové házení díry nástrojového vřetena				
 <p>Provést pro všechna nástrojová vřetena</p> <p>Měření opakovat alespoň 4x a potočit o 90°, zaznamenat průměrnou hodnotu</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchytky [mm]	U vřetena (a)	ČSN	0,020
			Mazak	0,010	
			Na konci trnu (b)	ČSN	0,025/100
			Mazak	0,025/100	
 <p>Měřená délka L = 100 mm</p> <p>Provést pro všechny upínací díry revolverové hlavy</p> <p>Revolverová hlava by měla být v přední poloze</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchytky [mm]	Svislá (a)	ČSN	0,030
			Mazak	-	
			Vodorovná (b)	ČSN	0,030
			Mazak	-	
		Naměřené úchytky [mm]	Svislá (a)		
			Vodorovná (b)		

17	Rovnoběžnost osy upínací díry revolverové hlavy nebo rovnoběžnost ložní plochy nožového držáku s pohybem revolverové hlavy				
 <p>Měřená délka L = 100 mm</p> <p>Provést pro všechny upínací díry revolverové hlavy Revolverová hlava by měla být v přední poloze</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	Svislá (b)	ČSN	0,030
			Mazak	-	
		Naměřené úchylky [mm]	Vodorovná (a)	ČSN	0,030
			Mazak	-	
18		Rovnoběžnost osy nástrojového vřetena s pohybem v Z			
 <p>Měřená délka L = 100 mm</p> <p>Provést pro všechny nástrojová vřetena</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	Svislá (b)	ČSN	0,020
			Mazak	-	
		Naměřené úchylky [mm]	Vodorovná (a)	ČSN	0,020
			Mazak	-	

19	Rozdíl polohy osy obrobkového vřetena a osy nástrojového vřetena				
 <p data-bbox="204 801 804 835">Provést pro všechny polohy revolverové hlavy</p> <p data-bbox="204 887 932 969">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn, držák číselníkového úchylkoměru</p>		Dovolené úchylky [mm]	Rovnoběžná (1)	ČSN	0,040
				Mazak	-
			Kolmá (2)	ČSN	0,040
				Mazak	-
		Naměřené úchylky [mm]	Rovnoběžná (1)		
				Kolmá (2)	
20	Opakovatelnost indexování revolverové hlavy				
 <p data-bbox="204 1630 544 1664">Měřená délka L = 100 mm</p> <p data-bbox="204 1709 932 1783">Měření opakovat minimálně 3x pro minimálně tři různé polohy revolverové hlavy</p> <p data-bbox="204 1827 847 1910">Použitá měřidla: Číselníkové úchylkoměry, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	v ose Z (1)	ČSN	0,015
				Mazak	0,002
			v ose X (2)	ČSN	0,015
				Mazak	0,002
		Naměřené úchylky [mm]	v ose Z (1)		
			v ose X (2)		

Dovolené úchylky pro stroje MASTURN od výrobce Kovosvit MAS dle ČSN

PŘÍLOHA č. 14

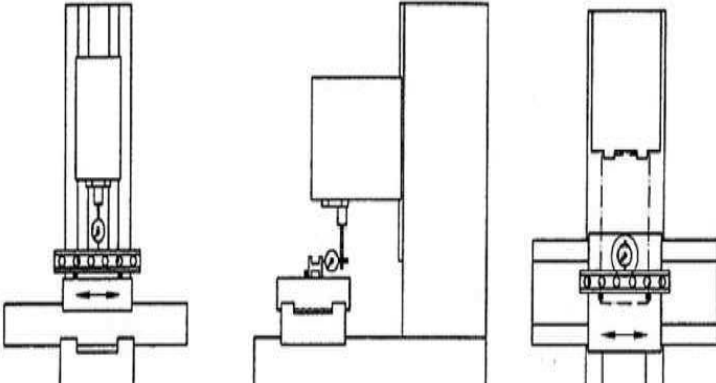
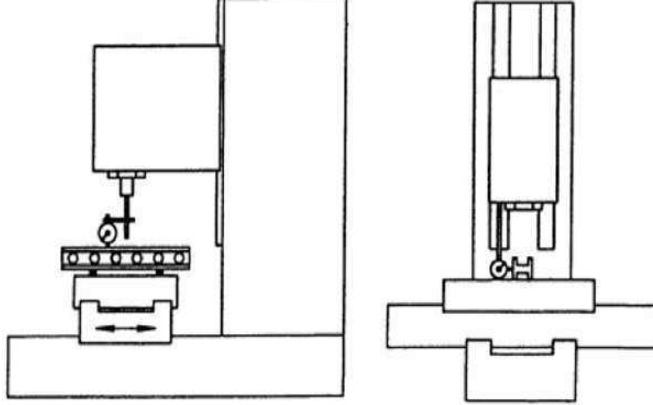
**Protokol měření geometrické přesnosti pro frézovací centra se svislou osou
rotace – 3osá**

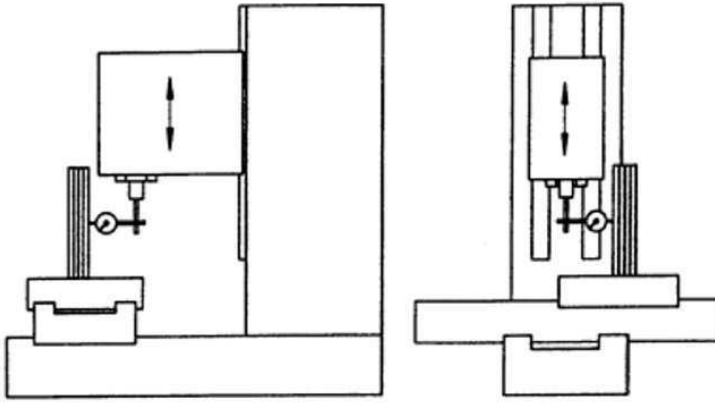
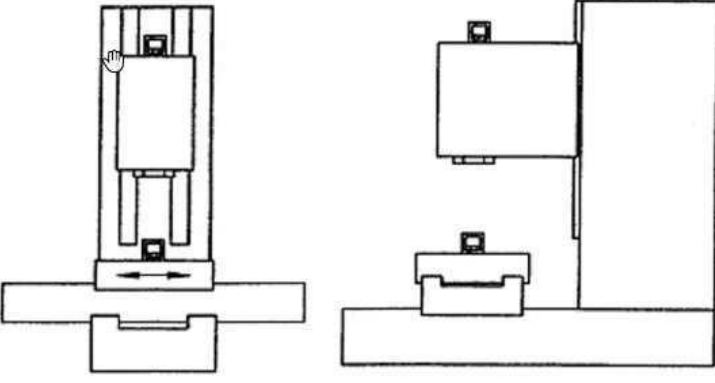
**Protokol pro měření geometrické
přesnosti stroje
Frézovací centra 3osá – svislá osa**

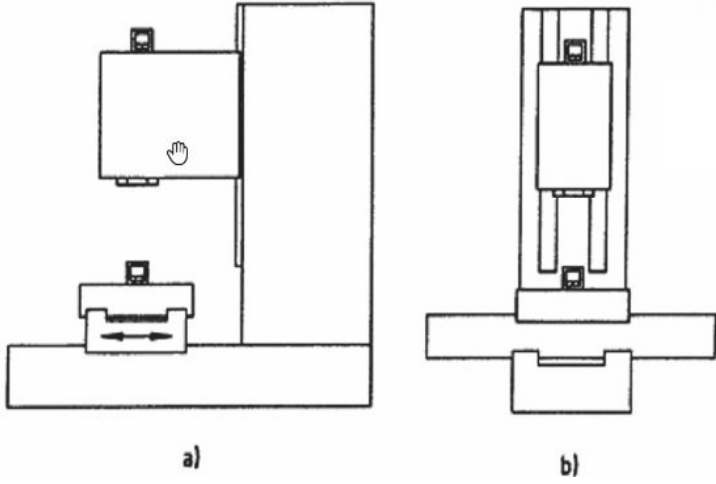
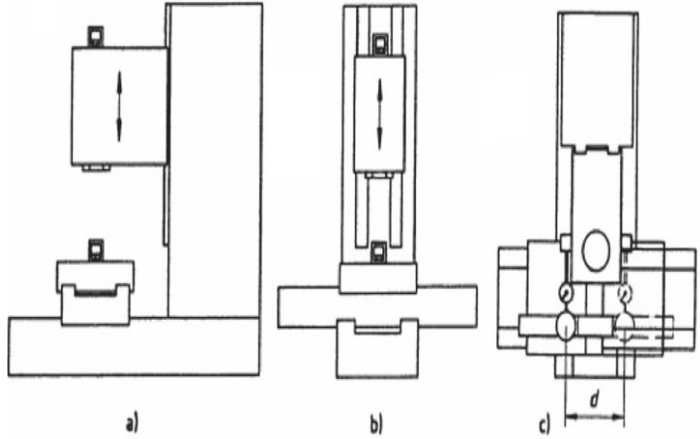


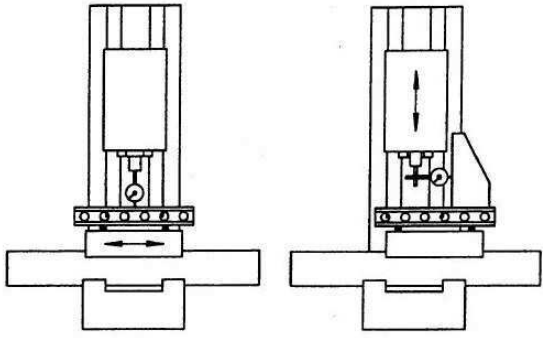
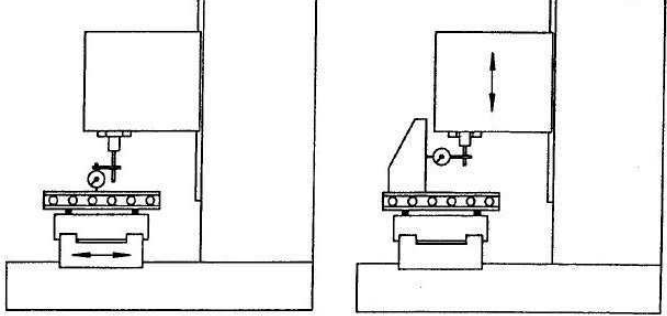
Název stroje:	
Inventární/výrobní číslo:	
Datum kontroly:	
Číslo protokolu:	
Měření provedeno:	
Jméno technika:	
Zjištěné závady:	
..... Podpis	

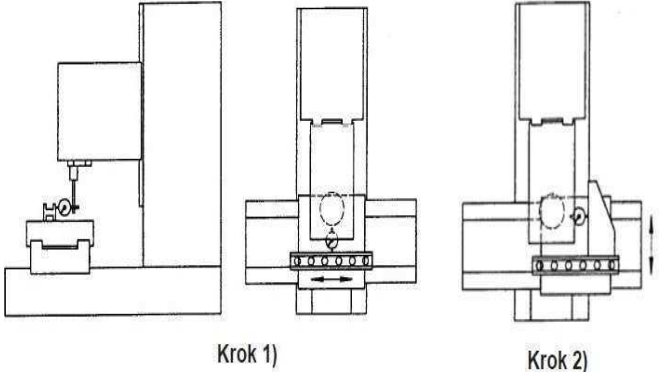
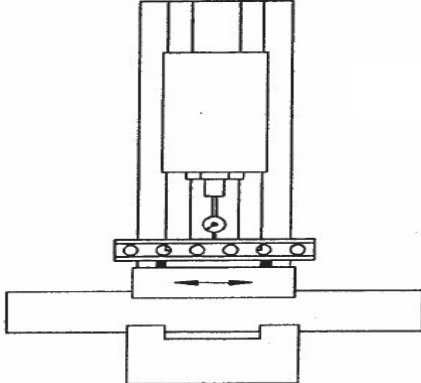
Reference: ČSN ISO 230-1, ČSN ISO 10791-2

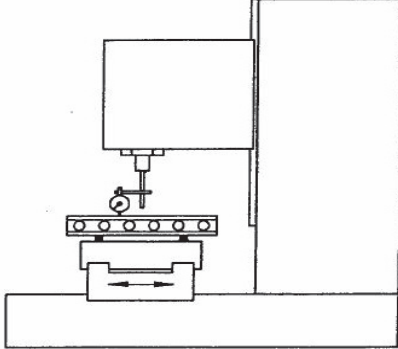
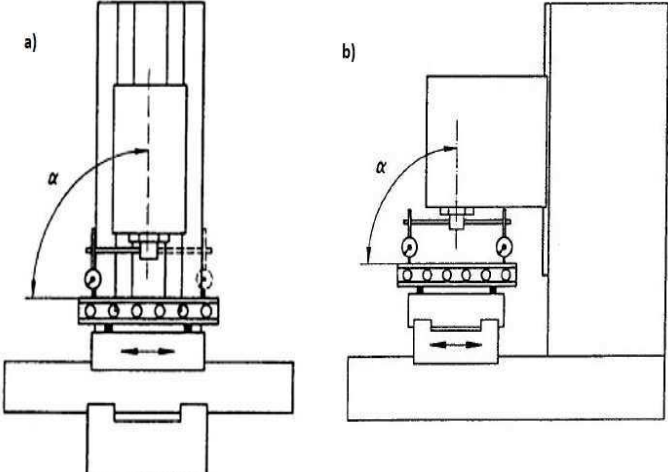
1	Měření přímočarosti podélného pohybu			
 <p>a) b)</p>		Dovolené úchytky [mm]	Podélné (a) Příčně (b)	
			0 – 500 > 500 - 800 > 800 - 1250 >1250 - 2000	ČSN
Hermle	-			
-				
<p>Měřicí přímka blízko středu stolu</p> <p>Číselníkový úchylkoměr nebo mikroskop může být upevněn na vřetenu, pokud je možné zpevnit. Pokud ne, musí být upevněn na pevnou část vřeteníku</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, pravítko, nebo struna a mikroskop (<i>pro b</i>)</p>		Naměřené úchytky [mm]	Podélné (a)	
2		Měření přímočarosti příčného pohybu		
 <p>a) b)</p>		Dovolené úchytky [mm]	Podélné (a) Příčně (b)	
			0 – 500 > 500 - 800 > 800 - 1250 >1250 - 2000	ČSN
Hermle	-			
-				
<p>Měřicí přímka blízko středu stolu</p> <p>Číselníkový úchylkoměr nebo mikroskop může být upevněn na vřetenu, pokud je možné zpevnit. Pokud ne, musí být upevněn na pevnou část vřeteníku</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, pravítko, nebo struna a mikroskop (<i>pro b</i>)</p>		Naměřené úchytky [mm]	Podélné (a)	
			Příčně (b)	

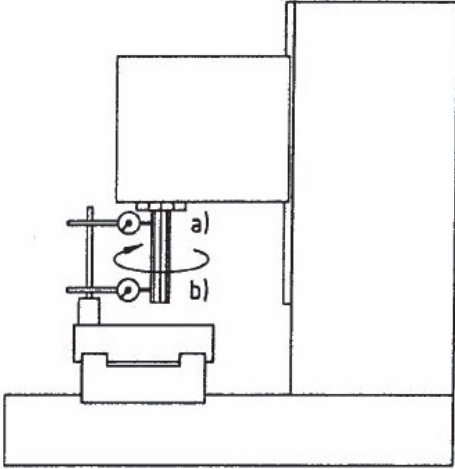
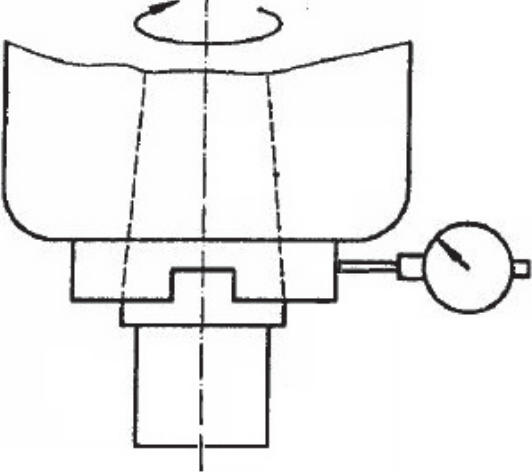
3	Měření přímočarosti svislého pohybu										
 <p>a) b)</p> <p>Úhelník nebo struna co nejblíže středu stolu</p> <p>Číselníkový úchylkoměr nebo mikroskop může být upevněn na vřetenu, pokud je možné zpevnit. Pokud ne, musí být upevněn na pevnou část vřeteníku</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, pravítko, nebo struna a mikroskop</p>		Dovolené úchylky [mm]	Podélné (a) Příčně (b)	<table border="1"> <tr><td>ČSN</td></tr> <tr><td>0 – 500</td></tr> <tr><td>> 500 - 800</td></tr> <tr><td>> 800 - 1250</td></tr> <tr><td>>1250 - 2000</td></tr> <tr><td>Hermle</td></tr> <tr><td>-</td></tr> </table>	ČSN	0 – 500	> 500 - 800	> 800 - 1250	>1250 - 2000	Hermle	-
ČSN											
0 – 500											
> 500 - 800											
> 800 - 1250											
>1250 - 2000											
Hermle											
-											
4		Úhlové úchylky pohybu v ose X		Měřit pokud je stroj ukotven							
 <p>a) b)</p> <p>Měřidlo umístěno na pohybující se části</p> <p>Měření provádět alespoň v 5 polohách rovnoměrně rozložených v rozsahu dráhu v obou směrech pohybu</p> <p>Použitá měřidla: Přesná vodováha</p>		Dovolené úchylky [mm]	Podélné (a) Příčně (b)	<table border="1"> <tr><td>ČSN</td></tr> <tr><td>0,06/1000</td></tr> <tr><td>Hermle</td></tr> <tr><td>-</td></tr> </table>	ČSN	0,06/1000	Hermle	-			
ČSN											
0,06/1000											
Hermle											
-											
<p>Naměřené úchylky [mm]</p>		Naměřené úchylky [mm]	Podélné (a) Příčně (b)								

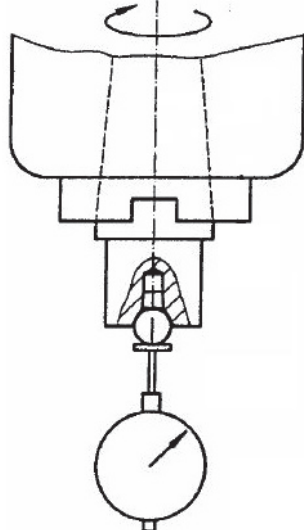
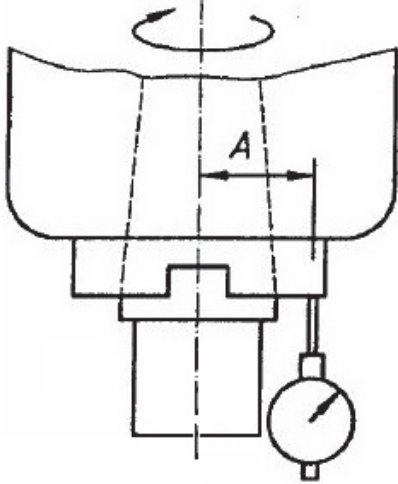
5	Úhlové úchytky pohybu v ose Y	Měřit pokud je stroj ukotven		
 <p data-bbox="199 806 909 1052">Měřidlo umístěno na pohybující se části Měření provádět alespoň v 5 polohách rovnoměrně rozložených v rozsahu dráhy v obou směrech pohybu Použitá měřidla: Přesná vodováha</p>		Dovolené úchytky [mm]	Podélné (a) Příčně (b)	ČSN
				0,06/1000
		Hermle		
		-		
Naměřené úchytky [mm]	Podélné (a)			
	Příčně (b)			
6	Úhlové úchytky pohybu v ose Z	Měřit pokud je stroj ukotven		
 <p data-bbox="199 1635 909 1915">Měřit a) a b) nebo a) a c) Měření provádět alespoň v 5 polohách rovnoměrně rozložených v rozsahu dráhy v obou směrech pohybu Použitá měřidla: a), b) Přesná vodováha, c) Číselníkový úchylkoměr, pravítko, válcový úhelník</p>		Dovolené úchytky [mm]	Podélné (a) Příčně (b)	ČSN
				0,06/1000
		Hermle		
		-		
Naměřené úchytky [mm]	Podélné (a)			
	Příčně (b)			

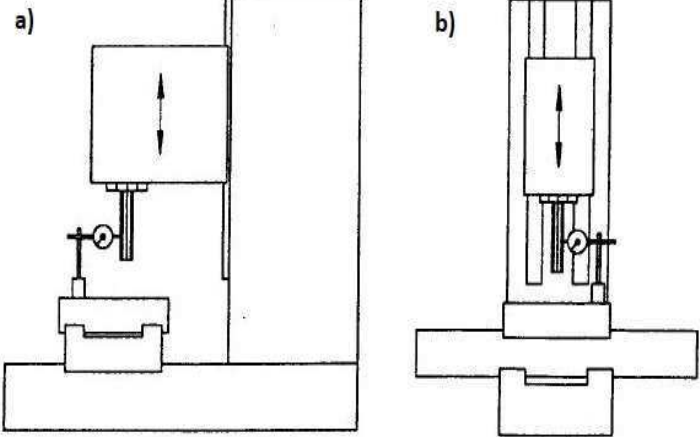
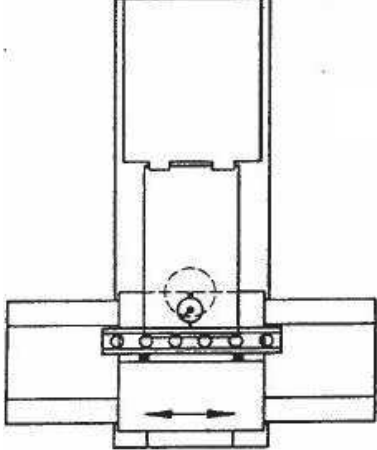
7	Kolmost pohybu v ose Z k pohybu ose X													
 <p style="text-align: center;">Krok 1) Krok 2)</p> <p>Pravítko musí být nastaveno rovnoběžně s podélným pohybem (Krok 1) Zaznamenat hodnotu α zde je $\pm 90^\circ$, nebo rovno 90° Číselníkový úchylkoměr může být upevněn na vřetenu, pokud je možné zpevnit. Pokud ne, musí být upevněn na pevnou část vřeteníku</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, přesný čtverec, nebo přesný úhelník, pravítko nebo průměrná deska</p>		Dovolené úchylky [mm]	0 – 500 > 500 - 800 > 800 - 1250 >1250 - 2000	<table border="1"> <tr><td>ČSN</td></tr> <tr><td>0,02</td></tr> <tr><td>0,02</td></tr> <tr><td>-</td></tr> <tr><td>-</td></tr> <tr><td>Hermle</td></tr> <tr><td>0,011</td></tr> <tr><td>0,015</td></tr> <tr><td>0,020</td></tr> <tr><td>0,025</td></tr> </table>	ČSN	0,02	0,02	-	-	Hermle	0,011	0,015	0,020	0,025
ČSN														
0,02														
0,02														
-														
-														
Hermle														
0,011														
0,015														
0,020														
0,025														
<p>Naměřené úchylky [mm]</p>														
8	Kolmost pohybu v ose Z k pohybu ose Y													
 <p style="text-align: center;">Krok 1) Krok 2)</p> <p>Pravítko musí být nastaveno rovnoběžně s podélným pohybem (Krok 1) Zaznamenat hodnotu α zde je $\pm 90^\circ$, nebo rovno 90° Číselníkový úchylkoměr může být upevněn na vřetenu, pokud je možné zpevnit. Pokud ne, musí být upevněn na pevnou část vřeteníku</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, přesný čtverec, nebo přesný úhelník, pravítko nebo průměrná deska</p>		Dovolené úchylky [mm]	0 – 350 > 350 - 500 > 500 - 800 >800 - 1250	<table border="1"> <tr><td>ČSN</td></tr> <tr><td>0,02</td></tr> <tr><td>0,02</td></tr> <tr><td>-</td></tr> <tr><td>-</td></tr> <tr><td>Hermle</td></tr> <tr><td>0,011</td></tr> <tr><td>0,015</td></tr> <tr><td>0,020</td></tr> <tr><td>0,025</td></tr> </table>	ČSN	0,02	0,02	-	-	Hermle	0,011	0,015	0,020	0,025
ČSN														
0,02														
0,02														
-														
-														
Hermle														
0,011														
0,015														
0,020														
0,025														
<p>Naměřené úchylky [mm]</p>														

9	Kolmost pohybu v ose Y k pohybu ose X													
 <p>Krok 1) Krok 2)</p> <p>Pravítko musí být nastaveno rovnoběžně s podélným pohybem (Krok 1) Zaznamenat hodnotu α zde je $\pm 90^\circ$, nebo rovno 90°</p> <p>Číselníkový úchylkoměr může být upevněn na vřetenu, pokud je možné zpevnit. Pokud ne, musí být upevněn na pevnou část vřeteníku</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, přesný čtverec nebo přesný úhelník, pravítko</p>		Dovolené úchylky [mm]	0 – 500 > 500 - 800 > 800 - 1250 >1250 - 2000	<table border="1"> <tr><td>ČSN</td></tr> <tr><td>0,020</td></tr> <tr><td>-</td></tr> <tr><td>-</td></tr> <tr><td>-</td></tr> <tr><td>Hermle</td></tr> <tr><td>0,015</td></tr> <tr><td>0,018</td></tr> <tr><td>0,022</td></tr> <tr><td>0,026</td></tr> </table>	ČSN	0,020	-	-	-	Hermle	0,015	0,018	0,022	0,026
ČSN														
0,020														
-														
-														
-														
Hermle														
0,015														
0,018														
0,022														
0,026														
10 Měření rovnoběžnosti podélného pohybu s plochou stolu														
 <p>Dotek číselníkového úchylkoměru musí být umístěn přibližně do pracovního místa nástroje Číselníkový úchylkoměr upevněn na vřetenu, pokud je možné zpevnit. Pokud ne, musí být upevněn na pevnou část vřeteníku</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, pravítko, párové měřky</p>		Dovolené úchylky [mm]	0 – 500 > 500 - 800 > 800 - 1250 >1250 - 2000	<table border="1"> <tr><td>ČSN</td></tr> <tr><td>0,020</td></tr> <tr><td>0,025</td></tr> <tr><td>0,030</td></tr> <tr><td>0,040</td></tr> <tr><td>Hermle</td></tr> <tr><td>0,011</td></tr> <tr><td>0,015</td></tr> <tr><td>0,020</td></tr> <tr><td>0,025</td></tr> </table>	ČSN	0,020	0,025	0,030	0,040	Hermle	0,011	0,015	0,020	0,025
ČSN														
0,020														
0,025														
0,030														
0,040														
Hermle														
0,011														
0,015														
0,020														
0,025														
Naměřené úchylky [mm]														

11	Měření rovnoběžnosti příčného pohybu s plochou stolu												
 <p>Dotek číselníkového úchylkoměru musí být umístěn přibližně do pracovního místa nástroje Pohyblivé části v osách Y a Z by měli být zpevněny, pokud je to možné</p> <p>Číselníkový úchylkoměr upevněn na vřetenu, pokud je možné zpevnit. Pokud ne, musí být upevněn na pevnou část vřeteníku</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, pravítko, párové měrky</p>	Dovolené úchylky [mm]	0 – 500 > 500 - 800 > 800 - 1250 >1250 - 2000	<table border="1"> <tr><td>ČSN</td></tr> <tr><td>0,020</td></tr> <tr><td>0,025</td></tr> <tr><td>0,030</td></tr> <tr><td>0,040</td></tr> <tr><td>Hermle</td></tr> <tr><td>0,011</td></tr> <tr><td>0,015</td></tr> <tr><td>0,020</td></tr> <tr><td>0,025</td></tr> </table>	ČSN	0,020	0,025	0,030	0,040	Hermle	0,011	0,015	0,020	0,025
	ČSN												
0,020													
0,025													
0,030													
0,040													
Hermle													
0,011													
0,015													
0,020													
0,025													
Naměřené úchylky [mm]													
12	Kolmost osy vřetena k upínací ploše stolu												
 <p>Pravítko musí být nastaveno rovnoběžně s podélným pohybem (a) a rovnoběžně s příčným pohybem (b)</p> <p>Zaznamenat hodnotu α zde je $\pm 90^\circ$, nebo rovno 90°</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, speciální rameno, pravítko</p>	Dovolené úchylky [mm]	<table border="1"> <tr><td>Podélné (a)</td></tr> <tr><td>Příčně (b)</td></tr> </table>	Podélné (a)	Příčně (b)	<table border="1"> <tr><td>ČSN</td></tr> <tr><td>0,02/300</td></tr> <tr><td>Hermle</td></tr> <tr><td>0,015/30</td></tr> <tr><td>0</td></tr> </table>	ČSN	0,02/300	Hermle	0,015/30	0			
	Podélné (a)												
Příčně (b)													
ČSN													
0,02/300													
Hermle													
0,015/30													
0													
Naměřené úchylky [mm]	<table border="1"> <tr><td>Podélné (a)</td></tr> <tr><td>Příčně (b)</td></tr> </table>	Podélné (a)	Příčně (b)										
Podélné (a)													
Příčně (b)													

13	Obvodové házení vnitřního kuželu vřetena			
 <p data-bbox="201 815 699 848">Provést pro všechna pracovní vřetena</p> <p data-bbox="201 898 932 981">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>	<p data-bbox="975 483 1091 584">Dovolené úchylky [mm]</p>	<p data-bbox="1142 383 1251 450">U vřetena (a)</p>	<p data-bbox="1321 304 1374 331">ČSN</p>	<p data-bbox="1321 360 1374 387">0,01</p>
			<p data-bbox="1302 421 1393 448">Hermle</p>	<p data-bbox="1321 483 1374 510">0,02</p>
			<p data-bbox="1142 607 1251 674">Na konci trnu (b)</p>	<p data-bbox="1321 539 1374 566">ČSN</p>
		<p data-bbox="1302 656 1393 683">Hermle</p>	<p data-bbox="1321 707 1374 734">0,018</p>	
	<p data-bbox="975 875 1091 976">Naměřené úchylky [mm]</p>	<p data-bbox="1142 819 1251 887">U vřetena (a)</p>		
		<p data-bbox="1142 965 1251 1032">Na konci trnu (b)</p>		
14	Obvodové házení vřetene			
 <p data-bbox="201 1733 699 1767">Provést pro všechna pracovní vřetena</p> <p data-bbox="201 1805 820 1839">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>	<p data-bbox="975 1312 1091 1413">Dovolené úchylky [mm]</p>		<p data-bbox="1246 1189 1299 1216">ČSN</p>	
		<p data-bbox="1238 1290 1307 1317">0,01</p>	<p data-bbox="1222 1391 1323 1417">Hermle</p>	
		<p data-bbox="1270 1491 1278 1518">-</p>		
	<p data-bbox="975 1727 1091 1827">Naměřené úchylky [mm]</p>			

15	Osový pohyb vřetene		
 <p>Provést pro všechna pracovní vřetena</p> <p>Pokud má stroj keramická ložiska - NEMĚŘIT</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	ČSN
			0,005
			Hermle
			-
		Naměřené úchylky [mm]	
16	Čelní házení vřetene		
 <p>Vzdálenost A musí být co největší</p> <p>Provést pro všechna pracovní vřetena</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	ČSN
			0,01
			Hermle
			-
		Naměřené úchylky [mm]	

17	Rovnoběžnost osy vřetena se svislým pohybem			
 <p>a) Pohyblivé části v ose Y by měli být zpevněny, pokud je to možné b) Pohyblivé části v ose X by měli být zpevněny, pokud je to možné</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchytky [mm]	Podélné (a) Příčně (b)	ČSN 0,015 Hermle 0,015
18		Měření rovnoběžnosti střední nebo základní T-drážky		
 <p>Číselníkový úchylkoměr upevněn na vřetenu, pokud je možné zpevnit. Pokud ne, musí být upevněn na pevnou část vřeteníku</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, pravítko a ustavující kolíky (pokud je potřeba)</p>		Dovolené úchytky [mm]	ČSN 0,015/300 Hermle -	Naměřené úchytky [mm]

Dovolené úchytky pro stroj MCV od výrobce Kovosvit MAS dle ČSN

PŘÍLOHA č. 15

**Protokol měření geometrické přesnosti pro frézovací centra se svislou osou
rotace, s výklopným a otočným stolem – 5osá**

Protokol pro měření geometrické přesnosti stroje

Frézovací centra 5osá – svislá osa výklopný a otočný stůl



Název stroje:

Inventární/výrobní číslo:

Datum kontroly:

Číslo protokolu:

Měření provedeno:

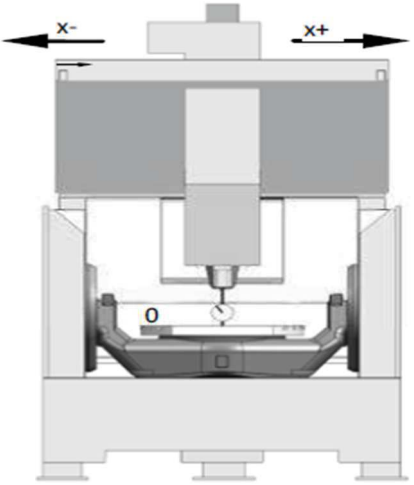
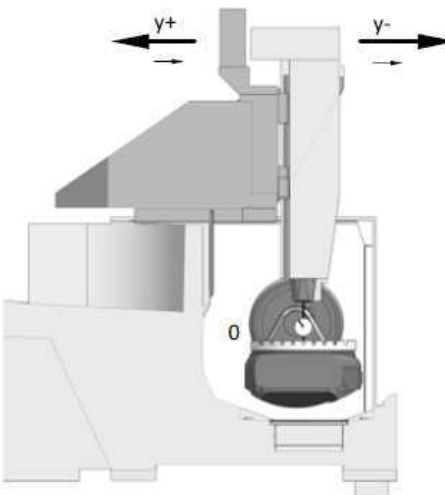
Jméno technika:

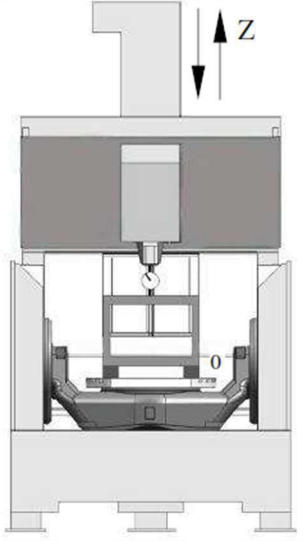
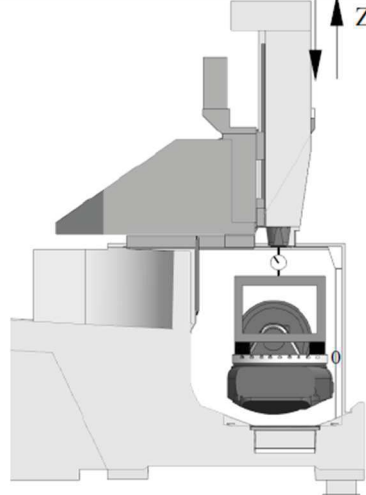
Zjištěné závady:

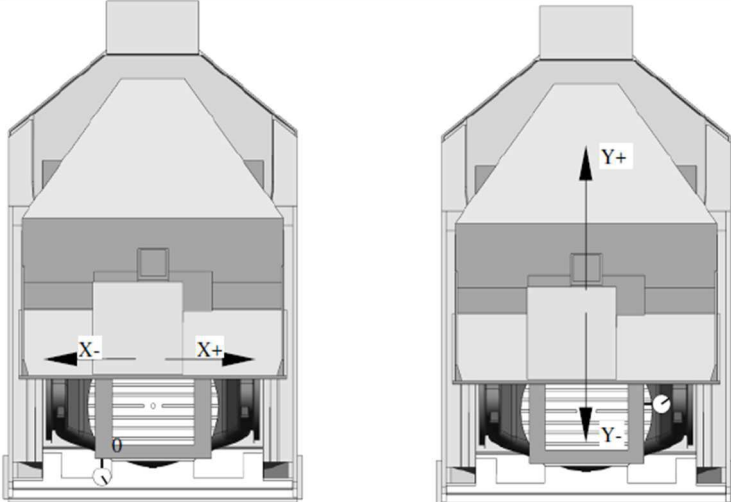
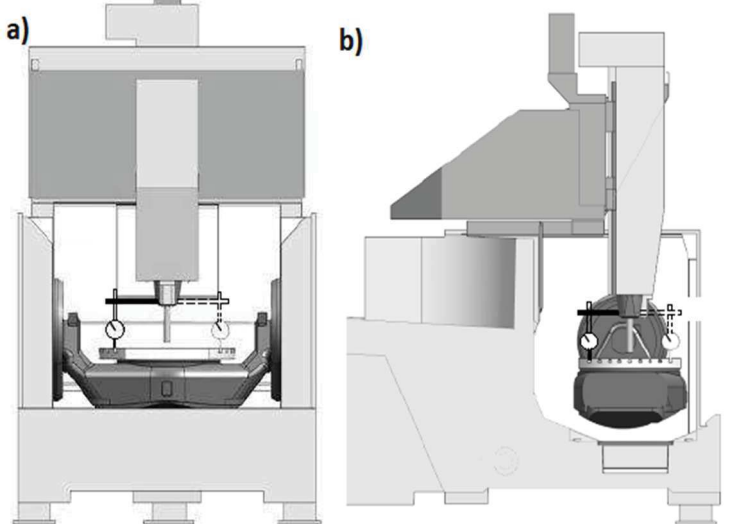
.....

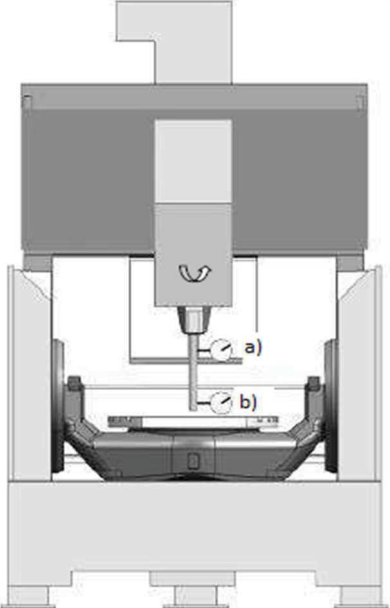
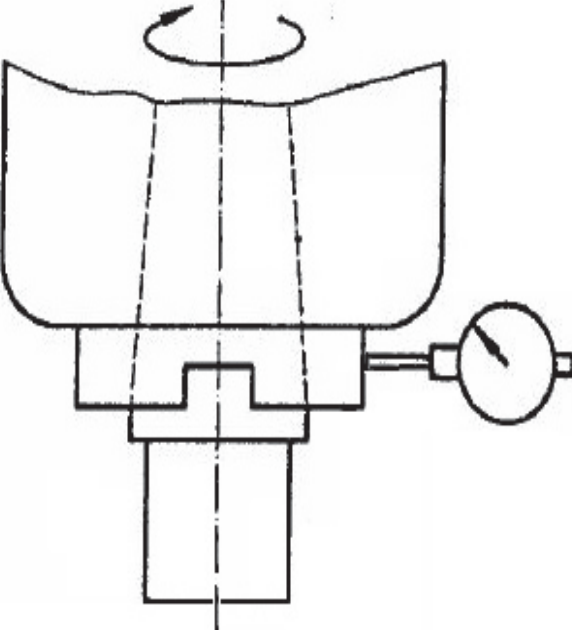
Podpis

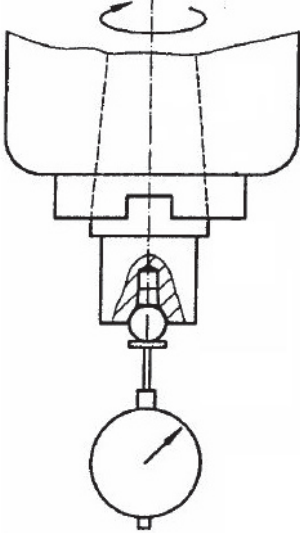
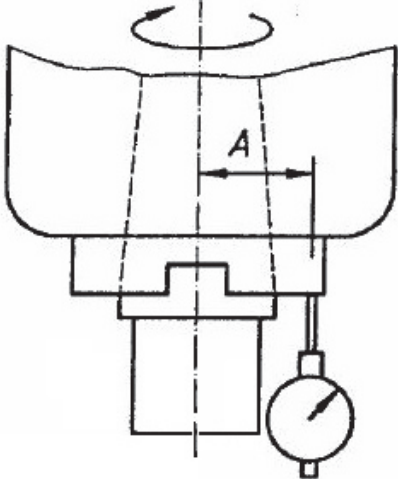
Reference: ČSN ISO 230-1, ČSN ISO 10791-2

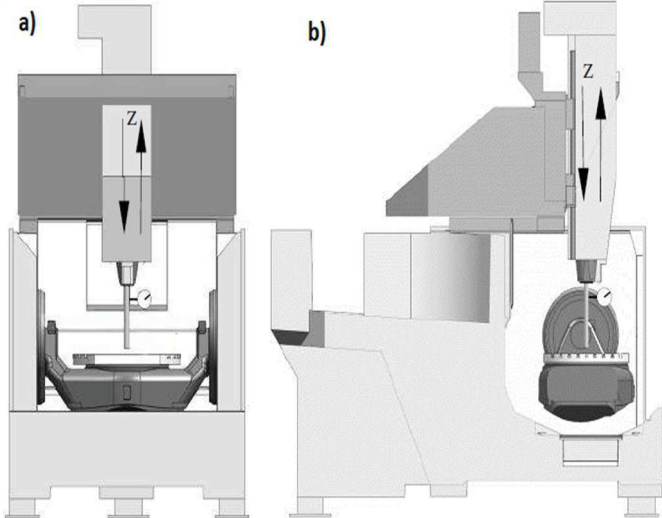
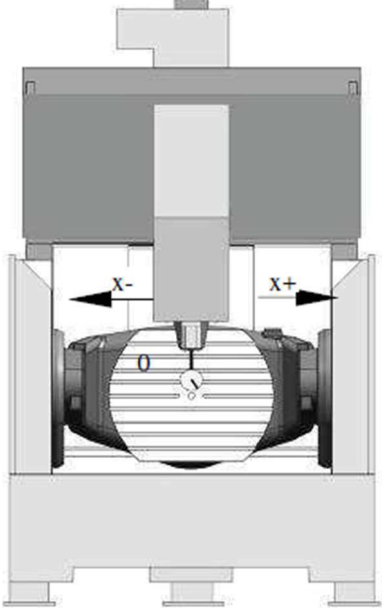
1	Měření rovnoběžnosti podélného pohybu s plochou stolu			
 <p>Dotek číselníkového úchylkoměru musí být umístěn přibližně do pracovního místa nástroje Číselníkový úchylkoměr upevněn na vřetenu, pokud je možné zpevnit. Pokud ne, musí být upevněn na pevnou část vřeteníku</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, pravítko, párové měrky</p>		Dovolené úchylky [mm]	0 – 500 > 500 - 800 > 800 - 1250 >1250 - 2000	ČSN 0,020 0,025 0,030 0,040 Hermle 0,011 0,015 0,020 0,025
2		Měření rovnoběžnosti příčného pohybu s plochou stolu		
 <p>Dotek číselníkového úchylkoměru musí být umístěn přibližně do pracovního místa nástroje Číselníkový úchylkoměr upevněn na vřetenu, pokud je možné zpevnit. Pokud ne, musí být upevněn na pevnou část vřeteníku</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, pravítko, párové měrky</p>		Dovolené úchylky [mm]	0 – 500 > 500 - 800 > 800 - 1250 >1250 - 2000	ČSN 0,020 0,025 0,030 0,040 Hermle 0,011 0,015 0,020 0,025
		Naměřené úchylky [mm]		

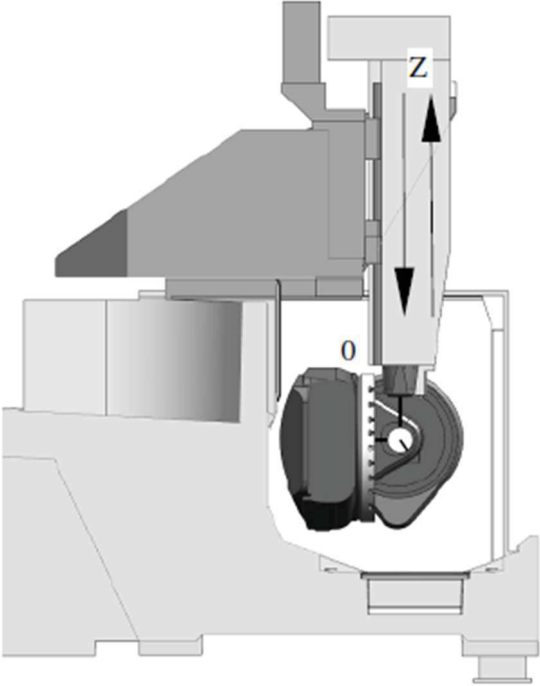
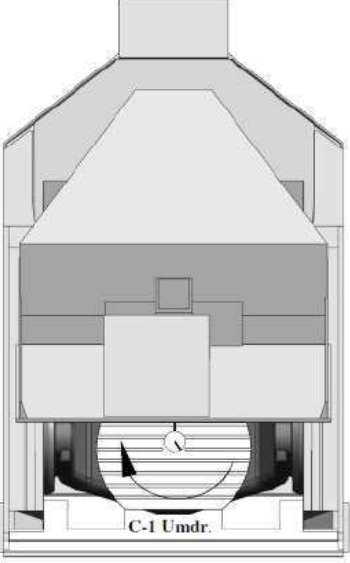
3	Kolmost pohybu v ose Z k pohybu ose X							
 <p>Číselníkový úchylkoměr může být upevněn na vřetenu, pokud je možné zpevnit. Pokud ne, musí být upevněn na pevnou část vřeteníku Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, přesný čtverec, nebo přesný úhelník, pravítko nebo průměrná deska</p>		Dovolené úchylky [mm]	0 – 500 > 500 - 800 > 800 - 1250 >1250 - 2000	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1289 302 1426 353">ČSN</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1289 353 1426 555">0,020 0,020 - -</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1289 555 1426 607">Hermle</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1289 607 1426 819">0,011 0,015 0,020 0,025</td> </tr> </table>	ČSN	0,020 0,020 - -	Hermle	0,011 0,015 0,020 0,025
ČSN								
0,020 0,020 - -								
Hermle								
0,011 0,015 0,020 0,025								
<p>Naměřené úchylky [mm]</p>								
4	Kolmost pohybu v ose Z k pohybu ose Y							
 <p>Číselníkový úchylkoměr může být upevněn na vřetenu, pokud je možné zpevnit. Pokud ne, musí být upevněn na pevnou část vřeteníku Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, přesný čtverec, nebo přesný úhelník, pravítko nebo průměrná deska</p>		Dovolené úchylky [mm]	0 – 350 > 350 - 500 > 500 - 800 >800 - 1250	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1289 1211 1426 1263">ČSN</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1289 1263 1426 1429">0,02 0,02 - -</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1289 1429 1426 1480">Hermle</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1289 1480 1426 1688">0,011 0,015 0,020 0,025</td> </tr> </table>	ČSN	0,02 0,02 - -	Hermle	0,011 0,015 0,020 0,025
ČSN								
0,02 0,02 - -								
Hermle								
0,011 0,015 0,020 0,025								
<p>Naměřené úchylky [mm]</p>								

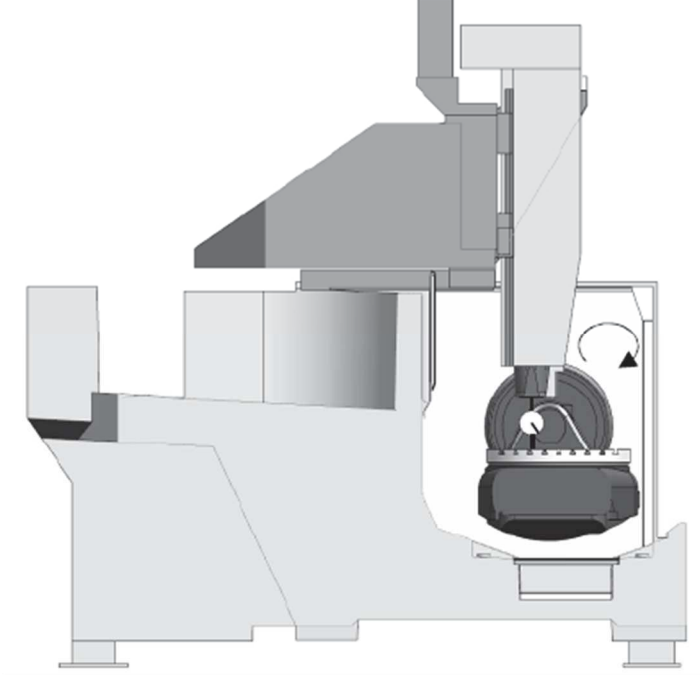
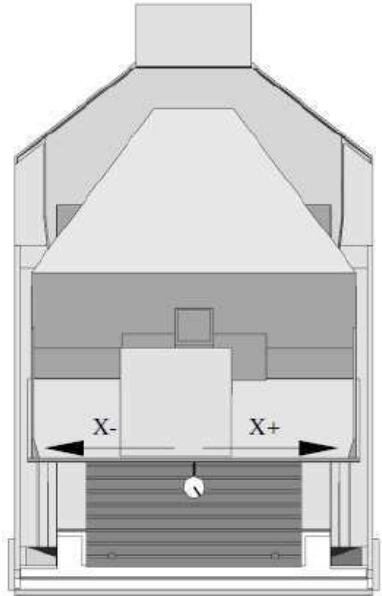
5	Kolmost pohybu v ose Y k pohybu ose X													
		Dovolené úchytky [mm]	0 – 500 > 500 - 800 > 800 - 1250 >1250 - 2000	<table border="1"> <tr><td>ČSN</td></tr> <tr><td>0,020</td></tr> <tr><td>-</td></tr> <tr><td>-</td></tr> <tr><td>-</td></tr> <tr><td>Hermle</td></tr> <tr><td>0,015</td></tr> <tr><td>0,018</td></tr> <tr><td>0,022</td></tr> <tr><td>0,026</td></tr> </table>	ČSN	0,020	-	-	-	Hermle	0,015	0,018	0,022	0,026
ČSN														
0,020														
-														
-														
-														
Hermle														
0,015														
0,018														
0,022														
0,026														
<p>Číselníkový úchylkoměr může být upevněn na vřetenu, pokud je možné zpevnit. Pokud ne, musí být upevněn na pevnou část vřeteníku</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, přesný čtverec nebo přesný úhelník, pravítko</p>		Naměřené úchytky [mm]												
6	Kolmost osy vřetena k upínací ploše stolu													
		Dovolené úchytky [mm]	Podélné (a) Příčně (b)	<table border="1"> <tr><td>ČSN</td></tr> <tr><td>0,02/300</td></tr> <tr><td>Hermle</td></tr> <tr><td>0,015/300</td></tr> </table>	ČSN	0,02/300	Hermle	0,015/300						
ČSN														
0,02/300														
Hermle														
0,015/300														
<p>Zaznamenat hodnotu α zde je $\pm 90^\circ$, nebo rovno 90°</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, speciální rameno, pravítko</p>		Naměřené úchytky [mm]	Podélné (a) Příčně (b)											

7	Obvodové házení vnitřního kuželu vřetena			
 <p>Provést pro všechna pracovní vřetena Délka měřicího trnu je 300 mm</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	U vřetena (a)	ČSN
				0,01
				Hermle
			0,02	
Na konci trnu (b)	ČSN			
	0,008			
	Hermle			
0,018				
Naměřené úchylky [mm]	U vřetena (a)			
	Na konci trnu (b)			
8	Obvodové házení vřetene			
 <p>Provést pro všechna pracovní vřetena</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	ČSN	
			0,01	
			Hermle	
			-	
Naměřené úchylky [mm]				

9	Osový pohyb vřetene		
 <p>Provést pro všechna pracovní vřetena</p> <p>Pokud má stroj keramická ložiska - NEMĚŘIT</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	ČSN
			0,005
		Naměřené úchylky [mm]	Hermle
			-
10	Čelní házení vřetene		
 <p>Vzdálenost A musí být co největší</p> <p>Provést pro všechna pracovní vřetena</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	ČSN
			0,01
		Naměřené úchylky [mm]	Hermle
			-

11	Rovnoběžnost osy vřetena se svislým pohybem																
 <p>Délka měřicí části trnu je 300 mm</p> <p>a) Pohyblivé části v ose Y by měli být zpevněny, pokud je to možné b) Pohyblivé části v ose X by měli být zpevněny, pokud je to možné</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchylky [mm]	Podélné (a) Příčně (b)	<table border="1"> <tr><td>ČSN</td></tr> <tr><td>0,015</td></tr> <tr><td>Hermle</td></tr> <tr><td>0,015</td></tr> </table>	ČSN	0,015	Hermle	0,015									
ČSN																	
0,015																	
Hermle																	
0,015																	
12		Rovnoběžnost pohybu v ose X s plochou stolu při vyklopení o 90°															
 <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	<table border="1"> <tr><td>0 - 300</td></tr> <tr><td>> 300 - 500</td></tr> <tr><td>> 500 - 800</td></tr> <tr><td>> 800 - 1250</td></tr> <tr><td>> 1250 - 2000</td></tr> </table>	0 - 300	> 300 - 500	> 500 - 800	> 800 - 1250	> 1250 - 2000	<table border="1"> <tr><td>ČSN</td></tr> <tr><td>-</td></tr> <tr><td>Hermle</td></tr> <tr><td>0,015</td></tr> <tr><td>0,018</td></tr> <tr><td>0,022</td></tr> <tr><td>0,025</td></tr> <tr><td>0,030</td></tr> </table>	ČSN	-	Hermle	0,015	0,018	0,022	0,025	0,030
0 - 300																	
> 300 - 500																	
> 500 - 800																	
> 800 - 1250																	
> 1250 - 2000																	
ČSN																	
-																	
Hermle																	
0,015																	
0,018																	
0,022																	
0,025																	
0,030																	
Naměřené úchylky [mm]			-90°														
			+90°														

13	Rovnoběžnost pohybu v ose Z s plochou stolu při vyklopení o 90°			
 <p data-bbox="204 1041 820 1086">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	0 - 300 > 300 - 500 > 500 - 800 > 800 - 1250 > 1250 - 2000	ČSN
				-
		Naměřené úchylky [mm]	-90°	Hermle
			+90°	0,015 0,018 0,022 0,025 0,030
14	Obvodové házení středící díry otočného stolu			
 <p data-bbox="204 1832 820 1877">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	ČSN	
			0,025	
		Naměřené úchylky [mm]	Hermle	
			0,010	

15	Čelní házení plochy stolu																							
 <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	0 – 500 > 500 - 800 > 800 - 1250 >1250 - 2000	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">ČSN</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,030</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,040</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,050</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,060</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Hermle</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,015</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,020</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,025</td> </tr> <tr> <td></td> <td>-</td> </tr> </table>	ČSN			0,030		0,040		0,050		0,060	Hermle			0,015		0,020		0,025		-
				ČSN																				
	0,030																							
	0,040																							
	0,050																							
	0,060																							
Hermle																								
	0,015																							
	0,020																							
	0,025																							
	-																							
		Naměřené úchylky [mm]																						
16	Měření rovnoběžnosti střední nebo základní T-drážky																							
 <p>Číselníkový úchylkoměr upevněn na vřetenu, pokud je možné zpevnit. Pokud ne, musí být upevněn na pevnou část vřeteníku</p> <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">ČSN</td> </tr> <tr> <td colspan="2">0,015/300</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Hermle</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,010</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,015</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,020</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,025</td> </tr> </table>	ČSN		0,015/300		Hermle			0,010		0,015		0,020		0,025							
			ČSN																					
0,015/300																								
Hermle																								
	0,010																							
	0,015																							
	0,020																							
	0,025																							
		Naměřené úchylky [mm]																						

PŘÍLOHA č. 16

**Protokol měření geometrické přesnosti pro polohovací zařízení – otočný
stůl - 4. osa**

**Protokol pro měření geometrické
přesnosti stroje**
Polohovací zařízení – otočný stůl -
4. osa



Název stroje:

Inventární/výrobní číslo:

Datum kontroly:

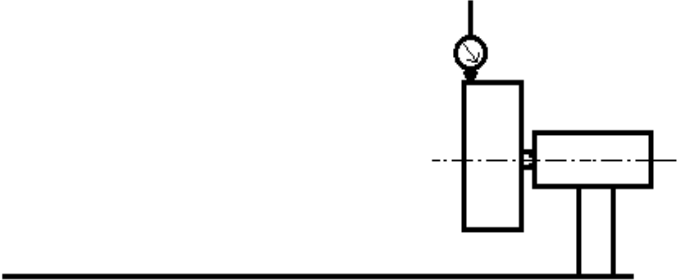
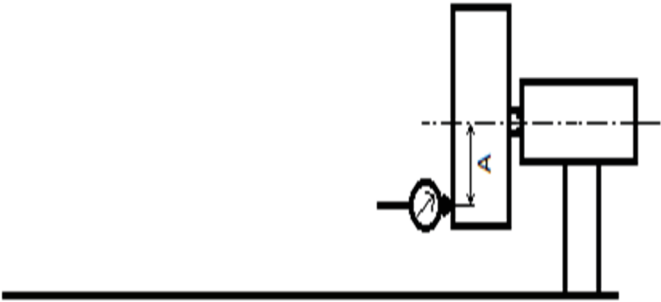
Číslo protokolu:

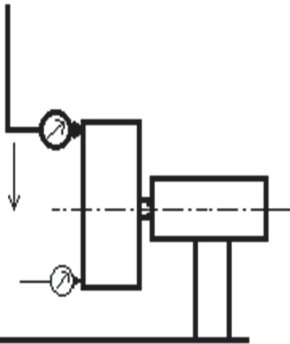
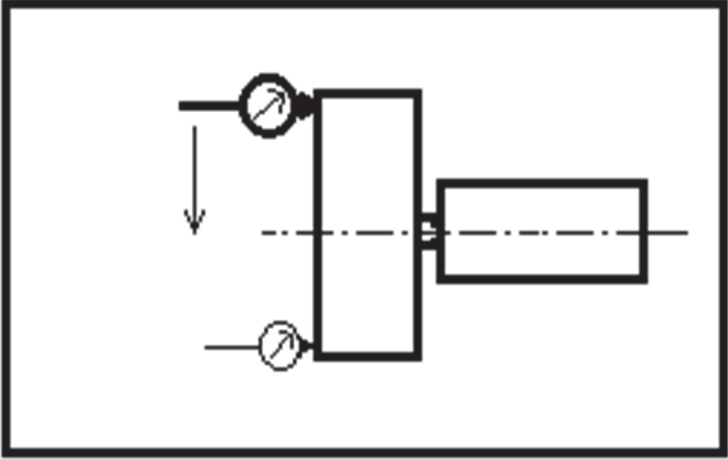
Měření provedeno:

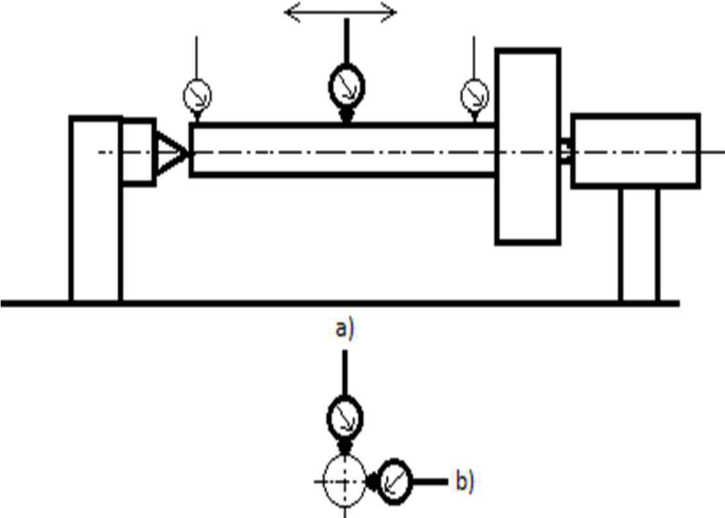
Jméno technika:

Zjištěné závady:

.....
Podpis

1	Obvodové házení		
		Dovolené úchytky [mm]	0,01
		Naměřené úchytky [mm]	
Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr			
2	Čelní házení		
 <p data-bbox="201 1666 644 1702">Vzdálenost A musí být co největší</p> <p data-bbox="201 1778 820 1814">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchytky [mm]	0,02
		Naměřené úchytky [mm]	

3	Rovnoběžnost čelní plochy se svislým pohybem		
 <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,02/150
		Naměřené úchylky [mm]	
4	Rovnoběžnost čelní plochy s příčným pohybem		
 <p>Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr</p>		Dovolené úchylky [mm]	0,02/150
		Naměřené úchylky [mm]	

5	Rovnoběžnost pojezdu s osou rotace			
 <p data-bbox="204 954 932 1032">Použitá měřidla: Číselníkový úchylkoměr, měřicí trn</p>		Dovolené úchytky [mm]	Svislá (a)	0,02
			Vodorovná (b)	0,02
		Naměřené úchytky [mm]	Svislá (a)	
			Vodorovná (b)	

PŘÍLOHA č. 17

Předpis pro měření kruhové interpolace

Doporučené měřicí zařízení:

- zařízení Ballbar od firmy Renishaw
- podobné zařízení na stejném principu

Poloměr měření:

Frézovací centra

Testovaný poloměr by měl být okolo 1/3 rozsahu nejkratší osy v pracovní rovině. Pro všechny roviny se preferuje test o stejném průměru.

Soustružnická centra

Testovaný poloměr by měl být okolo 1/3 rozsahu kratší osy v pracovní rovině.

Minimální rozsah rozjezdu drah pro soustružnická centra, musí být **210 mm**.

Posuvové rychlosti:

Při prvním testu, by měla být ve spolupráci s TPV nadefinována posuvová rychlost, která přibližně odpovídá průměrné posuvové rychlosti obvyklé při práci na čisto.

Pro opakované měření, pokud se nezměnil charakter výroby na stroji, by měla být použita stejná posuvová rychlost z důvodu porovnatelnosti výsledků.

V případě problému se stanovením posuvové rychlosti lze využít doporučené parametry testu dle normy ČSN ISO 10791-6, apod.

Rozsah měření:

Při periodické kontrole se realizuje měření ve všech pracovních rovinách, při mimořádných kontrolách je možné realizovat test jen ve vybrané rovině (-ách).

Úhel:

Měření provádět ve všech rovinách v rozsahu plných **360°**.

Ve výjimečných případech, kdy rozjezd některé z os stroje neumožňuje rozsah plného kruhu 360° při snaze o maximalizaci průměru testu, je možné provést volumetrický test, kde jedna rovina má rozsah **360°** a zbylé dvě roviny **220°**.

Náběhový úhel:

Pro měření v rozsahu 360° je stanoven náběhový úhel **45°** nebo **180°**.

Pro měření v rozsahu 220° (volumetrický test) je náběhový úhel **2°**.

Smysl pohybu:

Měření se **vždy** provádí v obou směrech pohybu – ve směru hodinových ručiček a proti směru hodinových ručiček

Požadavky na protokol o měření:

- úvodní strana
- datum, kdy bylo měření provedeno
- název stroje
- identifikace stroje z hlediska čísla (inventární/výrobní číslo)
- použitá měřicí zařízení, výrobní číslo
- parametry zkoušky
- výsledek měření včetně grafického znázornění
- kdo měření provedl