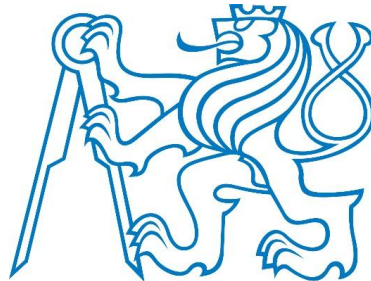


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ



12134-Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie
bakalářská práce

Měření úchylek tvaru a polohy

Measurement of shape and position deviations

AUTOR PRÁCE

ADAM HAVRÁNEK

VEDOUČÍ PRÁCE

Ing. BcA. Jan Podaný, Ph.D..

PRAHA 2016

Vysoká škola: ČVUT v Praze
Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Fakulta: strojní
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

pro **Adama Havránka**

program Teoretický základ strojního inženýrství

Název: **Měření úchylek tvaru a polohy**

Název anglicky: **Measurement of shape and position deviations**

Zásady pro vypracování:

1. Rozdělení a popis úchylek tvaru.
2. Rozdělení a popis úchylek polohy.
3. Měřidla a měřicí přístroje pro měření úchylek tvaru a polohy.
4. Měření úchylek tvaru a polohy se statistickým zpracováním.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. BcA. Jan Podaný, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 25. 4. 2016

Termín odevzdání bakalářské práce: 1. 7. 2016

Neodevzdá-li student bakalářskou nebo diplomovou práci v určeném termínu, tuto skutečnost předem písemně zdůvodní a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání bakalářské nebo diplomové práce. Pokud se však student řídně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat bakalářskou nebo diplomovou práci podruhé.

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Zadání bakalářské práce převzal dne: 25. 4. 2016


.....
Diplomant


.....
Vedoucí práce




.....
Děkan

V Praze

dne 25. 4. 2016

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je provést rešerši v oblasti úchylek tvaru a polohy. V úvodní části se věnuji popisu a grafické interpretaci úchylek tvaru a polohy, včetně jejich znázorňování ve výkresové dokumentaci. Rovněž jsem popsal současná zařízení a přístroje na měření úchylek tvaru a polohy, přičemž jsem se snažil vyzdvihnout jejich hlavní vlastnosti a výhody.

Klíčová slova

Měření, úchylky tvaru a polohy, statistický

ABSTRACT

The aim of this thesis is to search in form and position deviations. In the first part I describe a graphic interpretation of deviations of of shape and position, including their representation in drawings. I also described the current equipment and devices for measuring deviations of form and position, and while I tried to highlight the main features and benefits.

Key words

Measurement, shape and position deviations, statistical

Poděkování

Děkuji tímto panu Ing. BcA. Janu Podanému, Ph.D. za cenné rady a připomínky při vypracování této bakalářské práce. Děkuji za vstřícnost a ochotu, které mi byly poskytnuty.

Prohlášení autora o původnosti práce

Prohlašuji, že jsem byl seznámen s předpisy pro vypracování bakalářské práce a že jsem celou bakalářskou práci na téma vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce Ing. BcA. Jan Podaný, Ph.D.- Při psaní této bakalářské práce jsem použil pouze odbornou literaturu a zdroje, jež jsou uvedeny v seznamu použitých pramenů.

V Praze dne 29.6.2016

Obsah

1. ÚCHYLKY TVARU	6
1.1 Přímost.....	6
1.2 Rovinnosti.....	7
1.3 Kruhovitosti.....	7
1.4 Válcovitosti.....	7
1.5 Tvaru čáry.....	8
1.6 Tvaru plochy.....	8
2. ÚCHYLKY POLOHY	9
2.1 Sklonu.....	9
2.2 Kolmosti.....	10
2.3 Rovnoběžnosti.....	10
2.4 Různoběžnosti.....	11
2.5 Souososti.....	11
2.6 Soustřednosti.....	12
2.7 Umístění.....	12
2.8 Souměrnosti.....	13
2.9 Kruhové obvodové házení.....	13
2.10 Kruhové čelní házení.....	13
2.11 Celkové obvodové házení.....	13
2.12 Celkové čelní házení.....	14
3. Měřidla a měřicí přístroje pro měření úchylek tvaru a polohy	14
3.1 Kolimační měřidla.....	14
3.1.1 Autokolimátor.....	15
3.2 Optické destičky.....	16
3.3 Nožová pravítka.....	17
3.4 Příložné úhelníky.....	17
3.5 Kalibry.....	18
3.6 Koncové měrky.....	19
3.7 Kruhoměr Talyrond 130.....	19
3.8 Univerzální měření pomocí Talymaster.....	20
3.9 MarStand 818.....	21
3.10 Souřadnicové měřicí stroje.....	22
3.10.1 Souřadnicový měřicí stroj UNIVERSAL.....	23
3.10.2 souřadnicový stroj Carl-Zeiss F25.....	24
4. Měření úchylek tvaru a polohy se statistickým zpracováním	24
4.1 Statistika.....	24
4.2 SPC.....	24
4.3 Plně automatické měřicí a identifikační zařízení BMZ.....	25
4.4 QTREE-CAQ Monitor.NET.....	26
5. Závěr	28
6. Seznam použité literatury	29
7. Seznam tabulek a obrázků	30

1. ÚCHYLKY TVARU

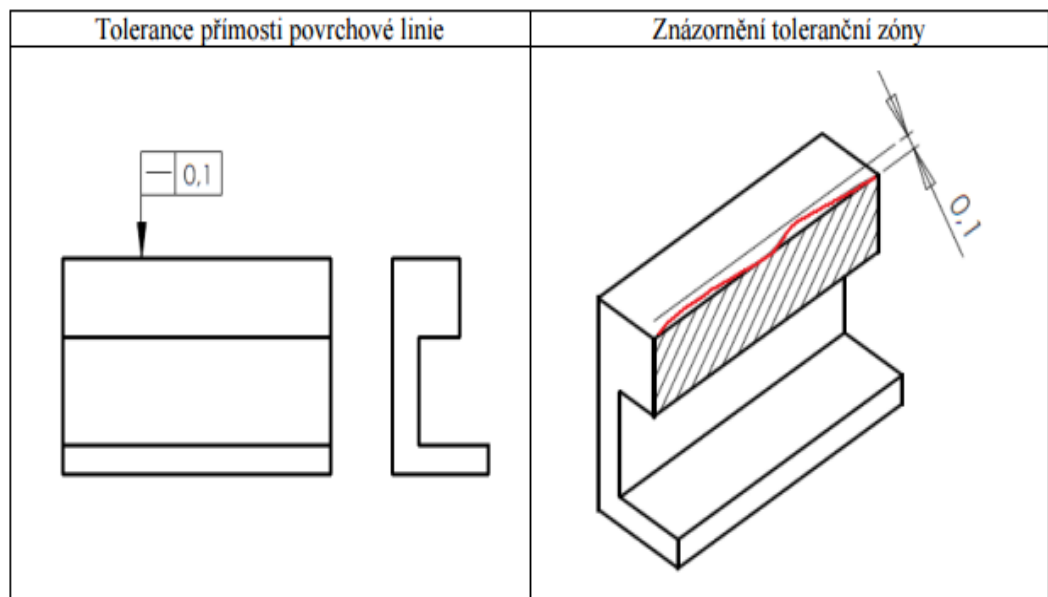
V následující tabulce Tab. 1.1 je uveden přehled úchylek tvaru dle normy. Sloupce ČSN a ISO uvádějí zkratku pro označování tolerance v textu, poslední sloupec znázorňuje značku jednotlivých tolerancí pro označování na výkrese. Značky v Tab. 1.1 a jsou dle ČSN EN ISO 1101 : 2007. [2]

Tab.1.1 Tolerance Tvaru [2]

Název		ČSN	ISO	Značka
Úchylky vztahující se k jednomu prvku				
Tvaru	Přímosti	TFL	ST,STR	—
	Rovinnosti	TFE	FL,FLA	
	Kruhovitosti	TFK	CR,CIR	
	Válcovitosti	TFZ	CY,CYL	
	Profilu podélného řezu	TFP		
Úchylky vztahující se k jednomu prvku nebo dvěma (a více) prvkům				
Tvaru	Tvaru čáry	TCL	PL,PFL	
	Tvaru plochy	TCE	PS,PFS	

1.1 Přímost

Toleranční zóna je ohraničena dvěma rovnoběžnými přímkami ve vzdálenosti t . Každá povrchová linie tolerovaného válce musí ležet mezi těmito rovnoběžnými přímkami. [9]

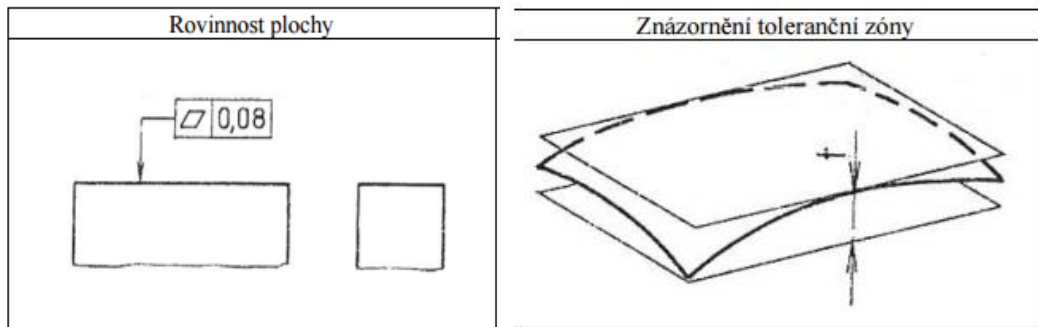


Obr. 1.1: Toleranční pole přímosti a znázornění na výkrese [9]

1.2 Rovinnosti



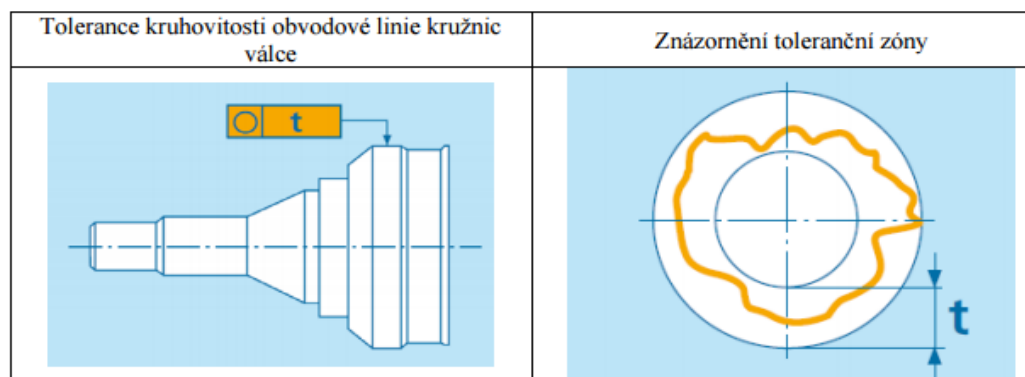
Toleranční zóna je ohraničena dvěma rovnoběžnými rovinami o vzdálenosti t , jejíž rozměr odpovídá rozměru tolerované plochy. Skutečná plocha měřeného dílu musí ležet mezi oběma rovnoběžnými rovinami. Dodatečně je např. omezena tvarová odchylka. Měří se úchytky přímosti jednotlivých profilů plochy v různých směrech a z naměřených úchytek se vyhodnotí úchytko rovinnosti. [8]



Obr. 1.2: Toleranční pole rovinnosti a znázornění na výkrese[8]

1.3 Kruhovitost

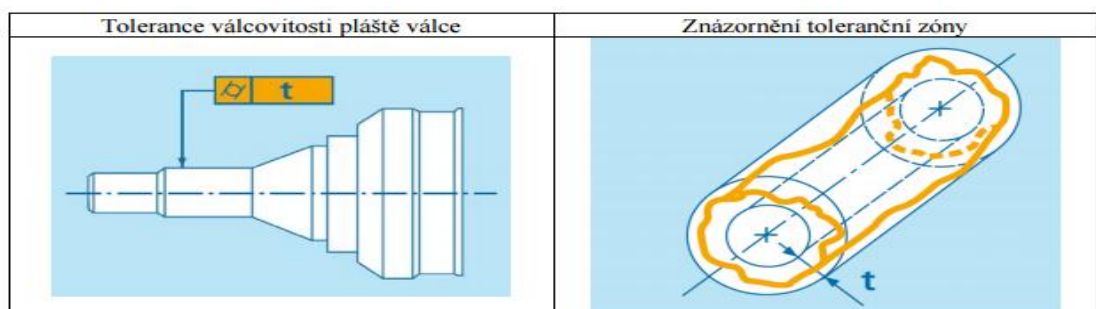
Toleranční zóna je ohraničena dvěma soustřednými kružnicemi o vzdálenosti t . Obvodové linie tolerovaného válce musí ležet při libovolném radiálním řezu uvnitř obou kružnic. [8]



Obr. 1.3: Toleranční pole kruhovitosti a znázornění na výkrese[8]

1.4 Válcovitost

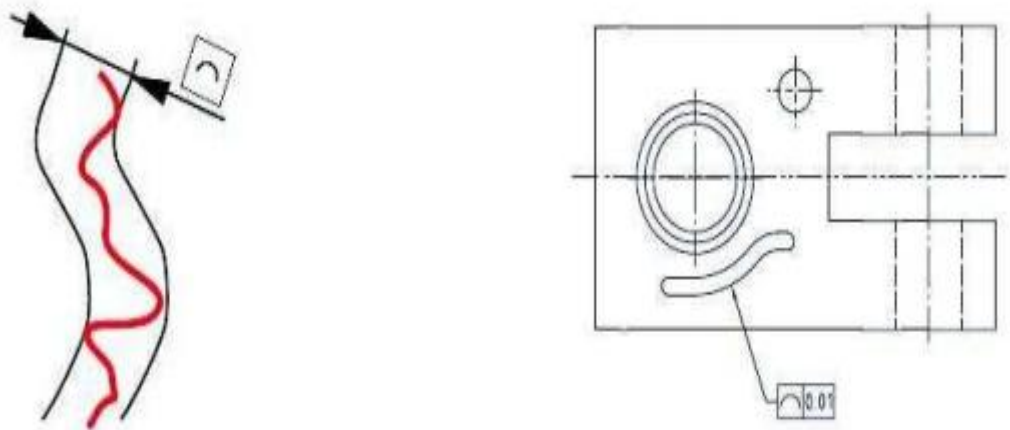
Toleranční zóna pro tolerovaný plášť válce je tvořena 2 koaxiálními válci s radiálním odstupem t . Tolerance válcovitosti zahrnuje odchylky kruhovitosti kolmých řezů, přímosti povrchových přímek a rovnoběžnosti povrchových přímek pláště válce k ose válce. [8]



Obr. 1.4: Toleranční pole válcovitosti a znázornění na výkrese[8]

1.5 Tvaru profilu

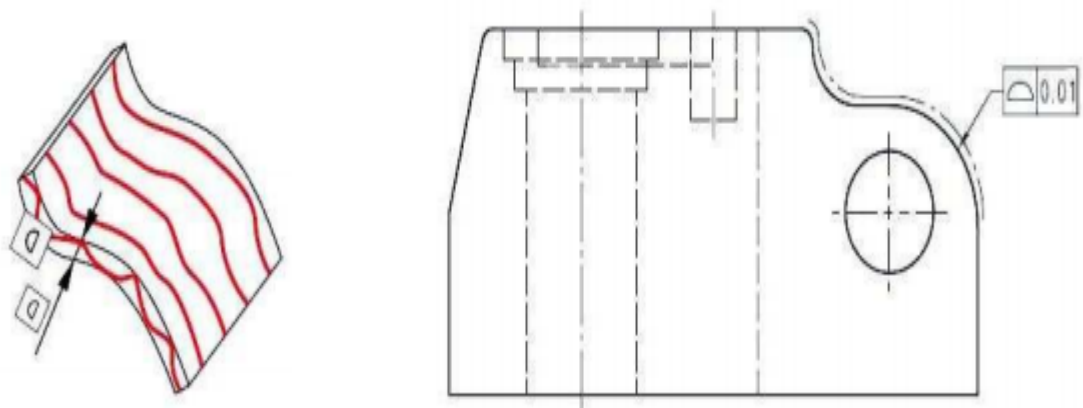
Toleranční pole tvaru profilu je omezeno v rovině dvěma čarami ekvidistantními ke jmenovitému tvaru čáry[8]



Obr. 1.5: Toleranční pole tvaru čáry a znázornění na výkrese[8]

1.6 Tvaru plochy

Toleranční pole tvaru plochy je omezeno v prostoru dvěma plochami ekvidistantními ke jmenovitému tvaru plochy. [8]



Obr. 1.6: Toleranční pole tvaru plochy a znázornění na výkrese[8]

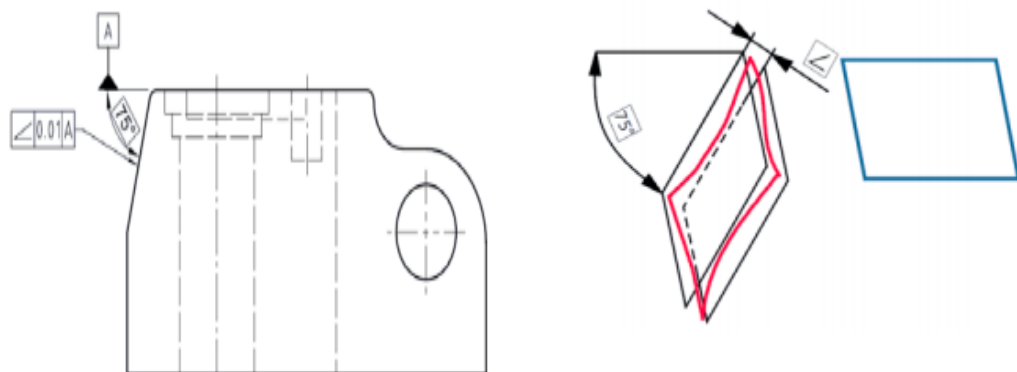
2. ÚCHYLKY POLOHY

Tab. 2.1 Tolerance Polohy [2]

Název		ČSN	ISO	Značka
Tolerance vztahující se ke dvěma nebo více prvkům				
Směru	Sklonu	TPN	AN,ANG	
	Kolmosti	TPR	PE,PER	
	Rovnoběžnosti	TPA	PA,PAR,PRL	
	Různoběžnosti	TPX	-	
Polohy	Souososti	TPC	CA,CAX,COA	
	Soustřednosti	-	CO,NOC	
	Umístění	TPP	PO,POS	
	Souměrnosti	TPS	SY,SYM	
Házení	Kruhového házení obvodového	TCR	CR,CRO	
	Kruhového házení čelního	TCA	AR,ARO	
	Házení v daném směru	TCD	-	
	Celkového házení obvodového	TCTR	TR,TRO	
	Celkového házení čelního	TCTA		

2.1 Úchylka sklonu

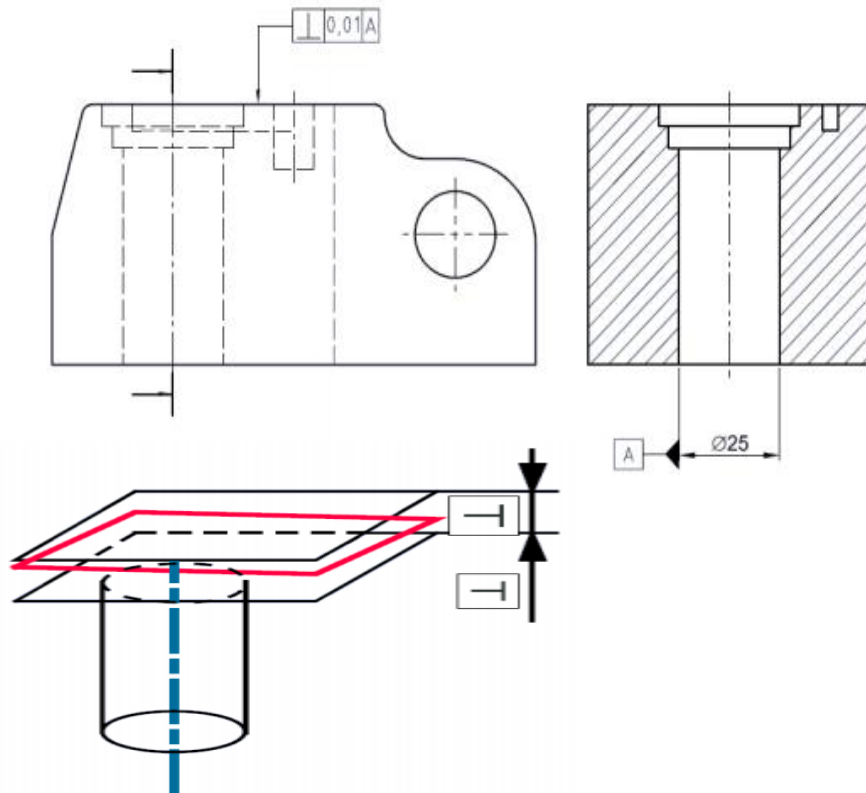
Toleranční prostor je omezen dvěma rovnoběžnými rovinami vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance sklonu a svírající se základní rovinou nebo se základní přímkou jmenovitý úhel [8]



Obr. 2.1: Toleranční pole sklonu a znázornění na výkrese [8]

2.2 Úchylka kolmosti

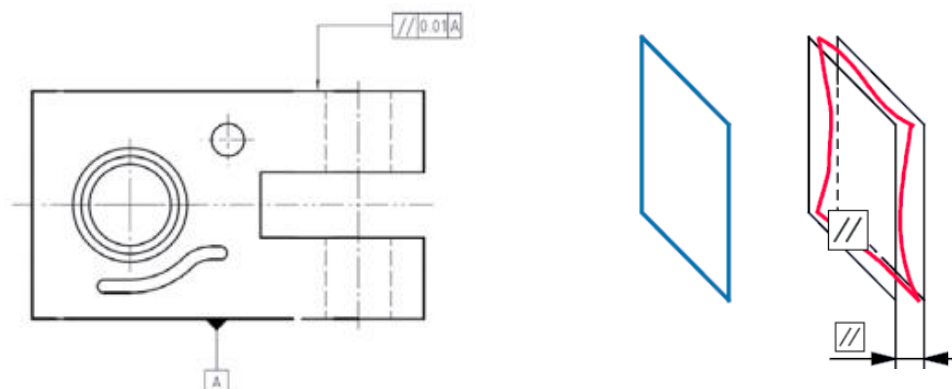
Toleranční prostor je omezen dvěma rovnoběžnými rovinami vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance kolmosti a kolmými k základní vztažné ose. [9]



Obr. 2.2: Značení na výkrese a Toleranční pole kolmosti [9]

2.3 Úchylka rovnoběžnosti

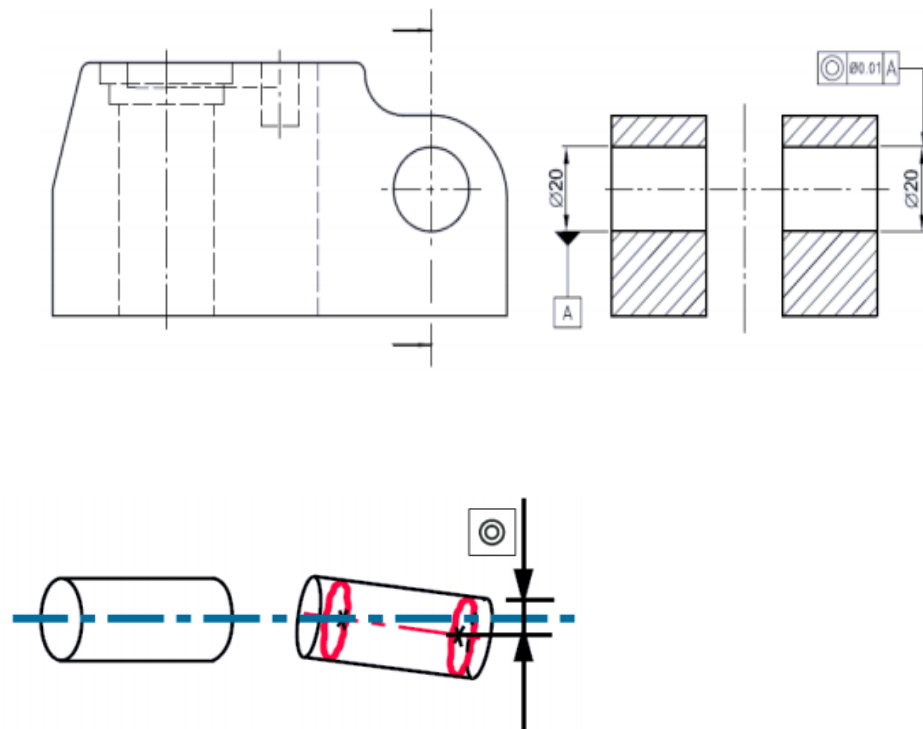
Toleranční prostor je omezen dvěma rovnoběžnými rovinami vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance rovnoběžnosti a rovnoběžnými se základní rovinou. [8]



Obr. 2.3 Toleranční pole rovnoběžnosti a znázornění na výkrese[8]

2.4 Úchylka sousososti

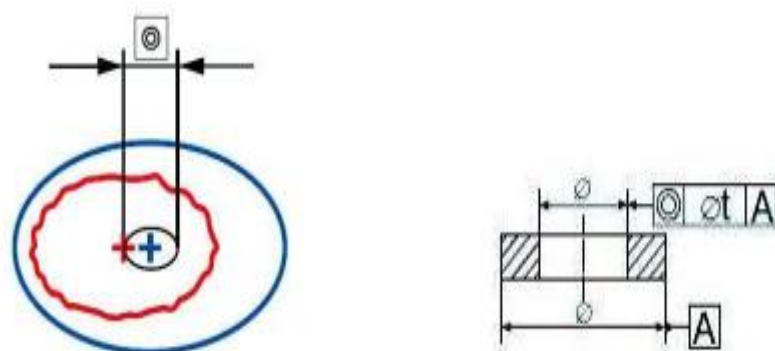
Je-li hodnota tolerance předznamenána značkou průměru, je toleranční prostor omezen válcem o průměru rovném toleranci sousososti a jeho osa se shoduje se základní osou. [8]



Obr 2.4 Tolerance sousososti a jeho znázornění na výkrese [8]

2.5 Úchylka soustřednosti

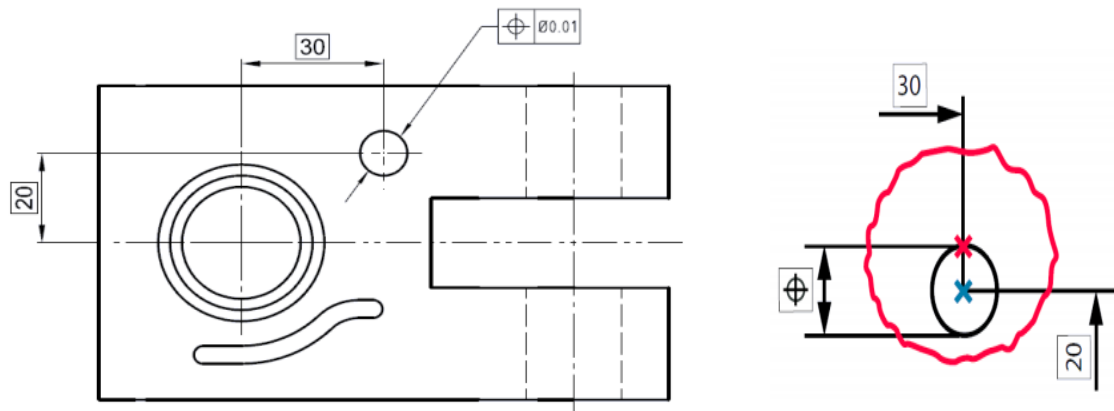
Toleranční pole, v němž může ležet střed tolerovaného prvku, je kruhové o průměru rovném předepsané toleranci soustřednosti. Střed kruhu je přitom ve středu základního prvku. [9]



Obr 2.5 Tolerance soustřednosti a jeho znázornění na výkrese [9]

2.6 Úchylka umístění

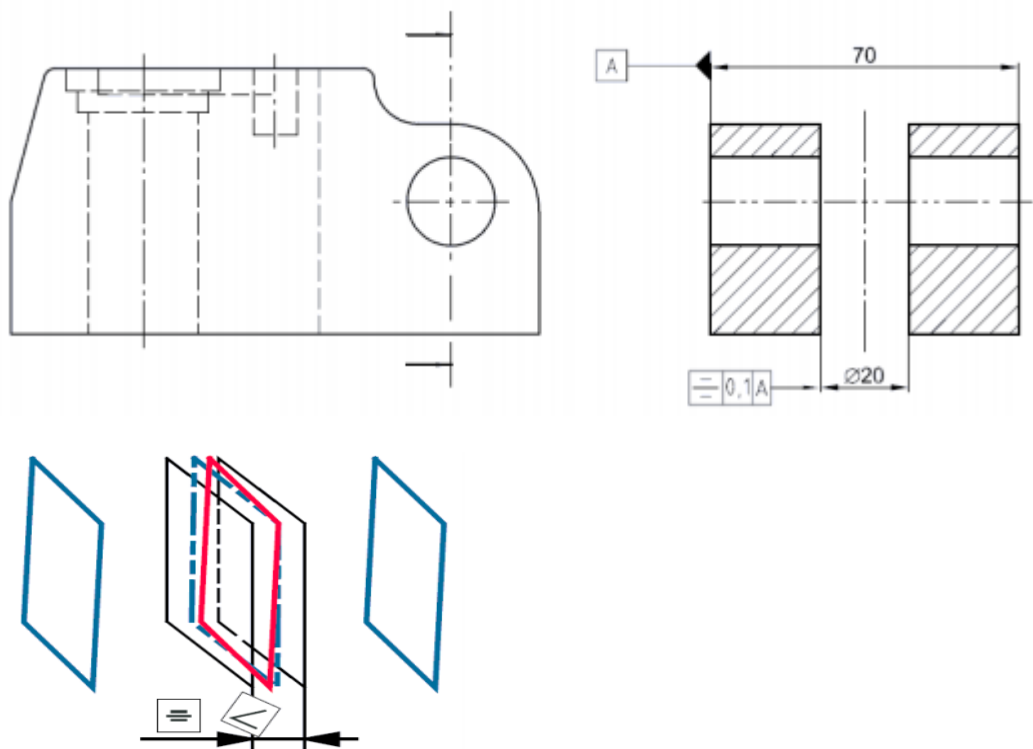
Je-li hodnota tolerance předznamenána značkou průměru, je toleranční prostor omezen kružnicí o průměru rovném toleranci umístění. [8]



Obr 2.6 Tolerance umístění a jeho znázornění na výkrese [8]

2.7 Úchylka souměrnosti

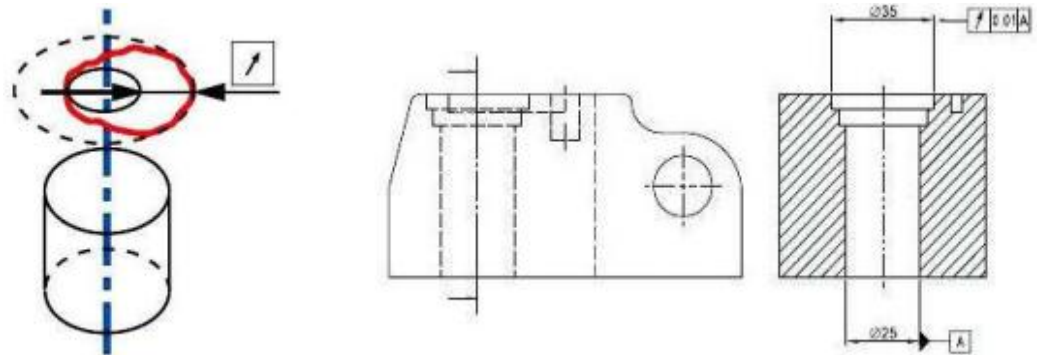
Toleranční prostor je omezen dvěma rovnoběžnými rovinami vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance rovnoběžnosti a rovnoběžnými se základní rovinou [8]



Obr. 2.7 Tolerance souměrnosti a jeho znázornění na výkrese [8]

2.8 Obvodové házení

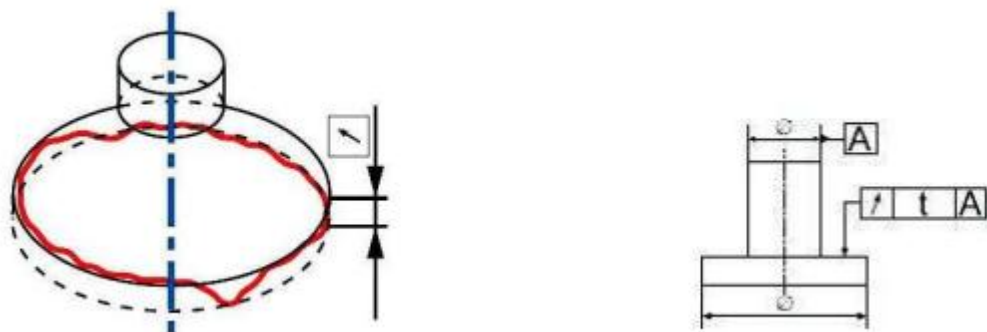
Toleranční pole v kterékoliv rovině kolmé k ose je omezeno dvěma soustřednými kružnicemi vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance házení v kterékoliv radiální poloze na válci, jehož osa je totožná se základní osou



Obr. 2.8 Tolerance obvodového házení a jeho znázornění na výkrese [8]

2.9 Čelní házení

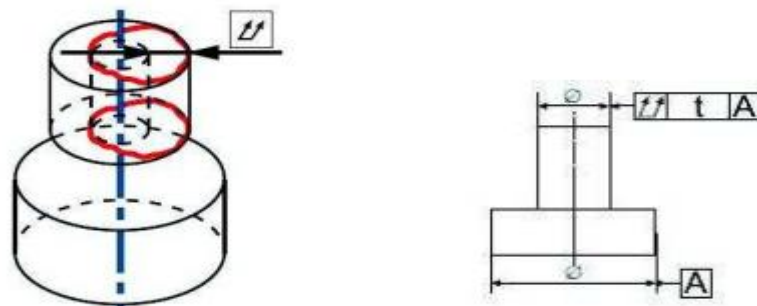
Toleranční pole je omezeno dvěma kružnicemi vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance házení v kterékoliv radiální poloze na válci, jehož osa je totožná se základní osou. [8]



Obr 2.9 Tolerance čelního házení a jeho znázornění na výkrese[8]

2.10 Celkové obvodové házení

Toleranční prostor je omezen dvěma sousými válci vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance celkového obvodového házení, jejichž osa je totožná se základní osou. [9]



Obr 2.10 Tolerance celkového obvodového házení a jeho znázornění na výkrese [9]

2.11 Celkové házení čelní

Toleranční prostor je omezen dvěma rovnoběžnými rovinami vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance celkového čelního házení a kolmými k základní ose [9]

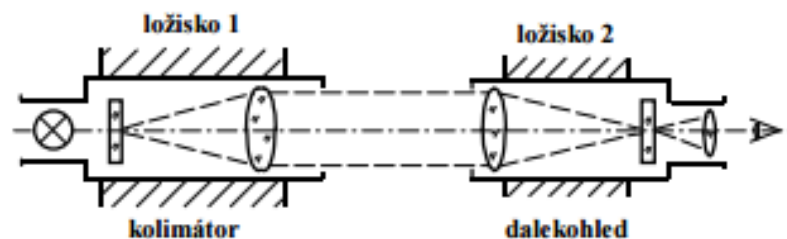


Obr 2.11 Tolerance celkového házení a značení ve výkresové dokumentaci[9]

3. Měřidla a měřicí přístroje pro měření úchylek tvaru a polohy

3.1 Kolimační měřidla

používají k měření rovinnosti, přímočarosti (obráběcí stroje) nebo sousosti (např. ložisek) skládají se z kolimátoru a dalekohledu (obr. 3.1)

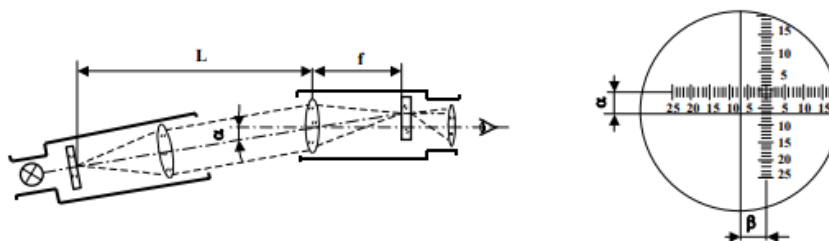


Obr. 3.1 Schéma kolimačního měřidla [2]

Kolimátor se skládá z trubice opatřené na jednom konci spojnou čočkou a v druhém v ohniskové rovině objektivu je osvětlená značka (matná destička s vyrytou stupnicí), – kolimátor promítá stupnici jako by byla v nekonečno. [2]

Princip:

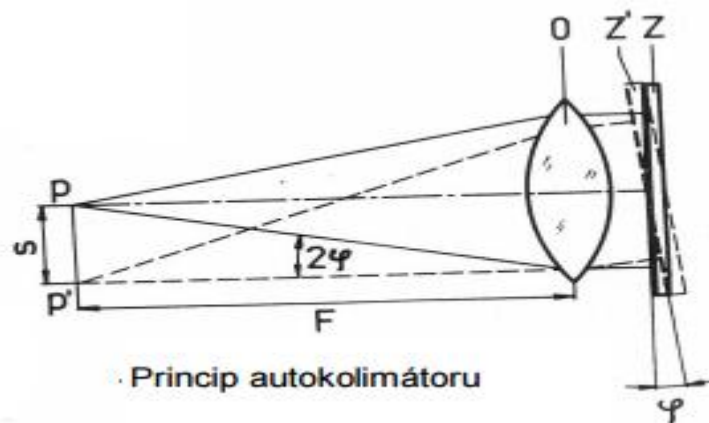
Proti paprskům vycházejícím z kolimátoru umístíme dalekohled zaostřený na nekonečno, kde vidíme osvětlenou značku z kolimátoru bez ohledu na vzdálenost mezi kolimátorem a dalekohledem, – je-li kolimátor nakloněn o úhel α , přicházejí paprsky k dalekohledu šikmo a obraz stupnice kolimátoru se vysune ze středu nitkového kříže dalekohledu o hodnoty α a β v úhlových jednotkách (obr. 3.2), např. kontrola sousosti ložisek. [2]



Obr 3.2 Princip měření [2]

3.1.1 Autokolimátor

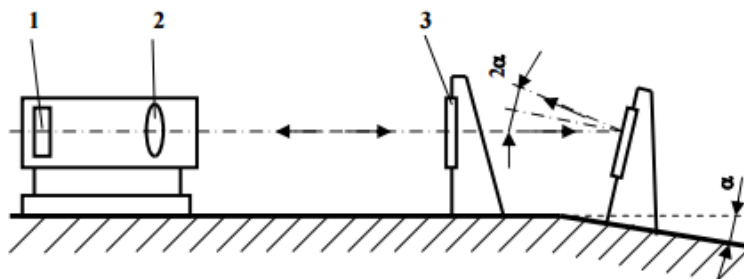
Autokolimátor (autokolimační dalekohled): – chod paprsků v kolimátoru je zrcadlovým obrazem chodu paprsků v dalekohledu, proto lze kolimátor nahradit odrazovým zrcadlem (dalekohled je vhodně upraven, tzv. autokolimační princip), – spojuje funkci kolimátoru a dalekohledu – je založen na dvou optických principech: na kolimaci světla, které vychází z bodového zdroje v ohniskové rovině a na odrazu rovnoběžného svazku paprsků na rovinném zrcadle (princip autokolimátoru - viz obr. 3.1.1), [2]



Obr 3.1.1 Princip Autokolimátoru [2]

Princip:

V autokolimačním dalekohledu je v ohniskové rovině objektivu umístěna skleněná destička s úhlovými stupnicemi, – stojí-li odrazové zrcátko kolmo k optické ose dalekohledu, splývá odražený obraz záměrného kříže s vlastní značkou v dalekohledu, – vychýlení zrcátka o úhel φ způsobí posunutí obrazu záměrného kříže o dvojnásobnou hodnotu, tzn. úhel mezi paprskem dopadajícím a odraženým je 2φ , – vzhledem k rovnoběžnému svazku paprsků vycházejících z objektivu, nemá vzdálenost odrazového zrcátka od dalekohledu žádný vliv na měřenou úhlovou hodnotu, – používá se také násobná kolimace, u které se vkládá mezi odrazné zrcadlo a objektiv polopropustné zrcadlo, čímž se zvyšuje citlivost, – běžné autokolimátory mají rozsah měření závislý na vzdálenosti zrcadla, – největší rozsah bývá $\pm 6'$ až $\pm 20''$, nejistota měření $\pm 4'$ až $\pm 1''$ u klidného vzduchu [2]



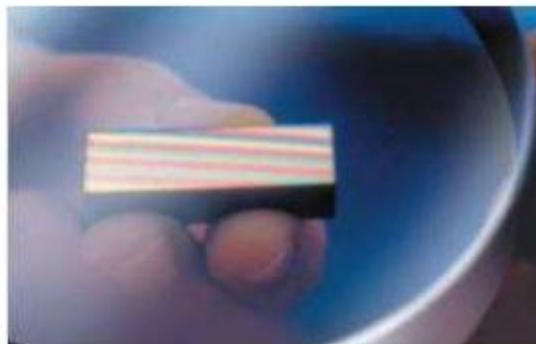
Princip měření sklonu autokolimátorem
1 – skleněná destička se stupnicí, 2 – objektiv, 3 – odrazové zrcadlo

3.2 Optické destičky

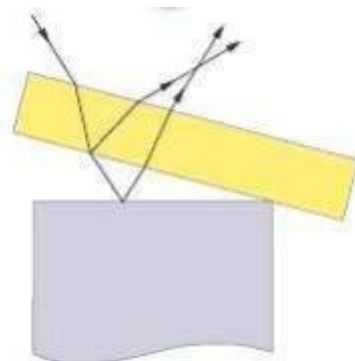
Kontrola rovinnosti pomocí optických destiček je již dlouhodobě používanou metodou. Princip spočívá v přiložení zkoumaného objektu k destičce a sledování interferenčních čar. Přitom platí, čím méně čar se objevuje, tím je plocha kvalitnější, tzn. rovinnější.



Obr. Optická destička firmy TESA [10]



Obr. Interferenční vlny na optické destičce [10]



Obr. Princip odrazu světla při kontrole optickou destičkou [10]

3.3 Nožová pravítka

Nožová pravítka slouží především ke kontrole rovinnosti. Princip spočívá v přiložení pravítka ke zkoumanému objektu. Nastavením proti světlu vznikají mezi pravítkem a objektem drobné štěrby, kterými proniká světlo. Tyto štěrby jsou důsledkem nerovnosti povrchu objektu.



Obr. 3.3 Nožové pravítko [10]

3.4 Příložné úhelníky

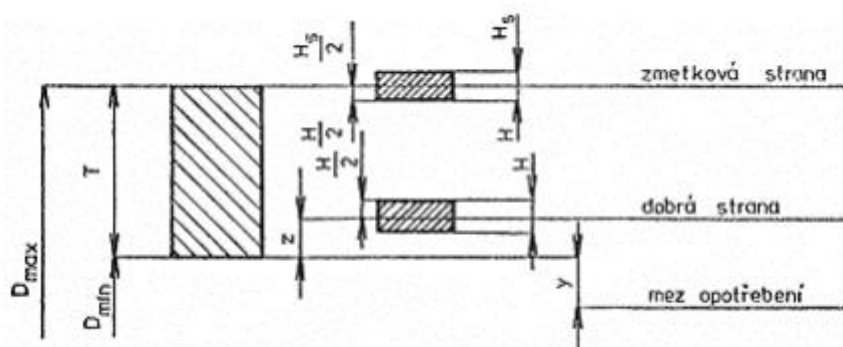
Příložné úhelníky jsou prostou metodou kontroly kolmosti dvou rovin. Princip je téměř totožný jako u nožových pravítek.



Obr. 3.4 Příložný úhelník [10]

3.5 Kalibry

Dalším z těch jednodušších způsobů kontroly geometrické přesnosti obrobku je kontrola pomocí kalibrů. Nejčastěji se vyrábějí válečkové (Obr.3.5) a ploché kalibry na měření vnitřních průměrů obrobku, kuželové na kontrolu vnitřních a vnějších kuželů, třmenové (Obr.3.5), kterými se kontroluje vnější průměr a další. Tímto způsobem kontroly obrobku se nedají zjistit konkrétní hodnoty úchylek, výsledkem je pouze informace, zda se měřený rozměr nachází v daném tolerančním poli kalibru nebo ne. [11]



Obr. 3.5 Kalibry [11]

3.6 Koncové měrky

jsou přesné ocelové, případně keramické destičky nebo hranoly s přesností až 0,0001 mm. Koncové měrky se používají jako hmotný etalon délky v systému metrologické návaznosti měřidel a měřicích přístrojů. Další oblast jejich použití je v přesném strojírenství. Dají se rozdělit do dvou základních skupin: tzv. "krátké" (0,3 - 100)mm a tzv. "dlouhé" (125 - 1000)mm. Měrky se vyrábějí ve čtyřech stupních přesnosti (K, 00, AA – kalibrační, 0, A – etalonové, 1,B – kontrolní, 2,C – dílenské). [1]



Obr. 3.6 Koncové měrky[1]

3.7 kruhoměr Talyrond 130

Talyrond 130 je malý vysoce přesný systém pro měření kruhovitosti s manuálním polohováním ve vertikální i horizontální ose a vřetenem uloženým na vzduchových ložiscích. Robustní stolní dílenský systém pro měření kruhovitosti, určený pro rychlé a přesné měření. Vybaven snímačem Talymin 5 a ručně ovládaným ramenem je Talyrond 130 schopen měřit v úrovni nanometrů a zároveň umožňuje měřit díly s hmotností až do 20 kg, což jej předurčuje pro důvěryhodné měření malých a středních dílů. Díky zjednodušenému uživatelskému rozhraní, s použitím intuitivních a interaktivních naprogramovaných kroků, umožňuje eliminovat chyby obsluhy. [12]

- Vysoce přesné vřeteno, uložené na vzduchových ložiscích s přesností kruhovitosti až $\pm 0,02 \mu\text{m}$
- Talymin 5 snímací mechanismus s rozsahem 2 mm
- Rychlé ruční středění a vyrovnání
- SW Ultra Roundness plně vyhovující mezinárodním normám



Obr. kruhoměr Talysond 130[12]

3.8 Univerzální měření pomocí Talymaster

Jedná se o univerzální přístroj pro měření a analýzu například tvaru součásti, přímosti, kruhovitosti, obvodového a čelního házení i drsnosti povrchu v jednom. Efektivně tedy snižuje časy na kontrolu. Vyznačuje se rovněž antivibračním systémem uložení, což má za následek možnost použití i ve výrobních podmínkách. Využívá se především při měření ozubených kol, částí kompresorů a palivových čerpadel, ložisek či ventilů. [13]

Výhody:

- univerzální měřicí přístroj
- vysoká přesnost
- funkce izolována od vnějších vlivů a chvění
- pět pohybových os včetně automatického polohování stolu v osách X a Y s přesností $< 1 \mu\text{m}$ [13]



Obr. 3.8 Univerzální měření pomocí Talymaster [13]

3.9 MarStand 818

Zařízení na kontrolu obvodového házení s hrotovými přístroji. Pro rychlé a jednoduché měření zejména obvodového házení. Tento přípravek měří nejen zmiňované obvodové házení, ale také soustřednost, rovnoběžnost, čelní házení nebo tvar či úhel kužele [15]

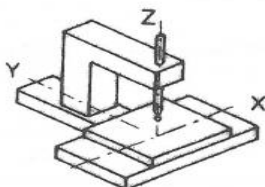


Obr. 3.9 Marstand 818 [15]

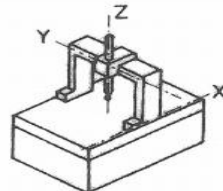
3.10 Souřadnicové měřicí stroje

Souřadnicové měřicí stroje, anglicky Coordinate Measurement Machines (dále jen CMM) jsou schopny měřit komplexní geometrii součástí, a to s velmi malými chybami. Dokážou změřit takřka cokoli, proto bych je také nazval nejuniverzálnějším zařízením pro měření geometrické přesnosti obrobku, ale i jiných součástí. Počátek jejich rozvoje spadá do sedmdesátých let 20. století. V principu CMM zjišťují geometrii měřených objektů určením prostorových souřadnic několika měřených bodů. Z těchto souřadnic se potom v připojeném vyhodnocovacím zařízení určí geometrie objektu. Před každým měřením je třeba definovat uživatelský souřadnicový systém, který se obvykle vztahuje na měřený objekt. Podle konstrukce lze CMM rozdělit na jednosouřadnicové, dvousouřadnicové a třísouřadnicové stroje. [3]

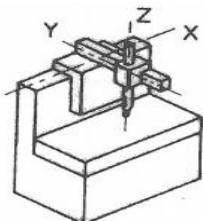
Čtyři základní typy CMM:



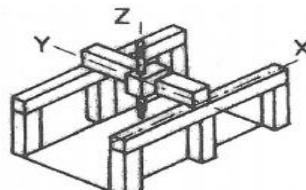
Obr. : Sloupový [2]



Obr. : Portálový [2]



Obr. : Výložníkový [2]



Obr. Mostový [2]

Části souřadnicového měřicího stroje:

- Mechanická část
- Odměřovací systém
- Snímací systém včetně systému pro výměnu snímačů
- Řídicí systém
- Software

3.10.1 Souřadnicový měřicí stroj UNIVERSAL

Jedná se o vysoce přesný měřicí přístroj s mimořádnou teplotní stabilitou, který umožňuje používat sondy pro analogové kontaktní měření i laserové snímání. Díky pětistupňové ose snímání je vhodný pro měření součástí hnacích a převodových soustav.

Mezi další skvělé vlastnosti přístroje patří systém teplotní kompenzace, který je řešen bezdrátovým přenosem Bluetooth, což umožňuje automaticky a dynamicky kompenzovat teplotní změny prostředí. Díky tomu dokáže UNIVERSAL pracovat s vysokou přesností v rozsahu teplot 16°C až 26°C. [5]

Výhody:

- Ultra pevná slitina nosné konstrukce garantuje maximální tuhost pro aplikační snímání
- Rychlá tepelná difuze rámu souřadnicového měřicího stroje při změnách prostředí
- Nosníková konstrukce portálu FEA s optimálním momentem setrvačnosti funguje s minimální deformací při velkých provozních zrychleních
- Jednokusová granitová deska s drážkou v ose Y je výhodná pro opakovatelnost a přesnost měření
- Stolové vložky se závitem M8 v komfortním rastrovém uspořádání
- Odolná vzduchová ložiska s velkým rozsahem nosnosti a 3bodová izostatická konstrukce ve všech osách
- Pneumatický systém vyvažování osy Z
- Volně plovoucí lineární snímače s přesností 0,1 mikronu s dynamickým zpracováním signálu
- Fungování měřicího stroje optimalizuje plně digitální ovládání pohybu s kombinovanou trasou sondy
- Hnací ozubené řemeny s nulovým hysterezním třením ve všech osách
- Pasivní tlumicí systém chvění izoluje vnější vibrace.
- Ze všech stran otevřeně přístupný měřicí prostor
- Maximální zrychlení 1500 mm/s²



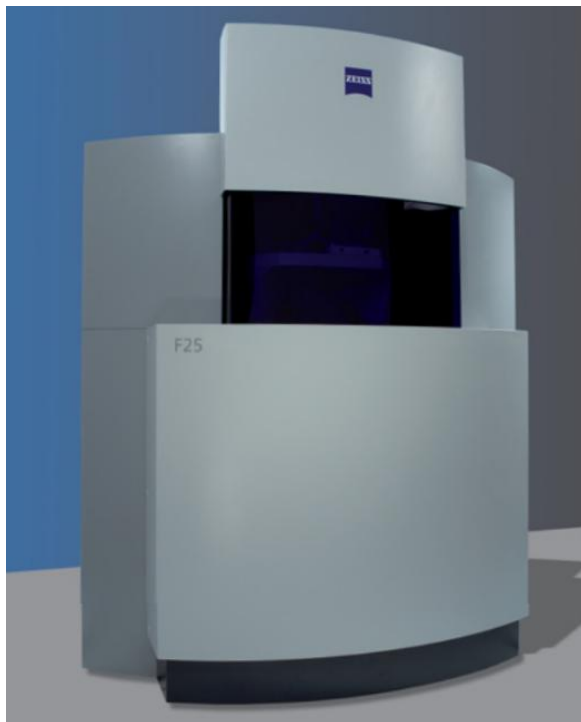
Obr. 3.10.1. Souřadnicový měřicí stroj UNIVERSAL [5]

3.10.2 F25 pro měření mikrosoučástí

Jedná se o souřadnicový měřicí stroj firmy Carl Zeiss, jenž je schopen měřit velmi malé obrobky o velikostech menších než $0,1 \mu\text{m}$. Princip spočívá v kombinaci dvou základních typů měření - dotykového a optického. Optickou část reprezentuje objektiv ViSCAN, používaný u běžných mikroskopů Zeiss. Druhou část, tu dotykovou, představuje pasivní skenovací senzor s technologií křemíkového čipu s integrovanými piezodoporovými elementy. Měřicí rozsah tohoto zařízení je $100 \times 100 \times 100 \text{ mm}$. Nejistota měření při rozlišení $7,5 \text{ nm}$ je 250 nm a průměr snímací kuličky se pohybuje od 100 do $700 \mu\text{m}$. Na podobném principu multisenzorového snímání pracují i podobná zařízení na měření větších součástí. [6]

Výhody:

- měření velmi malých součástí-
- 2 typy snímacích systémů v jednom [6]



Obr.3.10.2 souřadnicový stroj Carl-Zeiss F25 [6]



Obr. 3.10.3 Příklady měřících součástí [6]

4. Měření úchylek tvaru a polohy se statistickým zpracováním

4.1 Statistika

Mezi základní statistické výpočty užívané v metrologii je určení aritmetického průměru \bar{x} a směrodatné odchylky s . Obě tyto charakteristiky se určují z konečného počtu N prvků, který se na počátku výpočtu zadává. Výpočet statistických charakteristik se provádí dle následujících matematických vztahů : aritmetický průměr

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (4.1.1)$$

směrodatná odchylka

$$s = \sqrt{s^2} \quad s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (4.1.2)$$

S využitím těchto funkcí se počítá například při vyhodnocování výsledků kontroly větší série shodných výrobků nebo při opakovaných měřeních[1]

4.2 SPC - Statistical Process Control

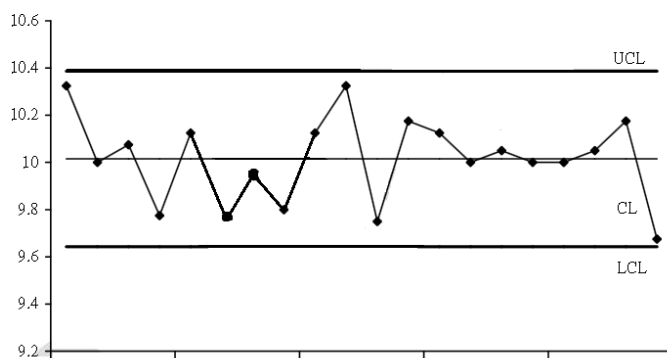
Je to průmyslová standardní metoda pro měření a řízení kvality výroby. Údaje o jakosti v podobě měření produktu nebo procesu jsou získávány v reálném čase při výrobě. Tato data se vynesou do grafu v předem stanovených kontrolních mezích.

Základním cílem SPC je zlepšování jakosti (prevence nebo předcházení výrobě neshodných výrobků).

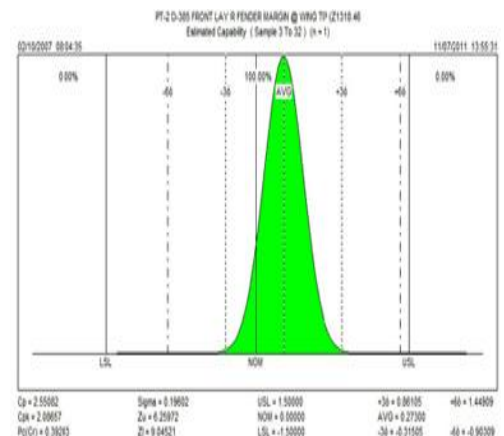
Rozlišení a identifikace příčin variability výroby provádíme pomocí regulačních diagramů. Regulační diagram je vlastně průběhový diagram s horní a dolní regulační mezí, které jsou nakresleny na obě strany od průměrné hodnoty procesu. [14]

Výhody:

- Výrazně sníží variabilitu výroby a zmetky
- Zvýší produktivitu
- Sníží náklady



Obr.4.2.1 Regulační diagram[14]



Obr.4.2 Graf výsledné kontroly[14]

4.3 Plně automatické měřicí a identifikační zařízení nové generace BMZ

zařízení pro automatické bezdotykové měření rozměrů, tvarových odchylek a polohy součástí, vzhledovou kontrolu a identifikaci součástí.

Automatické, velmi rychlé a objektivní měření, bez možnosti ovlivnit výsledky měření obsluhou.

Značná výkonnost, umožňující v krátkém okamžiku měřit poměrně velký počet parametrů, včetně nejrůznějších složitých tvarů. Průběžná archivace dat pro potřeby certifikace aj., automaticky doplněná o další zvolené údaje jako např. označení zakázky, označení typorozměru, kód pracovníka, kód stroje, číslo pracoviště, datum a čas měření atd.

Zařízení lze připojit k firemní ethernetové síti.

Průběžné výsledky statistického zpracování naměřených hodnot v číselné a grafické podobě na monitoru měřicího zařízení. [7]



Obr 4.3 měřicí a identifikační zařízení BMZ [7]

Statistické vyhodnocení:

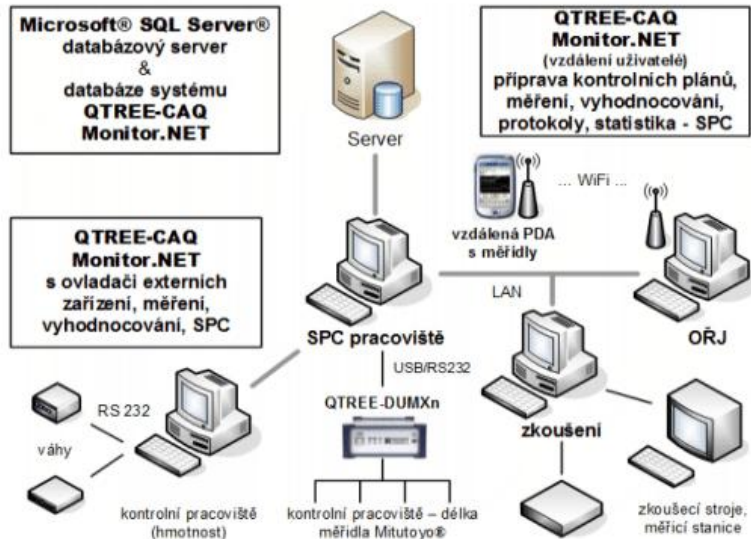
včetně statistického zpracování výsledků měření – zpracujeme podle zvyklostí zavedených v každém výrobním závodě. Obdobně upravíme měřicí protokol a tisk výsledků měření.

Běžně dodávané statistické vyhodnocení slouží pro regulaci výrobního procesu formou regulační karty (diagramu) individuálních hodnot a rozpětí $X_i - R$, středních hodnot a rozpětí $X - R$, středních hodnot a směrodatné odchylky $X - S$ a karty histogramu.

Statistickou kontrolu lze provádět jen pro vybrané skupiny dat uložených ve společné databázi. Program umožňuje filtrovat data volbou nějakého kritéria[7]

4.4 QTREE-CAQ Monitor.NET

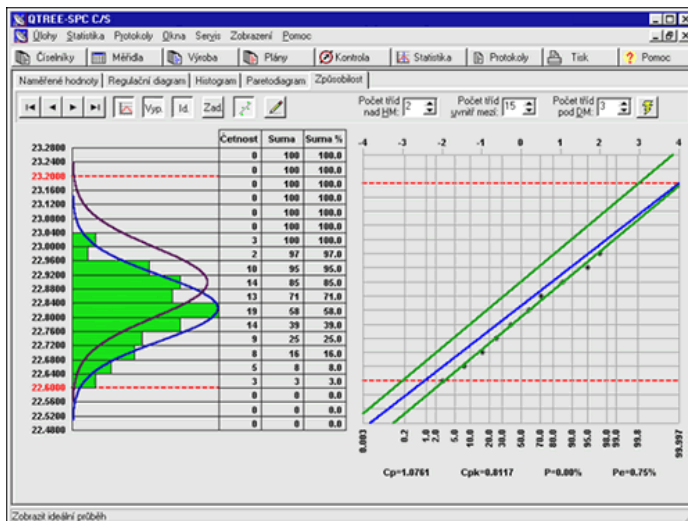
najde své uplatnění jak při kontrole výroby diskrétních součástí (strojírenství, automobilový průmysl), tak při laboratorní kontrole kontinuálních výrobních procesů (potravinářství, chemie, stavební hmoty) i při výstupní kontrole a testování finálních produktů a celých sestav. Samozřejmostí je shoda s požadavky standardů **ISO 9000, ISO 14000**, [7]



Obr. 4.4 systém monitorování kvality [7]

Statistické nástroje: SPC nástroje

- Zpracování regulačních karet do 200 odběrů o velikosti 2..25 vzorků
- Zpracování regulačních karet do 200 odběrů o velikosti 1 vzorku
- Detailní datová analýza - zpracování dat libovolného rozsahu (Histogram.....)
- Zpracování dlouhodobých studií - Zpracování přehledů
- Zpracování atributivních znaků



Obr. 4.4.1 Histogram[7]



Obr. 4.4.2 Regulační diagram[7]

5. Závěr:

Cílem této bakalářské práce byla rešerše na téma měření úchylek tvaru a polohy. Seznámili jsme se s úchylkami tvaru a polohy a jejich způsob měření. Poznali jsme různé měřící přístroje na měření specifických úchylek tvaru a polohy. Softwaru SPC (Statistical Process Control) používá se k odhalení a minimalizovat rozdíly ve výrobním procesu. Dá se zabránit velkým škodám ve výrobě pomocí SPC.

V dnešní době není možné mít výrobu bez kontroly, každým rokem se zvedají požadavky na přesnost. S tímto trendem se budou zlepšovat přesnosti měřicích přístrojů

Tato bakalářská práce by měla svému čtenáři poskytnout základní, avšak obecný přehled o úchylkách tvaru a polohy a současných možnostech měření .

6. Seznam použitých zdrojů

- [1] ČECH, Jaroslav, PERNIKÁŘ, Jiří, PODANÝ, Kamil. Strojírenská metrologie. Vydání 5. přepracované. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, 2009. 176 s. ISBN 978-80-214-4010-4
- [2] PERNIKÁŘ, Jiří; TYKAL, Miroslav. Strojírenská metrologie II. Vydání první. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, 2006. 180 s. ISBN 80-214-3338-8.
- [3] BUMBÁLEK, Leoš, a kolektiv. Kontrola a měření : pro SPŠ strojní. Vydání první. Praha: INFORMATORIUM, 2009. 206 s. ISBN 978-80-7333-072-9
- [4] měřicí-pristroje.cz universal [online]. 2004-07-02, poslední revize 30.6.2016. Dostupné z WWW:< <http://www.merici-pristroje.cz/universal/>>
- [5] zeiss F25 [online]. 2012-07-02, poslední revize 30.6.2016. Dostupné z WWW: < http://moncktons.com/docs/zeiss_f25.pdf >
- [6] QTREE-CAQ Monitor.NET [online]. 2012-05-02, poslední revize 30.6.2016. Dostupné z WWW:< <http://www.avikopraha.cz/elektro1.htm>>
- [7] caq systém monitorování kvality [online]. 2013-08-02, poslední revize 30.6.2016. Dostupné z WWW:< <http://www.trestik.cz/caq-system-monitorovani-kvality>>
- [8] MITUTOYO Česko s.r.o. - Přesnost je naší profesí [online]. 2003 [cit. 2016-04-26]. Geometrické úchyly tvaru a polohy. Dostupné z WWW: <http://www.mitutoyoczech.cz/cz/.../KMG_plakat%20A3_17_9-final.pdf>
- [9] Technické univerzity v Liberci [online]. 2009 [cit. 2016-03-26]. Geometrické úchyly tvaru a polohy. Dostupné z WWW: . http://intech2.tul.cz/dokumenty/vystupy_z_projektu/03~TUL%20-%20KI%C3%AD%C4%8Dov%C3%A1%20aktivita%203/In-TECH%20_KA3-p%C5%99edn%C3%A1%20C5%A1ka%20%C3%9Achyly%20tvaru%20a%20polohy.pdf
- [10] Kalibrace měřidel, délka, úhel, teplota, vlhkost kalibrační laboratoř [online]. 1998 [cit. 2016-03-27]. Dostupné z WWW: <http://www.merici-pristroje.cz>
- [11] Výroba a dodávka hladkých, závitových a speciálních kalibrů | KALIBR GROUP s.r.o [online]. 2000 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z WWW: . www.kalibrgroup.cz
- [12] Talyrond 130 | IMECO TH.sro [online]. 2014 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z WWW: . [http://www.imeco-th.cz/img/files/Talyrond%20130_%20131C%20\(CZ\).pdf](http://www.imeco-th.cz/img/files/Talyrond%20130_%20131C%20(CZ).pdf)
- [13] NOVÁK, Zdeněk. Nová koncepce kontroly povrchu. MM průmyslové spektrum [online]. 2010, 9, [cit. 2016-05-27]. Dostupný z WWW: . <http://www.mmspektrum.com/clanek/nova-koncepce-kontroly-povrchu.html>
- [14] Zontec - SPC[online]. 2012, [cit. 2016-03-27]. Dostupný z WWW: . <http://www.zontec-spc.com/add-on-tools/what-is-spc/>
- [15] Měřicí technika pro výrobu Mahr[online]. 2014, [cit. 2016-06-27]. Dostupný z WWW: . <http://www.mahr.cz/cs/Produkty-a-sluzby/Vyrobní-měřicí-technik>

7. Seznam obrázků a tabulek

Tab.1.1 Tolerance Tvaru [2]	6
Obr. 1.1 Toleranční pole přímosti a znázornění na výkrese [9].....	6
Obr. 1.2: Toleranční pole rovinnosti a znázornění na výkrese[8].....	7
Obr. 1.3: Toleranční pole kruhovitosti a znázornění na výkrese[8].....	7
Obr. 1.4: Toleranční pole válcovitosti a znázornění na výkrese[8].....	7
Obr. 1.5: Toleranční pole tvaru čáry a znázornění na výkrese[8].....	8
Obr. 1.6: Toleranční pole tvaru plochy a znázornění na výkrese[8].....	8
Tab. 2.1 Tolerance Polohy[2].....	9
Obr. 2.1: Toleranční pole sklonu a znázornění na výkrese [8].....	9
Obr. 2.2: Značení na výkrese a Toleranční pole kolmosti [9].....	10
Obr. 2.3 Toleranční pole rovnoběžnosti a znázornění na výkrese[8].....	10
Obr. 2.4 Tolerance Souososti a jeho znázornění na výkrese [8].....	11
Obr. 2.5 Tolerance Soustřednosti a jeho znázornění na výkrese [9].....	11
Obr. 2.6 Tolerance Umístění a jeho znázornění na výkrese[8].....	12
Obr. 2.7 Tolerance Souměrnosti a jeho znázornění na výkrese [8].....	12
Obr. 2.8 Tolerance Obvodového házení jeho znázornění na výkrese [8].....	13
Obr. 2.9 Tolerance čelního házení a jeho znázornění na výkrese[8].....	13
Obr. 2.10 Tolerance celkového obvodového házení a jeho znázornění na výkrese [9].....	13
Obr. 2.11 Tolerance celkového házení a značení ve výkresové dokumentaci[9].....	14
Obr. 3.1 Schéma kolimačního měřidla [2].....	14
Obr. 3.2 Princip měření [2].....	15
Obr. 3.1.1 Princip Autokolimátoru [2].....	15
Obr. Optická destička firmy TESA [10].....	16
Obr. Interferenční vlny na optické destičce [10].....	16
Obr. Princip odrazu světla při kontrole optickou destičkou [10].....	17
Obr. 3.3 Nožové pravítko [10].....	17
Obr. 3.4 Příložný úhelník [10].....	17
Obr. 3.5 Kalibry [11].....	18
Obr. 3.6 Koncové měrky[1].....	19
Obr. kruhoměr Talyrond 130[12].....	20
Obr. 3.8 Univerzální měření pomocí Talymaster [13].....	20
Obr. 3.9. Marstand 818 [15]	22
Obr. 3.10.1. Souřadnicový měřicí stroj UNIVERSAL [5].....	23
Obr. 3.10.2. souřadnicový stroj Carl-Zeiss F25 [6].....	24
Obr. 3.10.3 Příklady měřících součástí [6].....	24
Obr.4.2 Graf výsledné kontroly[14].....	25
Obr.4.2.1 Regulační diagram [14].....	25
Obr. 4.3 měřicí a identifikační zařízení BMZ [7].....	25
Obr. 4.4 systém monitorování kvality [7].....	26
Obr. 4.4.1 Histogram[7].....	26
Obr. 4.4.2 Regulační diagram[7].....	27