ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N 2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: Strojírenská technologie-technologie obrábění

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Problematika kalibrace závitových kalibrů a závitových kalibračních kroužků velkých rozměrů

Autor: **Bc. Tomáš Trefanec**

Vedoucí práce: **Ing. Zdeněk Pospěch, Ph.D.**

Akademický rok 2014/2015

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeská univerzita v Plzni.
Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, která je součástí této diplomové práce.

V plzni dne: …….. ……
podpis autora

Poděkování

Chci poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Zdeňkovi Pospěchu, Ph.D. za jeho čas a podporu, kterou mi věnoval. Děkuji firmě Doosan Škoda Power, s.r.o. za možnost u nich vypracovat diplomovou práci a za pomoc, čas a cenné rady jejich zaměstnanců během diplomové práce.

Dále děkuji mé rodině a přátelům za podporu a trpělivost během mého studia.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	**Příjmení** Bc. Trefanec	**Jméno** Tomáš
STUDIJNÍ OBOR	Strojírenská technologie-technologie obrábění	
VEDOUCÍ PRÁCE	**Příjmení (včetně titulů)** Ing. Pospěch, Ph.D.	**Jméno** Zdeněk
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KTO	
DRUH PRÁCE	**DIPLOMOVÁ**	~~**BAKALÁŘSKÁ**~~ **Nehodící se škrtněte**
NÁZEV PRÁCE	Problematika kalibrace závitových kalibrů a závitových kalibračních kroužků velkých rozměrů	

FAKULTA	strojní	**KATEDRA**	KTO	**ROK ODEVZD.**	2015

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	73	**TEXTOVÁ ČÁST**	50	**GRAFICKÁ ČÁST**	23

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) **ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY**	Diplomová práce se zabývá problematikou měření závitů. Hlavním cílem práce je vytvoření kalibračního postupu pro kalibraci kalibračních závitových kroužků na univerzálním délkoměru. Pro usnadnění výpočtů v rámci kalibrace budou vytvořena makra. Kalibrační postup by měl sloužit pro firmu Doosan Škoda Power, s.r.o. .
KLÍČOVÁ SLOVA **ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE**	metrická závit, univerzální délkoměr, kalibrační potup, standardní nejistota, marka, závitové kroužky

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	**Surname** Bc. Trefanec	**Name** Tomáš	
FIELD OF STUDY	Department of Machining Technogy		
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	Problems of calibration of tread gauge and threaded ring gauge of bigger size		

FACULTY	Mechanical Engineering		**DEPARTMENT**	Machining Technology		**SUBMITTED IN**	2014

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	73		**TEXT PART**	50		**GRAPHICAL PART**	23

BRIEF DESCRIPTION **TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS**	The diploma's work deals with problems of thread measurement. The main aim of my work was to create the calibration procedure for threaded ring on the universal length measuring instrument. Macros were created for easier calculations during calibration. The calibration procedure should be dedicated to Doosan Škoda Power s.r.o.
KEY WORDS	ISO metric screw thread, universal length measuring instrument, calibration procedure, measurement uncertainty, macro, threaded ring

Obsah

1 Úvod 6
1.1 Úvod a cíle řešení 6
1.2 Firma Doosan Škoda Power, s.r.o. 6
Historie 6
Vize firmy 7
2 Analýza současného stavu 8
2.1 ISQ systém (Modul METROLOGIE) 8
2.2 Kalibrace prováděné v laboratoři 10
2.3 Metrologický řád 10
2.4 Rozbor kalibračního postupu firmy 11
2.5 Vybavení metrologické laboratoře 12
2.6 Kalibrační závitové kroužky 18
2.6.1 Závity, které se kontrolují pomocí závitových kalibračních kroužků 18
2.6.2 Kontrola kalibračních závitových kroužků 18
2.6.3 Kalibrace závitových kroužků 18
2.7 Závitové trny 19
2.7.1 Závity, které se kontrolují pomocí závitových trnů 19
2.7.2 Kalibrace závitových trnů 19
2.8 Konečné hodnocení 20
3 Parametry podléhající kalibraci a jejich měření 22
3.1 Závit (prvky závitu) 22
3.2 Obecně kalibrace měřících přístrojů 22
3.3 Obecné parametry, které se měří u závitů 23
3.3.1 Měření úhlu závitu 23
3.3.2 Měření stoupání 23
3.3.3 Měření středního průměru závitu 23
3.3.4 Velký průměr 23
3.3.5 Malý průměr 23
3.3.6 Stoupání závitu 23
3.4 Obecná měřidla na měření a kontrolu závitů 23
3.5 Zadané parametry při kalibraci a způsoby jejich zjišťování 26
3.5.1 Střední průměr závitu 26
3.5.2 Obsah kalibračního postupu 30
4 Návrh metodiky kalibrace 33
4.1 Deformace závitového kroužku velkých průměrů 33

4.1.1 Výpočet (obecný)-důkaz deformace ... 33
4.2 Nejistoty měření-teorie ... 35
4.2.1 Standardní nejistota typu A (u_A) ... 35
4.2.2 Standardní nejistota typu B (u_B) ... 36
4.2.3 Kombinovaná standardní nejistota (u_c) ... 36
4.2.4 Rozšířená standardní nejistota (U) ... 37
4.2.5 Zásady, které se dodržují při uvádění nejistot měření ... 37
4.3 Návrh výpočtu nejistot ... 37
4.3.1 Popis návrhu nejistoty ... 38
4.4 Způsob určení limitních hodnot pro střední průměr u závitových kroužků ... 39
4.4.1 Obecné vzorce pro toleranční třídy: e, f, g, h … ... 39
4.4.2 Ukázky výpočtů pro toleranční třídy: Sc, Sd, Sh ... 43
4.4.2.1 Sc(M130x2-Sc8) ... 43
4.4.2.2 Sd(M80x4-Sd8) ... 43
4.4.2.3 Sh(M115x3-Sh5) ... 44
4.5 Nezbytné kroky pro tvorbu kalibračního postupu ... 45
4.6 Makra pro výpočty ... 48
5 Experimentální měření na ZČU ... 59
5.1 Použité prostředky pro měření závitových kroužků ... 59
5.2 Činnosti před měřením ... 63
5.3 Závitový kroužek dobrý M72x6-6h ... 64
5.4 Závitový kroužek zmetkový M95x3-6h ... 65
5.5 Závitový kroužek dobrý M140x4-6g ... 67
5.6 Závitový kroužek zmetkový M140x4-6g ... 68
6 Závěr ... 70
7 Literatura ... 71
8 Přílohy ... 73

Seznam obrázků

Obrázek 1 logo společnosti[3] 6
Obrázek 2 Vize[10] 7
Obrázek 3 Vzhled metrologického pracoviště 8
Obrázek 4 Ukázka informačního softwaru 9
Obrázek 5 Štítek doby kalibrace 11
Obrázek 6 Délkoměr 12
Obrázek 7 Komparační délkoměr 13
Obrázek 8 Tvrdoměr Rockwell 14
Obrázek 9 Tvrdoměr Vickers 14
Obrázek 10 Svislý délkoměr 15
Obrázek 11 Kalibrační přístroj na číselníkový úchylkoměr 15
Obrázek 12 Kalibrační přístroj na číselníkový úchylkoměr 16
Obrázek 13 Profilo projektor 16
Obrázek 14 Dílenský mikroskop 17
Obrázek 15 Přístroj na měření tlaku 17
Obrázek 16 Závitový kalibrační trn 18
Obrázek 17 Ukázka velkých kalibračních závitových kroužků a trnů 19
Obrázek 18 Drátky na drátkovou metodu 20
Obrázek 19 Předpokládané místo kam se umístí univerzální délkoměr 21
Obrázek 20 Prvky závitu[29] 22
Obrázek 22 Závitový kalibr s měřením hloubky[5] 24
Obrázek 21 Třmenový kalibr rolničkový[7] 24
Obrázek 23 Mezní závitové válečkové kalibry[7] 24
Obrázek 24 Třmen pro měření vnějšího závitu[4] 24
Obrázek 25 třmenový mikrometr 24
Obrázek 26 Univerzální_mikroskop_Zeiss 25
Obrázek 27 Univerzální délkoměr 25
Obrázek 28 Třídrátková metoda[28] 26
Obrázek 29 posuvné měřítko 26
Obrázek 30 Ukázka měření vnějšího závitu na délkoměru[33] 27
Obrázek 31 Párové měrky 28
Obrázek 32 Základní poskládaní závitu 28
Obrázek 33 Simulovaný závit, dotyk 28
Obrázek 34 Třídrátková metoda[9] 28
Obrázek 35 třmenový mikrometr na měření středního průměrů závitů 29
Obrázek 36 Princip měření 29
Obrázek 37 ukázka upnutí na mikroskopu pro měření závitu 30
Obrázek 38 Síly na kroužek 33
Obrázek 39 Deformace kroužku 34
Obrázek 40 kroužek nastojato 45
Obrázek 41 kroužek naležato 45
Obrázek 42 Makro 48
Obrázek 43 Makro 48
Obrázek 44 Makro 49
Obrázek 45 Makro 50
Obrázek 46 Makro 52
Obrázek 47_Makro 54
Obrázek 49 Makro 54

Obrázek 50 Makro 55
Obrázek 51 Makro 57
Obrázek 52 Makro 58
Obrázek 53 Univerzální délkoměr 59
Obrázek 54 Původní označení univerzálního délkoměru 59
Obrázek 55 Použité koncové měrky 60
Obrázek 56 Párové měrky a dotyky 60
Obrázek 57 Držáky na měrky bez spodní lišty 61
Obrázek 58 Držák na měrky se spodní lištou 61
Obrázek 59 Dotyky 1.78mm 62
Obrázek 60 Dotyky 3.14mm 62
Obrázek 61 Stolek na délkoměr 62
Obrázek 62 Měřící ramena 62
Obrázek 63 Vodováha 63
Obrázek 64 Nastavení univerzálního stolku do roviny pomocí šroubu 63
Obrázek 65 Závitový kroužek M72x6-6h 64
Obrázek 66 Simulovaný závit M72x6-6h 64
Obrázek 67 Simulovaný závit na délkoměru 65
Obrázek 68 Závitový kroužek M 95x3-6h 65
Obrázek 69 Simulovaný závit v držáku měrek 66
Obrázek 70 Oblast nebezpečí nárazu 66
Obrázek 71 Ukázka závitového kroužku na univerzálním délkoměru 67
Obrázek 72 Závitový kroužek M 140x4-6g 67
Obrázek 73 Simulovaný závit 68
Obrázek 74 Závitový kroužek M 140x4-6g 68

Seznam tabulek

Tabulka 1 Prvky závitu [29] 22
Tabulka 2 Koeficienty závislé na počtu měření [30] 35
Tabulka 3 Tabulka pro výpočet standardní nejistoty typu B 39
Tabulka 4 Hodnoty pro stanovení mezních hodnot [13] 40
Tabulka 5 limitní hodnoty pro M120x2-6g 41
Tabulka 6 M14x1-Sc8[12] 43
Tabulka 7 M62x2-Sd8[12] 43
Tabulka 8 M 115x3-Sh5[12] 44
Tabulka 9 Porovnání kalibračních postupů 46

Seznam zkratek a symbolů

Značka	Popis
W	Whitworthův závit
M	Metrický závit
ZČU	Západočeská univerzita v Plzni
G	Trubkový závit
Tr	Trapézový závit
d,D,D_4	Velký průměr
d_2,D_2	Střední průměr
d_1,d_3,D_1	Malý průměr
P_h	Stoupání (Ph=n*P)
P	Rozteč
α	Úhel profilu
β,γ	Úhly boků
ψ	Úhel stoupání
R	Zaoblení dna
H	Výška základního trojúhelníku
H_1	Nosná výška
h_3,H_4	Výška závitu
c_1	Seříznutí závitu matice
c_2	Seříznutí závitu šroubu
s	směrodatná odchylka
s^2	střední kvadratická odchylka
$\bar{X}$	aritmetický průměr
u_A	Standardní nejistoty měření typu A
u_B	Standardní nejistoty měření typu B
u_C	Základní vztah kombinované nejistoty
U	Rozšířená standardní nejistota

1 Úvod

1.1 Úvod a cíle řešení

Kalibrace měřících přístrojů, měřidel a dalších měřících pomůcek je velmi důležitá součást každého podniku v celém světě. Protože bez správné kalibrace by firmy mohly měřit špatné hodnoty při výrobě. Ve firmách, kde nedochází k pravidelné a správné kalibraci, se časem objeví špatné výrobky a s tím i související finanční ztráta při výrobě. V neposlední řadě, když se chyba objeví a zjistí u zákazníka, dochází k poškození jména firmy, což může mít mnohem větší finanční ztráty, než když se špatný výrobek objeví ve výrobě.

Pro kalibraci závitových kalibrů se dá použít mnoho metodik měření. Zvolená metoda závisí hlavně na druhu závitového kalibru, na měřícím vybavení a na velikosti závitového kalibru.

Diplomová práce se zabývá možnostmi měření závitových kalibrů. Hlavním cílem je vytvoření kalibračního postupu pro závitové kalibrační kroužky. Dále se vytvořila makra pro usnadnění výpočtů, které se dělají, během kalibrace závitových kalibračních kroužků.

Kalibrační postup by měl sloužit pro firmu Doosan Škoda Power, s.r.o.

1.2 Firma Doosan Škoda Power, s.r.o.

Historie

Hrabě Valdštejn založil základy budoucího průmyslového podniku v Plzni. Emil Škoda v roce 1869 koupil od Valdštejna jeho podnik. Emil Škoda po koupi podniku začal celý závod modernizovat. Podnik se rozšiřoval a postupně se přestěhoval do míst, kde stávaly Škodovy závody. Před první světovou válkou se podnik stal významnou zbrojní firmou v tehdejší Evropě. Zbrojní výroba byla významným oborem v podniku, ale přestavovala pouze část výroby.[17][18]
Během 1. světové války se podniku velmi dařilo, hlavně díky zbrojnímu průmyslu. Po 1. světové válce poptávka po zbrojní výrobě klesla. Škodovka v první republice rozšířila svojí výrobu o lokomotivy, automobilové díly, lodní díly, atd. [17][18]
Během první republiky vzniká jedno z nejznámějších log v historii a to okřídlený šíp.
Po 2. světové válce byl podnik poničen vlivem bombardování. Posléze podnik byl zestátněn a rozdělen na jednotlivé části. V roce 1993 dochází k rozdělení na dceřiné společnosti. Jedna z těchto společností je ŠKODA POWER. [17][18]

Obrázek 1 logo společnosti[3]

Důležitá data [1] [2]:

- 1859 - Christian Valdštejn zakládá počátky Škodových závodů
- 1869 - Valdštejn prodává podnik Emilu Škodovy
- 1904 - Vyrobena první parní turbína, která měla výkovn 412 Kw
- 1932 - Vyrobena turbína o výkonu 23 MW

- 1959 - Vyrobena turbína o výkonu 110 MW
- 1966 - Vyrobena turbína o výkonu 200 MW
- 1976 - Vyrobena turbína o výkonu 220 MW
- 1978 - Vyrobena turbína o výkonu 500 MW
- 1992 - Vyrobena turbína o výkonu 100 MW
- 1993 - Privatizace podniku Škoda
- 1994 - Vznik podniku Guangzhou ŠKODA JINMA Turbines, Ltd v Čině
- 1998 - Vznik ŠKODY ENERGO s.r.o.
- 2004 - Firma si mění název z ŠKODY ENERGO s.r.o. na ŠKODA POWER s.r.o.
- 2010 -“ Doosan Škoda Power se stala členem skupiny Doosan Power Systems, dceřiné společnosti Doosan Heavy Industries and Construction“ [2]
- 2012 - Firma se přejmenovala na Doosan Škoda Power s.r.o.

Vize firmy

“**Kvalitní výrobky a služby zaměřené na zákazníka**“ [10]

Obrázek 2 Vize[10]

Filozofie

“Kvalitní výrobky a služby zaměřené na zákazníky:

- **Vlastní výzkum a vývoj**
- **Moderní design a řešení**
- **Klíčové schopnosti v oblasti technologie a výroby**
- **Aplikované řízení projektů**
- **Procesy zaměřené na maximální jakost**
- **Optimální hospodárná řešení**
- **Řízení lidských zdrojů**
- **Trvalý dynamický rozvoj společnosti“ [10]**

Náš přístup

“Doosan Škoda Power zůstane českou společností a rozvine se ve špičkového světového výrobce turbín. Doosan Škoda Power je v České republice hrdou společností s dlouhou historií a s dokonalými postupy ve strojírenství, nabízející vynikající kvalitu a konkurenceschopné ceny, a je vlivným hráčem na českém a středoevropském energetickém trhu. Doosan Škoda Power se jako člen skupiny Doosan stane špičkovým světovým výrobcem turbín a klíčovým členem přední skupiny nabízející řešení pro energetiku. Doosan Škoda Power se rozvine v centrum dokonalosti technologie turbín pro světové podnikání skupiny Doosan v energetice a zároveň si zachová hlavní provozní základnu v České republice. “ [10]

2 Analýza současného stavu

Obrázek 3 Vzhled metrologického pracoviště

V laboratoři pracuje jeden člověk: Vladislav Štork
Zde probíhají kalibrace (pro které mají příslušné měřící vybavení) měřidel pro celou firmu. Dále zde probíhají veškeré činnosti, které jsou nutné pro správné měření ve firmě např. poskládání odpichu pro měření děr.

2.1 ISQ systém (Modul METROLOGIE)

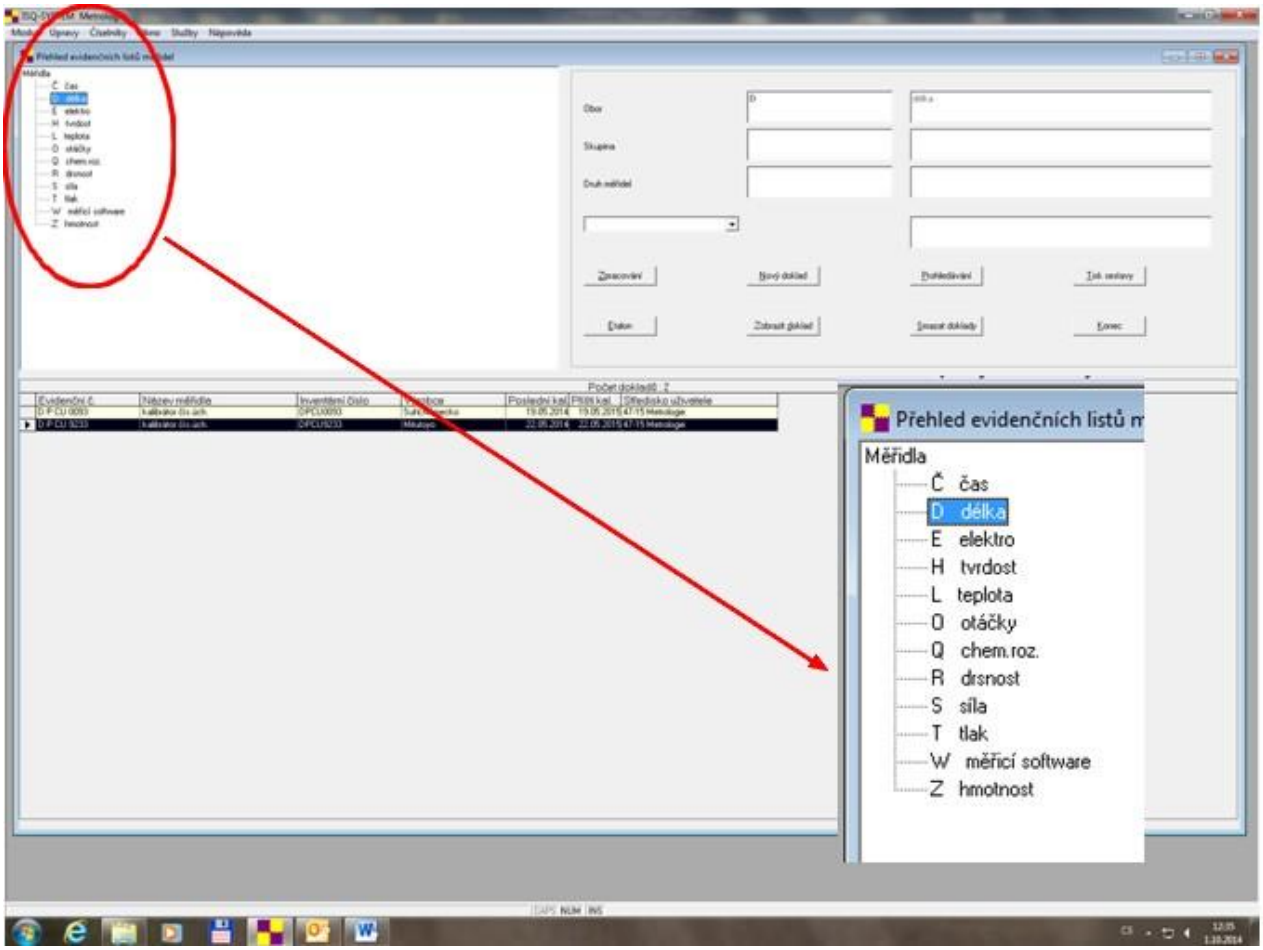
Ve firmě je používán pro správu a evidenci měřidel software ISQ-Systém 6.0.6 od firmy isq PRAHA s.r.o. . Tento software je modulární. Firma používá modul pro metrologii.
Systém umožňuje vystavovat, aktualizovat evidenční listy měřidel, kalibrační listy měřidel a kalibrů. Umožňuje přehled evidenčních listů, které člení podle druhu kontrolních prostředků. Dále umožňuje rozbory evidenčních listů, které se člení podle data kontroly (poslední a nadcházející). Umožňuje vytvoření seznamu měřidel z databáze, které se budou muset v nejbližší době kalibrovat. [27]

Po zhlédnutí manuálu z internetu bylo zjištěno, že software, by měl být v omezené míře schopen vyhodnotit nejistoty měření. Po následném zkoumání softwaru bylo zjištěno, že tato funkce pro nejistoty chybí. Předpokládá se, že tento modul nebyl zakoupen pro daný software.

Po tomto zjištění, by následovalo doporučení dokoupit zásuvný modul na nejistoty měření, ale jelikož firma, která tento modul vytvořila, už neexistuje, není proto možné tento modul dokoupit.
Firma, plánuje nahrazení tohoto softwaru za nový. Software by měla teoreticky dodat firma TDM Systems, ale bohužel není úplně jasné, jestli tento krok se uskuteční. Podle údajů firmy TDM Systems o softwaru na jejich stránkách, by tento software měl být schopný stanovit nejistoty měření.
Tento teoretický plánovaný krok firmy Doosan Škoda Power, s.r.o. určitě zlepší evidenci měřidel.

Popis jednotlivých částí modulu (Metrologie) a práce s nimi lze nalézt na (popřípadě manuál je přiložen na CD): *ISQ-SYSTÉM: manuál* [online]. ISQ PRAHA s.r.o., Březen 2006 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: http://www.isq.cz/isq-system.pdf

Konkrétní popis postupu stažení a opětovné používání měřidla ve firmě:
Pracovník metrologické laboratoře zadá požadavek na evidenci měřidel (v software), které se mají kalibrovat. Pracovník metrologie pošle požadavek mistrovi (elektronicky), že se má měřidlo přinést na kalibraci. Mistr oznámí pracovníkovi (který ho používá), že má donést měřidlo, které se má kalibrovat. Po kalibraci (pracovník v metrologické laboratoři) vyplní příslušné formuláře do softwaru a odnese měřidlo do výdejny pro opětovné použití.



Obrázek 4 Ukázka informačního softwaru

2.2 Kalibrace prováděné v laboratoři

V momentální době je možné kalibrovat (ve firmě interně) asi 80 – 90% potřebných kalibrací ve firmě. Zbylých 10 - 20% procent se posílá mimo firmu.
Interní kalibrace[31]

- Třmenové mikrometry
- Posuvná měřítka
- Závitové trny
- Kalibrační závitové kroužky (momentně do Ø100 mm)
- Vodováhy
- Číselníkový úchylkoměr
- Dílenský mikroskop
- Délkoměr svislý Zeiss
- …..

Externí kalibrace[31]:

- Koncové měrky (0,5 – 3000 mm)
- Pevné odpichy (100-1000 mm)
- Teploměry
- Tvrdoměry
- Závažová pumpa
- Etalony na drsnost
- Měřící drátky
- Úhlové měrky
- Číslicový altimetr Solartron
- …..

2.3 Metrologický řád

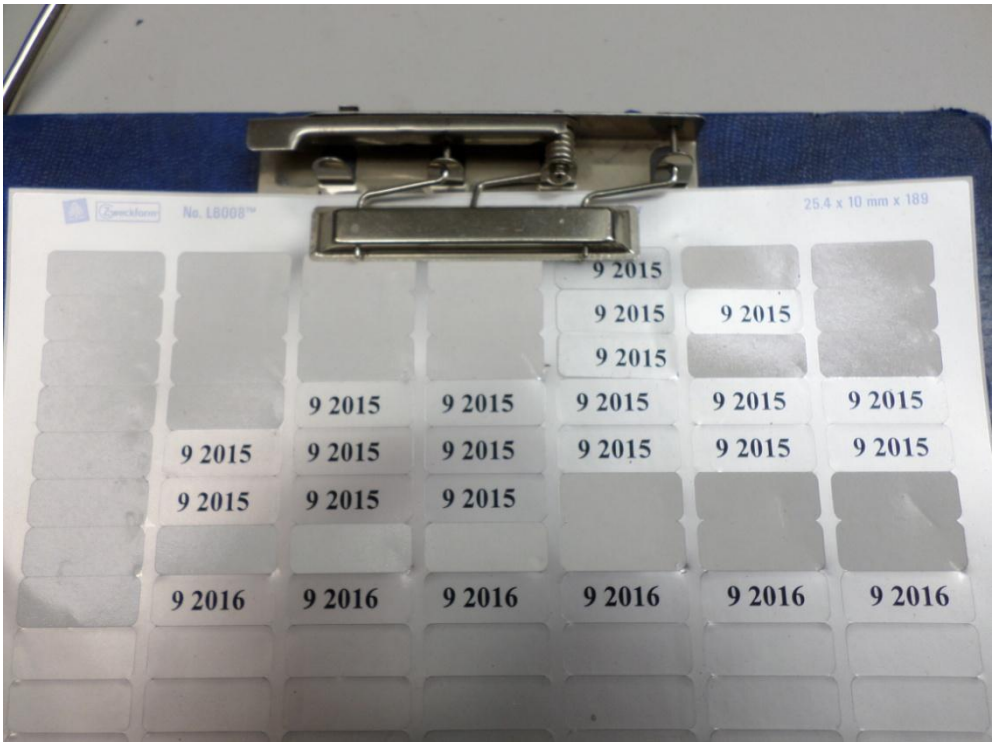
Bylo umožněno nahlédnout do Metrologického řádu firmy Doosan Škoda Power. Z metrologického řádu firmy vyplívá, že se v podniku provádí hlavně interní kalibrace, ale je potřeba taktéž externí kalibrace. Nejdelší doba platnosti kalibrace je 3 roky. [31]
Ve společnosti se člení kontrolní a měřící zařízení na[31]:

- Pracovní etalony společnosti
- Stanovená měřidla
- Kalibrační měřidla
- Pracovní měřidla
- Měřidla, která jsou součástí stabilních energetických technologických a zkušebních zařízení
- Referenční materiály
- Speciální měřidla
- Orientační měřidla
- Měřící SW

Všechny kalibrovaná měřidla musí mít záznamy o kalibraci. Kalibrační listy obsahují údaje o kalibraci. Tyto údaje se liší podle toho, jestli je kalibrace prováděna externě nebo interně a také podle toho do jaké skupiny spadá kalibrované měřidlo podle Metrologického řádu. [31] Kalibrační list pro závitové kroužky a závitové trny musí minimálně obsahovat[31]:

- Identifikační číslo
- Metrologickou návaznost
- Datum kalibrace
- Interval kalibrace
- Vyhodnocení
- Jméno pracovníka provádějící kalibraci

Každé měřidlo má své evidenční číslo. Kalibrovaná měřidla musí mít na sobě označení, které dává informaci, do jaké doby kalibrace platí. Platnost kalibrace se udává pomocí nalepovacích štítků.



Obrázek 5 Štítek doby kalibrace

Používá se tento jednoduchý druh kalibračních známek.

2.4 Rozbor kalibračního postupu firmy

Ve firmě jsou kalibrační postupy pro měřidla, které se v podniku interně kalibrují, vedeny v elektronické podobě. Pro interní kalibrace je pro každé měřidlo vypracován kalibrační postup.
Zde se provede rozbor kalibračního postupu. Tento rozbor bude sloužit pro vytvoření kalibračního postupu pro kalibrační závitové kroužky.
Pro rozbor byl použit kalibrační postup pro kalibrační závitové kroužky pomocí kalibračních závitových trnů.

Na úvodní stránce je uvedeno pro jaké měřidlo platí příslušný postup. Dále je uvedeno číslo kalibračního postupu, kdo zpracoval kalibrační postup, kdo ověřil kalibrační postup a kdo schválil kalibrační postup.

Osnova dokumentu[32]:

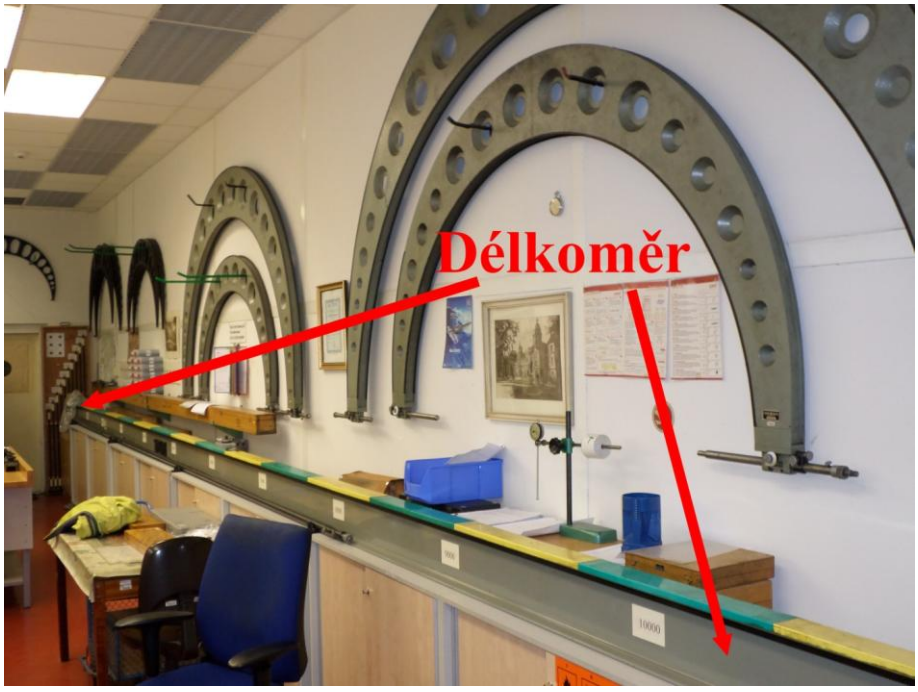
1)Účel
2)Rozsah
3)Použité zkratky
4)Interval kalibrace
5)Evidence
6)Kalibrační zařízení (metrologická návaznost)
7)Pomocné prostředky
8)Pracoviště
9)Podmínky kalibrace
10)Postup kalibrace
11)Hodnocení
12)Schéma návaznosti
13)Odpovědnosti a pravomoci
14)Dokumentace
15)Související předpisy
16)Závěrečná ustanovení

V kalibračním postupu firmy není vhodné uvádět interval kalibrace. Protože při změně intervalu kalibrace měřidla, by se musel kromě úpravy Metrologického řád firmy také upravit příslušný kalibrační postup. Bylo by výhodnější z těchto důvodů v kalibračním postupu interval kalibrace neuvádět.

2.5 Vybavení metrologické laboratoře

Délkoměr

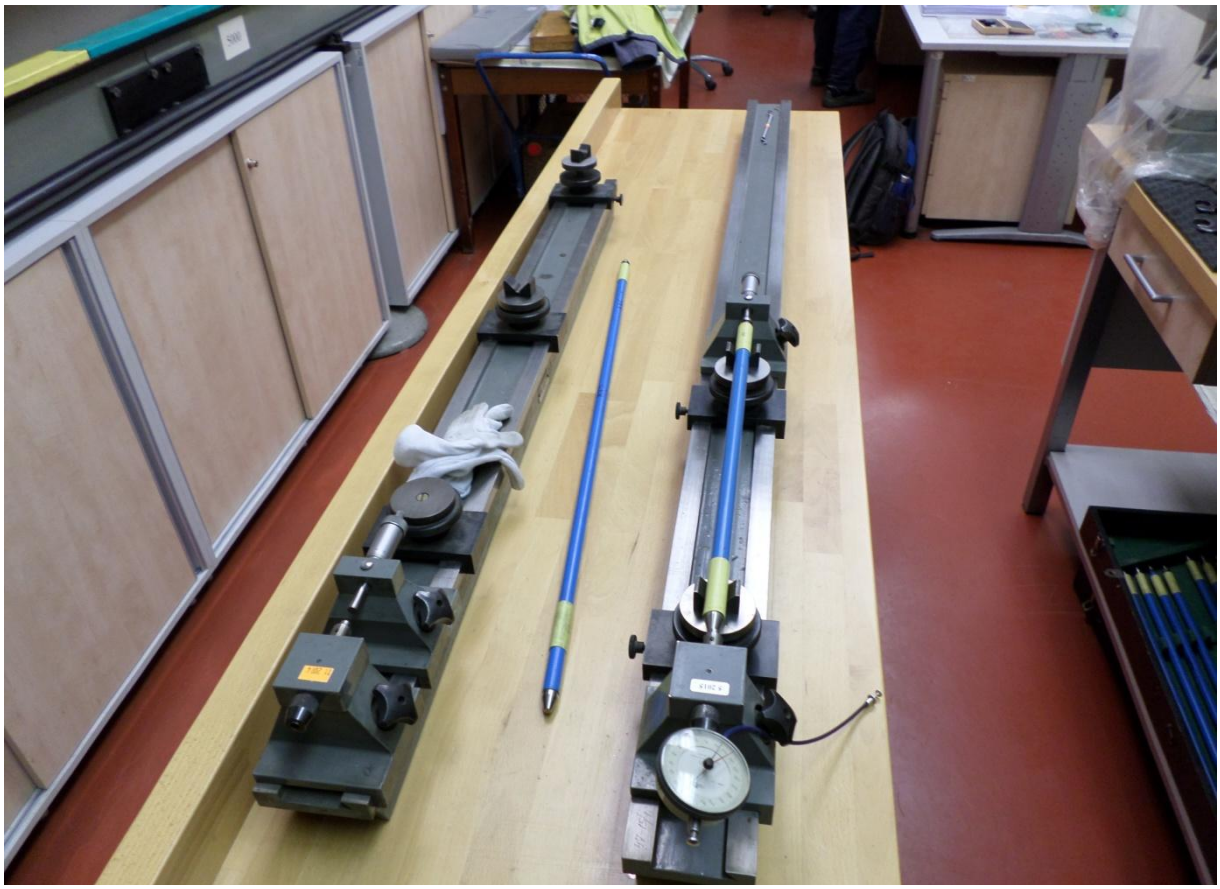
Rozsah do 11 000 mm
Přesnost = 0,01mm



Obrázek 6 Délkoměr

Komparační délkoměr

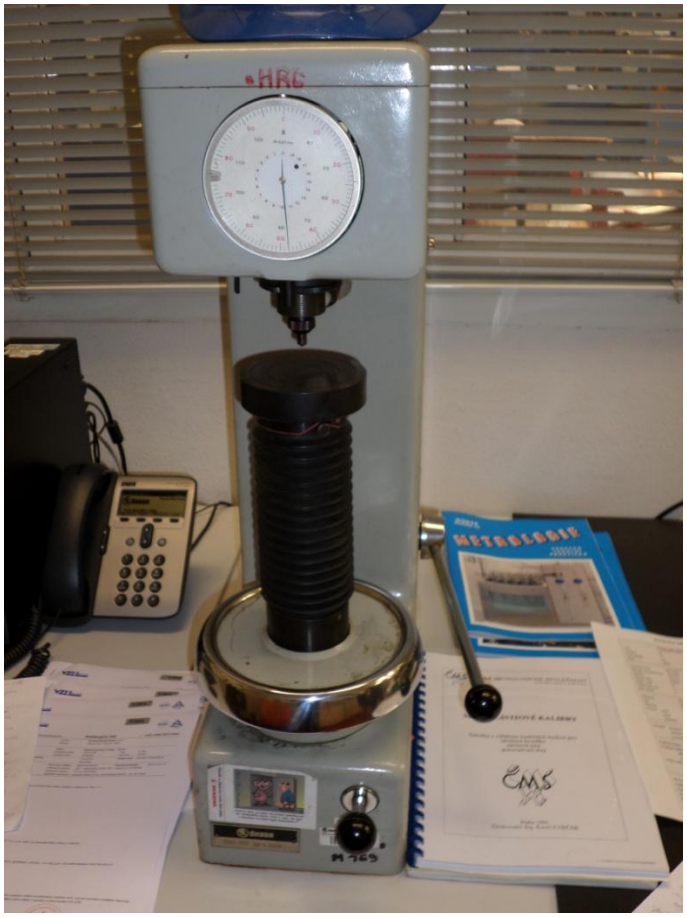
Rozsahy a) 0 – 1000 mm b) 0 –1400mm



Obrázek 7 Komparační délkoměr

Tvrdoměr na Rockwella

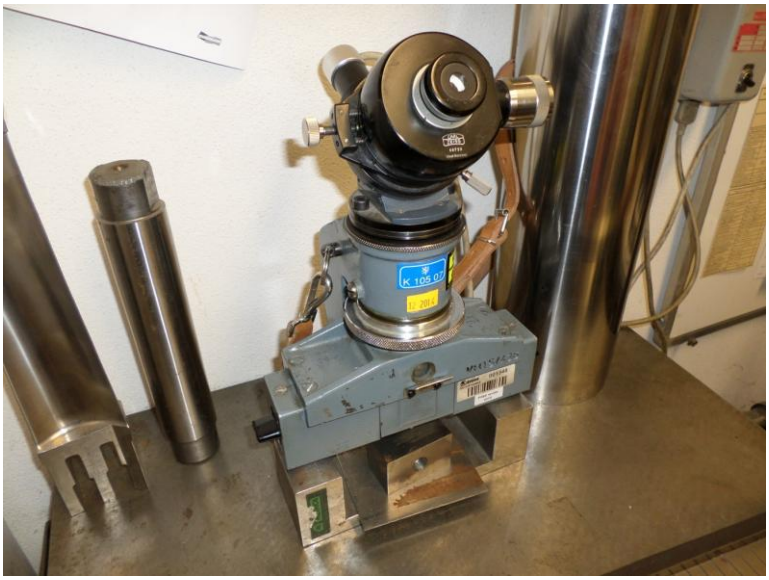
Rozsah = 22 – 88HRC
Přesnost = 1,7%



Obrázek 8 Tvrdoměr Rockwell

Tvrdoměr Vickers (přenosný)

Rozsah = 200 – 900 HV
Přesnost = 0,9%



Obrázek 9 Tvrdoměr Vickers

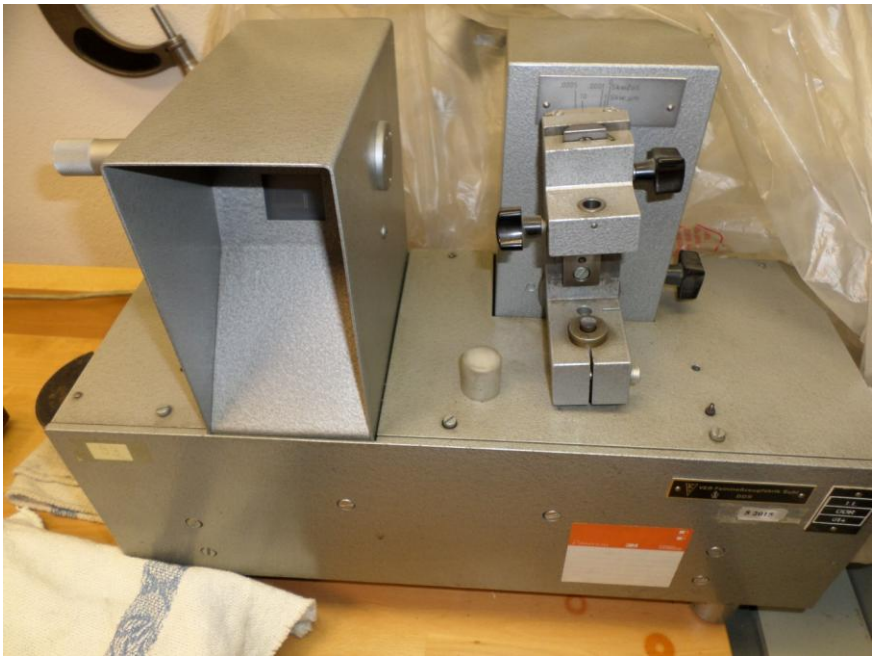
Svislý délkoměr

Rozsah = 0 -100 mm
Přesnost = 0,001

Obrázek 10 Svislý délkoměr

Kalibrační přístroj na číselníkový úchylkoměr 1

Rozsah = 0-10 mm
Přesnost = 0,001 mm



Obrázek 11 Kalibrační přístroj na číselníkový úchylkoměr

Kalibrační přístroj na číselníkový úchylkoměr 1

Rozsah = 0 – 50 mm
Přesnost = 0,001 mm

Obrázek 12 Kalibrační přístroj na číselníkový úchylkoměr

Profilprojektor

Obrázek 13 Profilo projektor

Dílenský mikroskop (Zeiss, rok 1957)

Přesnost = 0,01 mm

Obrázek 14 Dílenský mikroskop

Přístroj na měření tlaku

Obrázek 15 Přístroj na měření tlaku

2.6 Kalibrační závitové kroužky

2.6.1 Závity, které se kontrolují pomocí závitových kalibračních kroužků

Ve firmě pomocí závitových kalibračních kroužků je možné kontrolovat metrické závity, trubkové závity, trapézové závity, whitworthův závit a pancéřové závity.
Rozměry, které jsou kontrolovány ve firmě pomocí kalibračních závitových kroužků:

- Metrický závit od M10 do M410mm
- Trubkový závit od G1/2''do G2''
- Trapézový závit od Tr14x3do Tr80x10''

2.6.2 Kontrola kalibračních závitových kroužků

V dnešní době je možné ve firmě kontrolovat závitové kalibrační kroužky do průměru Ø100 mm pomocí kalibračních trnů (viz. Obrázek 16 Závitový kalibrační trn). Proto se bude do firmy pořizovat univerzální délkoměr, aby bylo možné měřit větší průměry závitových kalibračních kroužků. Délkoměr se bude hlavně používat na měření metrických závitů.

Obrázek 16 Závitový kalibrační trn

2.6.3 Kalibrace závitových kroužků

Zde z hlediska platnosti kalibrace se závitové kalibrační kroužky dělí na dvě skupiny. Do první skupiny patří malé kalibrační závitové kroužky. Do této skupiny spadají například metrické závity do M100. Druhou skupinu tvoří závitové kroužky, které jsou větších rozměrů. Doba platnosti kalibrace pro jednotlivé skupiny:

- První skupiny má platnost na 1 rok
- Druhá skupina má platnost na 2 roky

Kalibrační kroužky jsou v systému evidovány pod číslem, které bylo přiřazeno firmou. Závitové kroužky mají na sobě označení typu (např. M 410x4-6g), číslo pod kterým jsou evidovány a do kdy je platnost kalibrace.

Obrázek 17 Ukázka velkých kalibračních závitových kroužků a trnů

2.7 Závitové trny

2.7.1 Závity, které se kontrolují pomocí závitových trnů

Druhy závitových trnů (ve firmě), podle typu závitů:

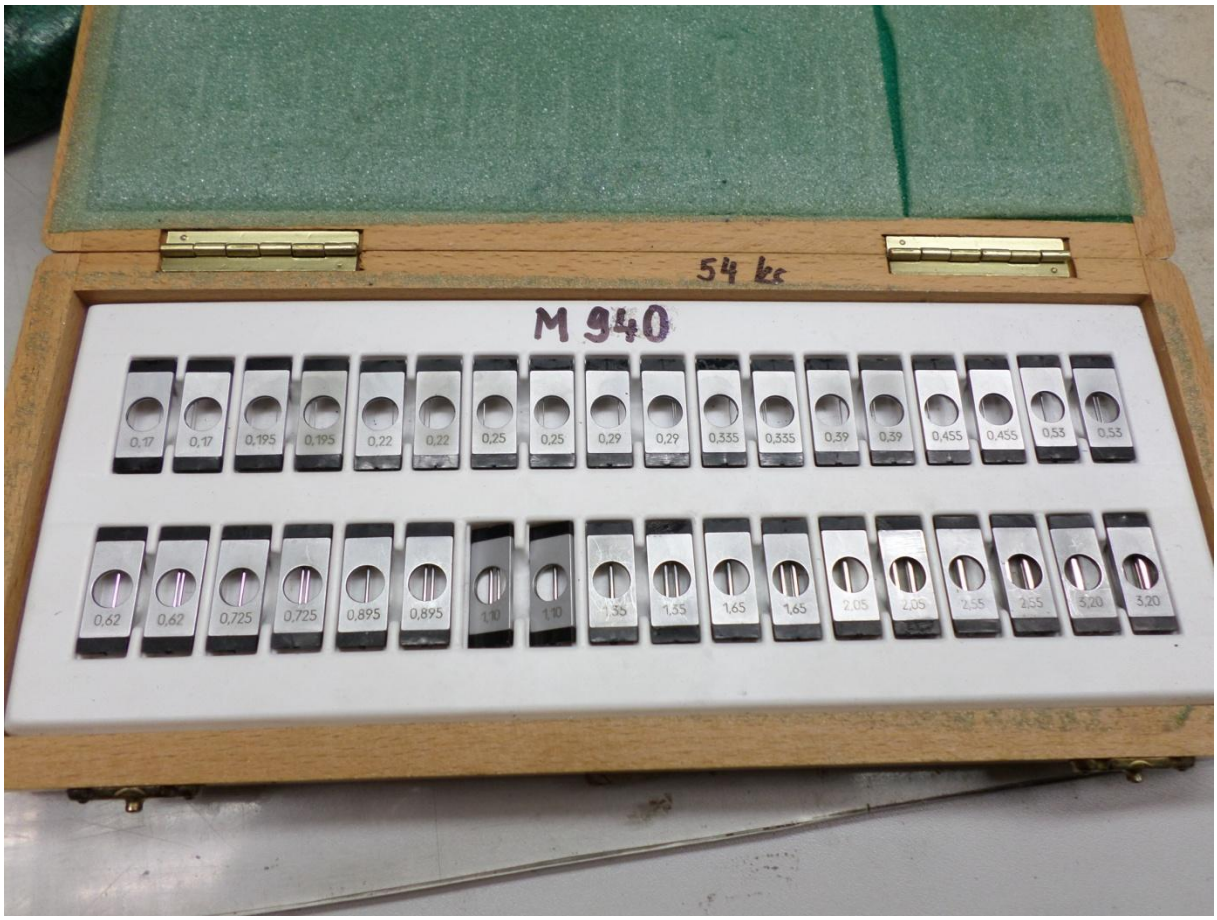
- Metrický závit od M9 do M410mm
- Trubkový závit od G1/2''do G2''
- Trapézový závit od Tr14x3do Tr80x10''
- Whitworthův závit

2.7.2 Kalibrace závitových trnů

Zde z hlediska platnosti kalibrace se závitové trny dělí na dvě skupiny. Do první skupiny patří malé závitové trny. Do této skupiny spadají například metrické závity do M100. Druhou skupinu tvoří závitové trny, které jsou větších rozdílů. Ve firmě provádějí kontrolu pomocí drátkové metody.

Doba platnosti kalibrace pro jednotlivé skupiny:

- První skupina má platnost na 1 rok
- Druhá skupina má platnost na 2 roky



Obrázek 18 Drátky na drátkovou metodu

2.8 Konečné hodnocení

Metrologická laboratoř je vybavena na poměry firmy dobře. V poslední době firma měla problémy se závity, které se kontrolovaly pomocí kalibračních závitových kroužků. Z tohoto důvodu se bude pořizovat univerzální délkoměr. Na délkoměru se budou kontrolovat kalibrační závitové kroužky s metrickým závitem.

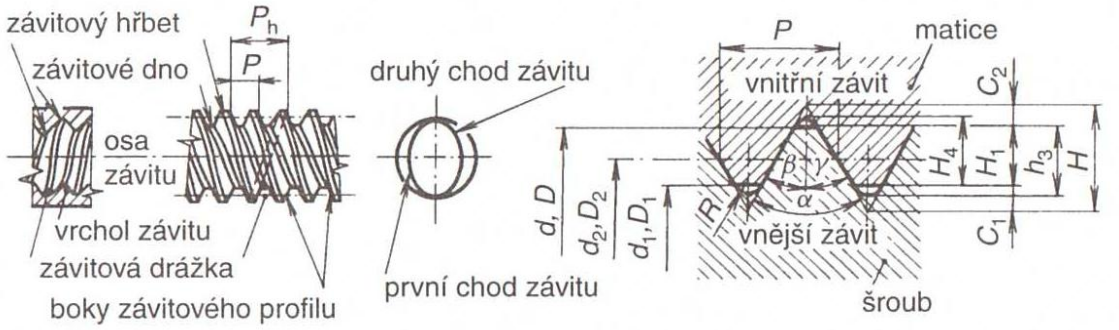
Kalibrační postup na malé průměry kalibračních závitových kroužků existuje. V existujícím kalibračním postupu se kalibruje pomocí kalibračních závitových trnů. Tento kalibrační postup bude sloužit jako předloha, použije se základní struktura (osnova) dokumentu. Bude vytvořen kalibrační postup pro měření kalibračních závitových kroužků pomocí univerzálního délkoměru.

Metodika výpočtu rozšířené standardní nejistoty pro závitové kalibrační kroužky v podniku neexistuje, proto bude metodika vytvořena.

Obrázek 19 Předpokládané místo kam se umístí univerzální délkoměr

3 Parametry podléhající kalibraci a jejich měření

3.1 Závit (prvky závitu)



Obrázek 20 Prvky závitu[29]

Prvky závitu			
Prvek	Význam	Prvek	Význam
d,D,D_4	Velký průměr	ψ	Úhel stoupání
d_2,D_2	Střední průměr	R	Zaoblení dna
d_1,d_3,D_1	Malý průměr	H	Výška základního trojúhelníku
P_h	Stoupání (Ph=n*P)	H_1	Nosná výška
P	Rozteč	h_3,H_4	Výška závitu
α	Úhel profitu	c_1	Seříznutí závitu matice
β,γ	Úhly boků	c_2	Seříznutí závitu šroubu

Tabulka 1 Prvky závitu [29]

3.2 Obecně kalibrace měřících přístrojů

Kalibrace měřidla = ověření měřidel zda odpovídají specifikaci

Kalibraci si může firma provádět sama nebo dávat svá měřidla do příslušných kalibračních středisek. Kalibrace se provádí pomocí kalibračního postupu. Kalibrační postup se získá třemi způsoby:

- zakoupením
- firma si ho vypracuje sama
- kombinací dvou předchozích možností

Kalibrační postupy se musí v pravidelných intervalech revidovat.

3.3 Obecné parametry, které se měří u závitů

3.3.1 Měření úhlu závitu

Pro tento účel se používá dílenský nebo univerzální měřící mikroskop. Používají se hlavice mikroskopu s pomocným (úhlovým) okulárem. Díky tomu se můžou odečíst stupně a minuty. [9]

3.3.2 Měření stoupání

Stoupání závitu se měří na:

- dílenský a univerzální mikroskop
- univerzální délkoměr

3.3.3 Měření středního průměru závitu

Možnosti měření:

- Speciální třmenový mikrometr
- Univerzální délkoměr
- Dílenský a univerzální mikroskop
- Třídrátková metoda

3.3.4 Velký průměr

- Posuvné měřítko
- Mikrometr
- Mikroskop

3.3.5 Malý průměr

- Speciální mikroskop
- Délkoměr
- Měření na odlitek

3.3.6 Stoupání závitu

- Univerzální délkoměr
- Dílenský mikroskop

3.4 Obecná měřidla na měření a kontrolu závitů

Mezní závitové kalibry

Mezi ně patří třmenový kalibr hřebínkový a rolničkový. Třmenový kalibr hřebínkový je pevný a stavitelný. Třmenový kalibr rolničkový má závitové rolničky uložené excentricky proti sobě. Přední rolničky jsou nastavené na dolní rozměr. Rolničky se nastavují pomocí natočení excentrického čepu a pomocí porovnávacího kalibru. [9]
Dále sem patří mezní závitové válečkové kalibry. Ty mají dobrou a zmetkovou stranu.

Závitový kalibr s měřením hloubky (Kalibr MultiCheck)

Obrázek 22 Závitový kalibr s měřením hloubky[5]

Obrázek 21 Třmenový kalibr rolničkový[7]

Třmen pro měření vnějšího závitu

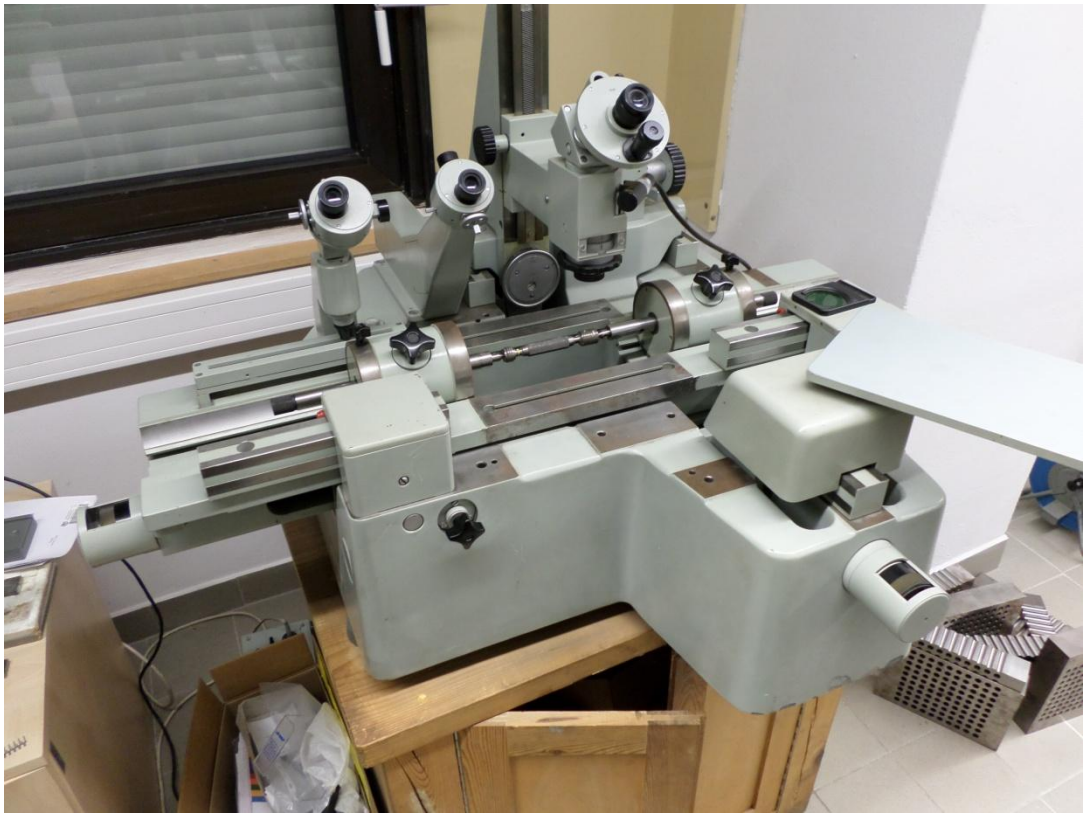
Obrázek 24 Třmen pro měření vnějšího závitu[4]

Obrázek 23 Mezní závitové válečkové kalibry[7]

Třmenový mikrometr

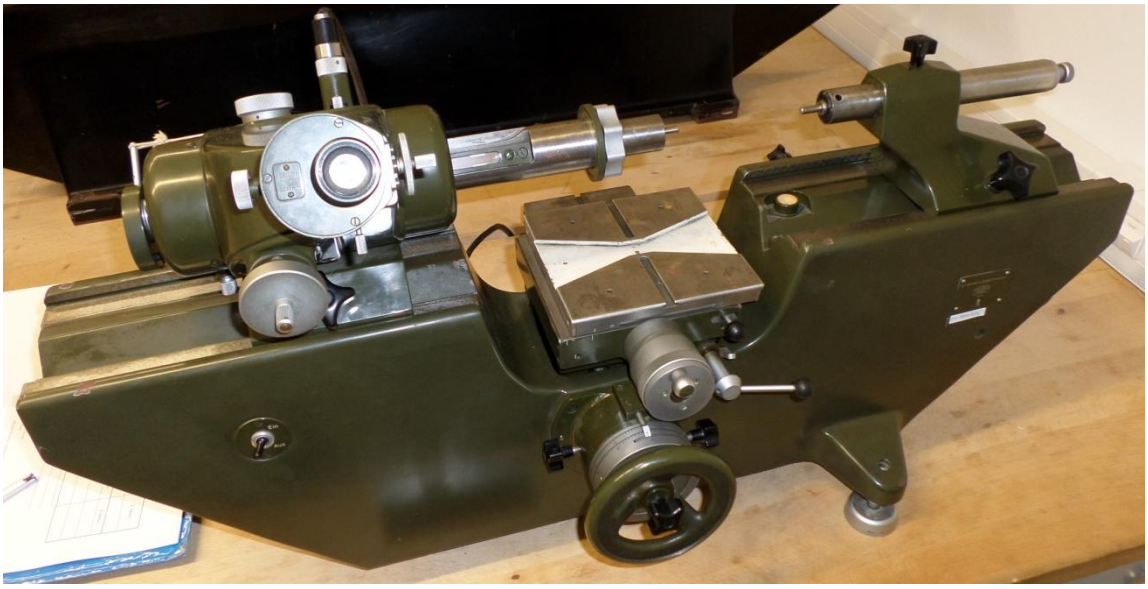
Obrázek 25 třmenový mikrometr

Univerzální a dílenský mikroskop



Obrázek 26 Univerzální_mikroskop_Zeiss

Univerzální délkoměr



Obrázek 27 Univerzální délkoměr

Třídrátková metoda

Obrázek 28 Třídrátková metoda[28]

Posuvné měřítko

Obrázek 29 posuvné měřítko

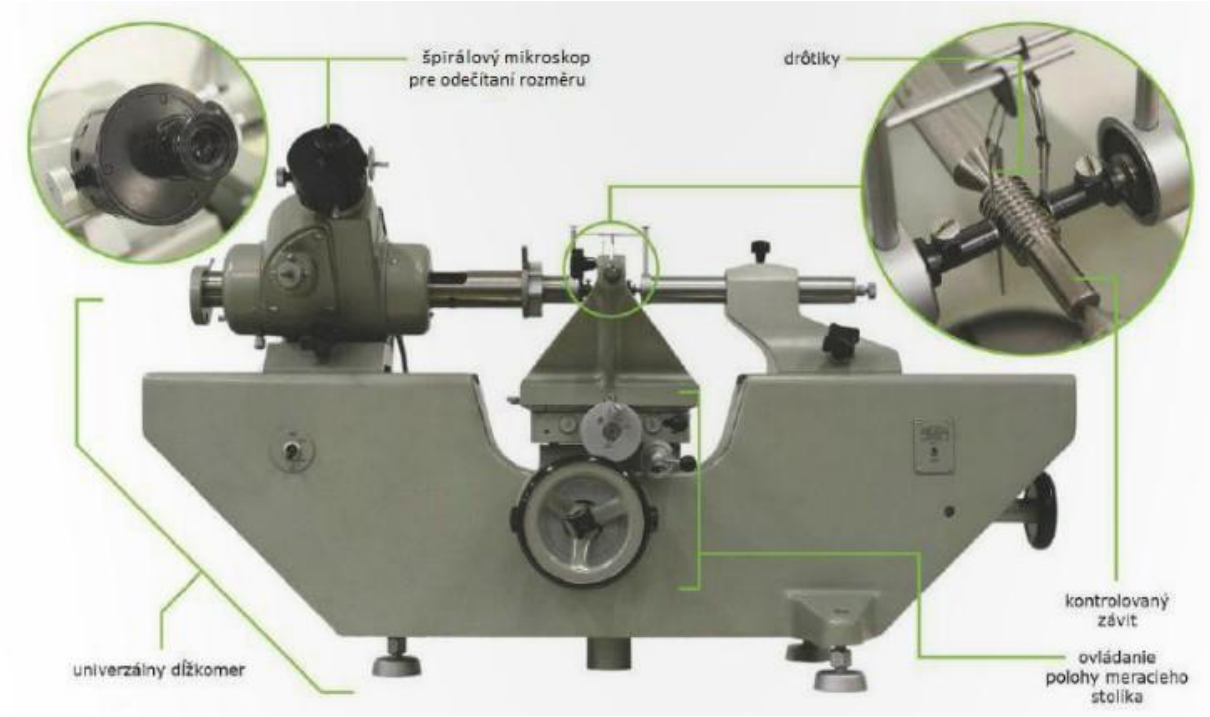
3.5 Zadané parametry při kalibraci a způsoby jejich zjišťování

Při kalibraci kalibračních závitových kroužků se měří střední průměr závitu. Tento požadavek vychází z normy ČSN 25 4101. Proto se dále popisují možnosti měření středního průměru u závitů.

3.5.1 Střední průměr závitu

Univerzálního délkoměru

Tento měřicí přístroj umožňuje měřit vnitřní i vnější závity.



Obrázek 30 Ukázka měření vnějšího závitu na délkoměru[33]

Princip měření vnitřních závitů:

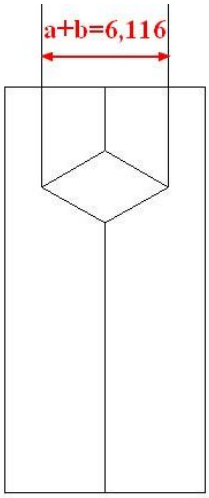
Slouží na měření vnitřních závitů.

Vezmou se koncové měrky a speciální měrky (párové měrky), které jsou upravené pro simulování závitu. Tyto párové měrky jsou určeny pro metrický a whitworthův závit. Popis metody bude uveden pro metrický závit.

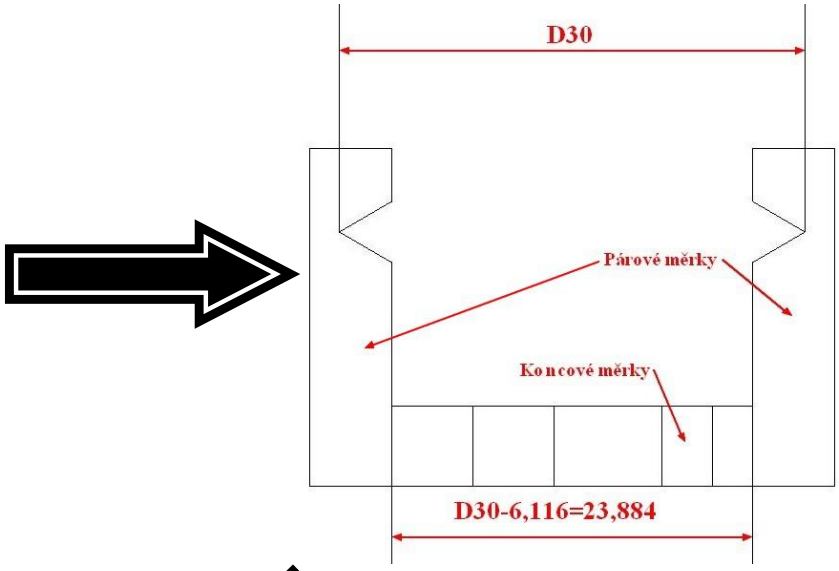
Hodnoty u párových měrek udávají např. hodnotu a+b=6,116 mm.

Dále se bude uvažovat průměr vnitřního závitu D30 (závit M30). Z koncových měrek se poskládá rozměr 23,884mm (30-6,116=23,884). Do držáku měrek se umístí koncové měrky, párové měrky a pod jednu párovou měrku se dá měrka, která odpovídá polovině stoupání daného závitu. Tato měrka s takto složenými koncovými měrkami a párovými měrkami simuluje měřený závit. Po vložení všech měrek se držák utáhne.

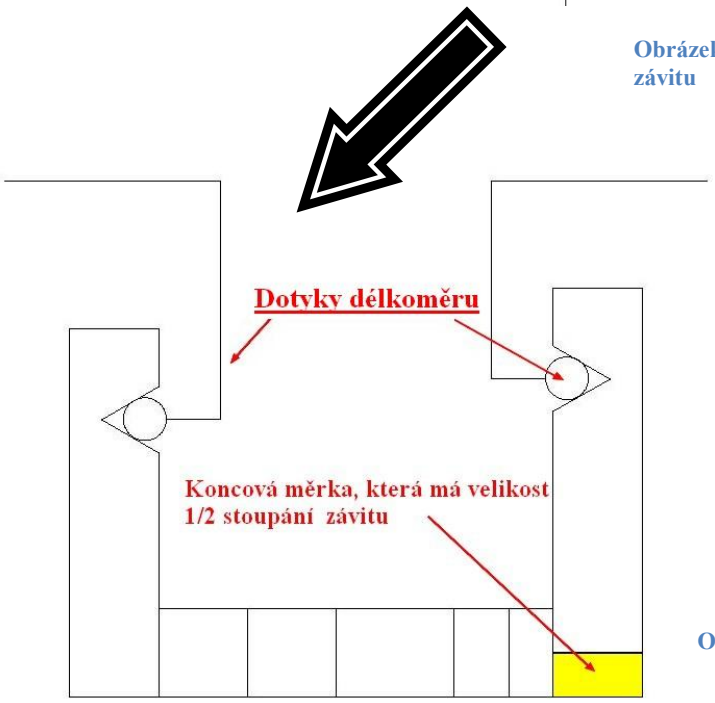
Držák s měrkami (=simulovaný závit) se přenese k univerzálnímu délkoměru. Na délkoměru se nasadí měřící ramena a srovná se stolek do roviny. Po nastavení stolku do roviny se dá na stolek simulovaný závit. Odečte se hodnota, kterou udává délkoměr (hledá se ta nejmenší hodnota). Potom se dá na stolek kontrolovaný závitový kalibr a odečte se opět hodnota (největší nalezená hodnota). Zjistí se rozdíl obou hodnot a tato hodnota se porovná s limitními hodnotami (meze) pro daný závit.



Obrázek 31 Párové měrky



Obrázek 32 Základní poskládaní závitu



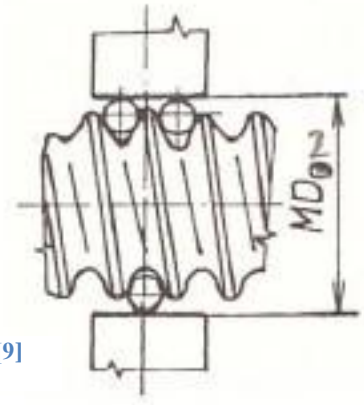
Obrázek 33 Simulovaný závit, dotyk

Třídrátková metoda

Princip měření:

Pomocí této metody se změří vnější střední průměr daného závitu.

Třmenový mikrometr se upevní do držáku. Podle typu závitu se zvolí vhodné tři drátky. Ty se vloží mezi závity. Mikrometrem se změří průměr závitu, když jsou tam mezi zuby závitů vložené drátky. Tato změřená hodnota musí odpovídat dovolené hodnotě, která se nachází v příslušných normách.

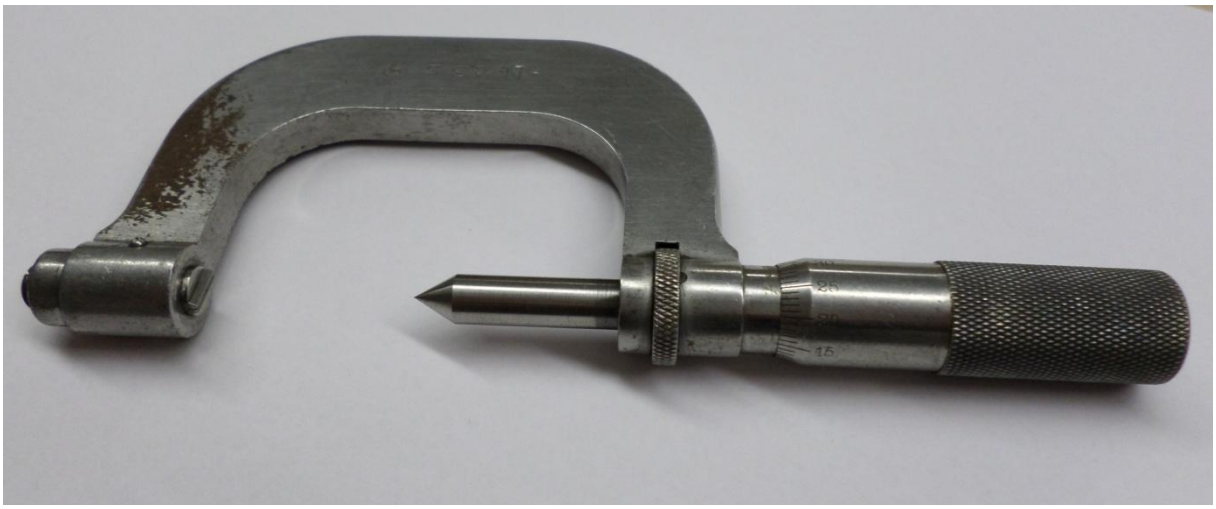


Obrázek 34 Třídrátková metoda[9]

Speciální třmenový mikrometr

Princip měření:

Pomocí mikrometru se změří vnější střední průměr daného závitu. Třmenový mikrometr se upevní do držáku. Přiloží se závitový trn a dotyky se dotkne závitu. Na třmenovém mikrometru se odečte hodnota.

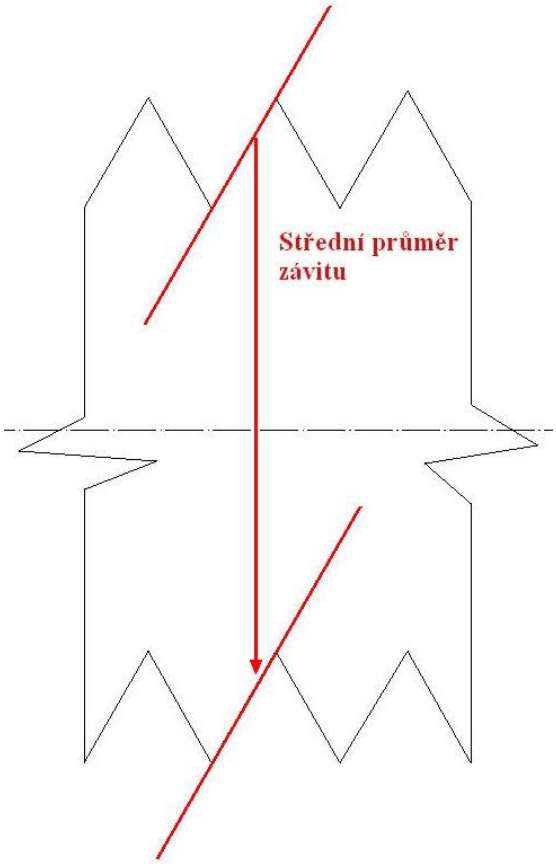


Obrázek 35 třmenový mikrometr na měření středního průměrů závitů

Dílenský mikroskop

Princip měření:

Dílenský mikroskop slouží pro měření středního průměru u závitových trnů. Závitový trn se dá mezi hroty, které jsou v mikroskopu. Mikroskop se nastaví tak, že osový kříž se nastaví na bok zubu závitu. Odečte se hodnota, na které je osový kříž nastavený. Dále se umístí (posune) osový kříž, pomocí posuvného stolku, na další bok zubu na protější straně závitu. Opět se odečte hodnota. Rozdíl naměřených hodnot udává střední průměr kontrolovaného závitu.



Obrázek 36 Princip měření

Obrázek 37 ukázka upnutí na mikroskopu pro měření závitu

Pro kalibraci závitů jsou nejvhodnější metody měření přes drátky a měření na délkoměru. Protože měření při těchto metodách je dostatečně přesné pro posouzení, jestli závitové kalibry jsou stále vyhovující.

3.5.2 Obsah kalibračního postupu[8]

Po prostudování mnoha kalibračních postupů se určila obecná osnova kalibračního postupu. Zde jsou popsány jednotlivé body, s kterými je možno se setkat v kalibračních postupech.

Navrhovaný kalibrační postup pro firmu bude kombinací tohoto kalibračního postupu a kalibračních postupů firmy. Kombinace se dělala s ohledem na firmu, aby se osnova tolik neodchylovala. Navrhovaný kalibrací postup je popsán v kapitole *4.5 Nezbytné kroky pro tvorbu kalibračního postupu*. Vytvořený kalibrační postup pro kalibrační závitové kroužky je v příloze.

1) Předmět kalibrace
Zde je uvedeno, pro jaký typ přístroje je kalibrační postup určen.

2) Odkazy na normy
Zde jsou uvedeny normy, které souvisí s kalibračním postupem na daný kalibrovaný přístroj/měřidlo

3) Klasifikace pracovníka
Uvádí, jaké kvalifikace musí být pracovník, který provádí kalibraci.

4) Názvosloví, definice

Uvedení potřebných názvosloví a definic pro správné pochopení textu.

5) Prostředky potřebné ke kalibraci

Definuje, který prostředky budou, použity během kalibrace. U univerzálních kalibračních postupů se může vyskytnout duplicita. V tomto případě pracovník, který provádí kalibraci, musí zvolit jednu ze dvou možností.

6) Obecné podmínky kalibrace

Uvádí za jakých podmínek se smí/musí provádět kalibrace. Většinou je určena teplota prostředí, tlak, vlhkost vzduchu…

7) Rozsah kalibrace

Uvádí všechny nezbytné úkony, které se budou provádět pro správnou kalibraci přístroje/měřidla.

8) Předběžná kontrola

Kroky, které se udělají před vlastní kalibrací:

- Vstupní kontrola (doklady k měřidlu, kontrola označení)
- Kontrola, jestli nemá měřidlo viditelné vady
- Oprava případných vad (pokut je to možné)
- Odstranění označení na měřidle
- Očištění a odmaštění měřidla
- Odmagnetizování měřidla (pokud je to potřeba)

9) Měření metrologických parametrů

Popis kalibrace daného měřidla.

10) Vyhodnocení kalibrace

Zde je popsáno, jak se mají výsledky z kalibrace zpracovat pro vyhodnocení kalibrace (vyhovuje/nevyhovuje).

11) Kalibrační list

Kalibrační list musí minimálně obsahovat:

- Kde byla kalibrace prováděná
- Pro koho je kalibrace prováděná
- Specifikace měřeného/kalibrovaného přístroje
- Kdy bylo měřidlo převzato na kalibraci
- Kdy byla kalibrace provedena
- Číslo kalibračního postupu, podle kterého byla provedena kalibrace
- Výsledek provedené kalibrace (vyhovuje /nevyhovuje)
- Nejistota měření; Jaký typ nejistoty měření byl použit
- Podmínky okolí během měření
- Kdo prováděl kalibraci měřidla
- Seznam příloh
- Výčet etalonů, na kterých se kalibrace prováděla
- Podpis pracovníka, který prováděl kalibraci a podpis vedoucího laboratoře
- Přiřadit kalibračnímu protokolu číslo

12) Péče o kalibrační postup

Zde je uvedeno, kde je kalibrační postup uložen a kdo za něj odpovídá. Dále, kdo odpovídá za revize kalibračního postupu.

13) Rozdělovník, úprava a schválení revize

Rozdělník uvádí:

- Číslo výtisku kalibračního postupu
- Kdo ho obdrží
- Jméno (kdo převzal kalibrační postup) a datum (kdy byl kalibrační postup převzat)

Úprava a schválení uvádí:

- Kdo provedl a kdy byla provedena úprava kalibračního postupu.
- Kdo schválil a kdy byla schválena úpravu kalibračního postupu.

Revize uvádí:

- Strana na které byla provedena úprava.
- Popis změny v kalibračním postupu

14) Stanovení nejistoty při kalibraci

Popis metodiky stanovení standardní nejistoty z kalibrace měření.

15) Validace

Zde je uvedeno např. kde jsou doklady o validaci kalibračního postupu uloženy.

Kalibrační postup pro firmu bude kombinací tohoto kalibračního postupu a kalibračních postupů firmy. Kombinace se dělala s ohledem na firmu, aby se osnova tolik neodchylovala.

4 Návrh metodiky kalibrace

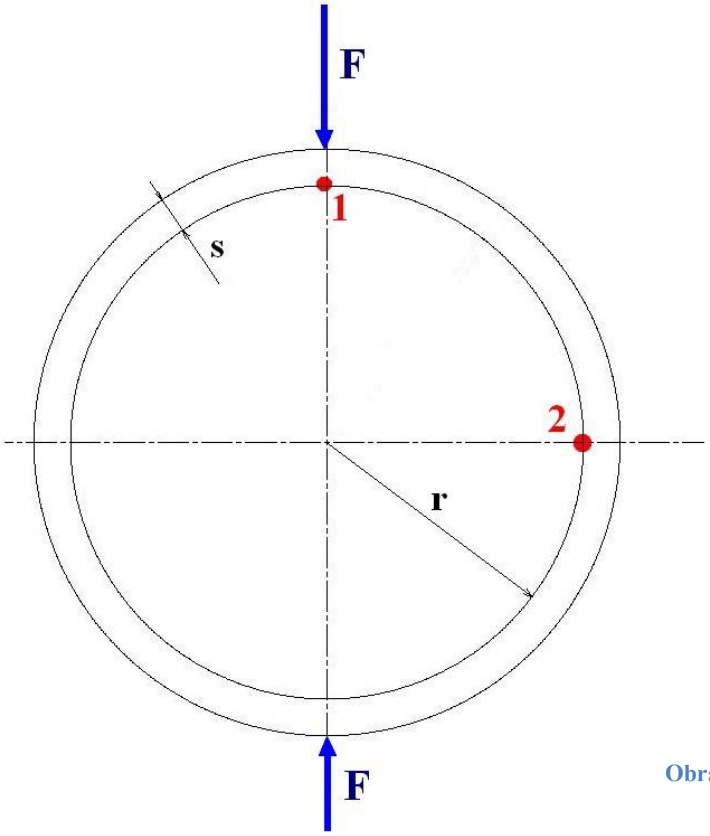
4.1 Deformace závitového kroužku velkých průměrů

Kalibrační závitové kroužky malých rozměrů se mohou měřit naležato nebo nastojato. U velkých závitových kroužků je vhodné měřit naležato.
Má to dva důvody:

- Měřicí přístroje (univerzální délkoměr) to vyžaduje kvůli správnému měření.
- Když kroužek stojí, dochází kvůli jeho váze k deformaci.

U malých kalibračních závitových kroužků je deformace zanedbatelná od vlastní váhy.

4.1.1 Výpočet (obecný)-důkaz deformace[11]



Obrázek 38 Síly na kroužek

Obecné vzorce pro daný příklad:

$$M1 = -0{,}3183 \times F \times r$$
$$M2 = 0{,}1817 \times F \times r$$
$$\delta 1 = -0{,}0745 \times \frac{F \times r^3}{E \times J}(A)$$
$$\delta 2 = 0{,}0685 \times \frac{F \times r^3}{E \times J}(B)$$

Obecný výpočet:

$$M1 = Mmax = -0{,}3183 \times F \times r\ (1)$$

$$z = \frac{s}{2} \ (2)$$

$$\sigma max = \frac{M}{J} \times z \ (3)$$

(2)→(3)

$$\sigma max = \frac{M1 \times s}{2 \times J} \times z \ (4) \rightarrow M1 = \frac{\sigma max \times 2 \times J}{s} \ (5)$$

(1)=(5)

$$-0{,}3183 \times F \times r = \frac{\sigma max \times 2 \times J}{s} \rightarrow \frac{F \times r}{J} = \frac{\sigma max \times 2}{s \times (-0{,}3183)} (6)$$

(6)→(B)

$$\delta 1 = 0{,}0745 \times \frac{r^2}{E} \times \frac{\sigma max \times 2}{s \times (-0{,}3183)}$$

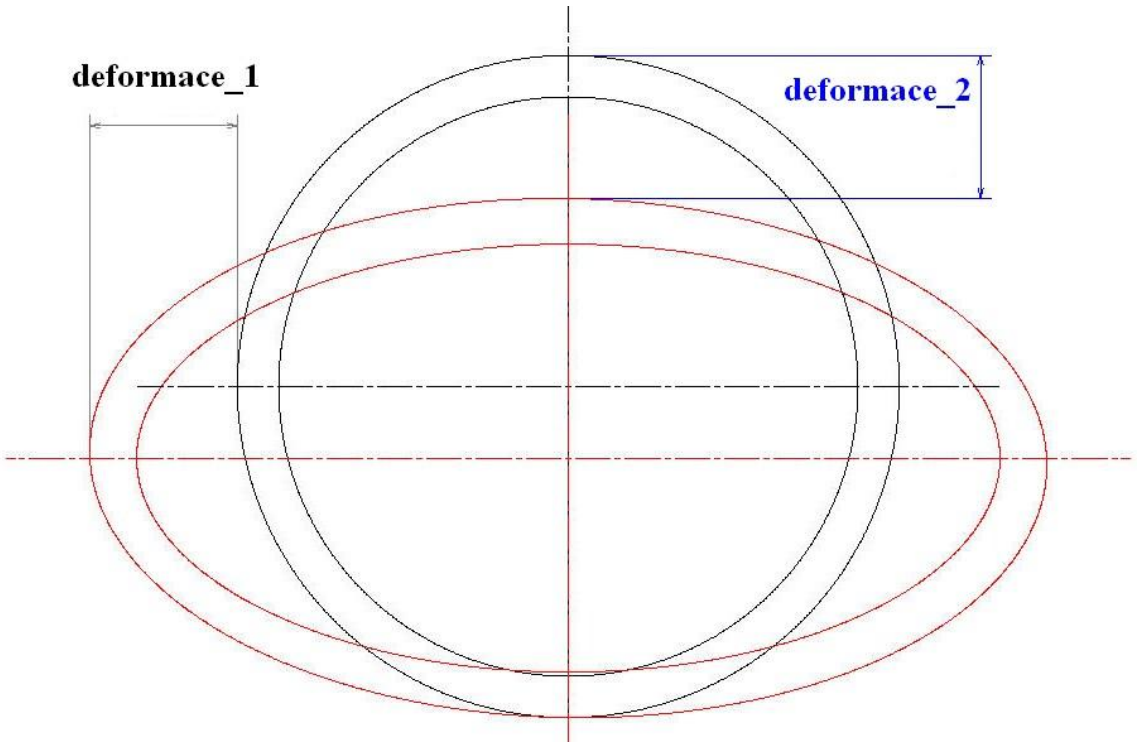
$$\rightarrow z\ této\ rovnce\ vyplývá, že\ se\ kroužek\ zdeformuje\ v\ místě\ 1$$

(6)→(B)

$$\delta 2 = -0{,}0685 \times \frac{r^2}{E} \times \frac{\sigma max \times 2}{s \times (-0{,}3183)}$$

$$\rightarrow z\ této\ rovnce\ vyplývá, že\ se\ kroužek\ zdeformuje\ v\ místě\ 2$$

Na obrázku je znázorněná deformace kroužku. S touto deformací se musí počítat při měření závitových kroužků.



Obrázek 39 Deformace kroužku

4.2 Nejistoty měření-teorie

Nejistota měření: jedná se o parametr, který charakterizuje interval hodnot kolem výsledného měření. Tento interval lze odůvodněně přiřadit hodnotě měřené veličiny. Nejistota měření se týká výsledků měření odečtených na přístrojích, hodnot konstant, korekcí,….. . [14]

4.2.1 Standardní nejistota typu A (u_A)

Tato metoda je založená na statistické analýze. Přesnost je závislá na počtu opakování měřené hodnoty. [14]

Základní vztah standardní nejistoty typu A

$$u_A = ka \times \frac{s}{\sqrt{n}}$$

u_A…standardní nejistota měření
s…směrodatná odchylka
n… počet měření
ka… koeficient závislí na počtu měřen

Tabulka 2 Koeficienty závislé na počtu měření [30]

	Koeficient závislý na počtu měření									
n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	n>10
ka	7	2.3	1.7	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1	1

Směrodatná odchylka-obecný vzorec:

$$s = \sqrt{s^2}$$

s…směrodatná odchylka
s^2…střední kvadratická odchylka

Střední kvadratická odchylka:

$$s^2 = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^{n} |Xi - \bar{X}|^2$$

s^2…střední kvadratická odchylka
Xi…změřená hodnota
$\bar{X}$…aritmetický průměr
n…počet měření

Aritmetický průměr:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^{n} Xi$$

Xi…změřená hodnota
$\bar{X}$…aritmetický průměr
n…počet měření

4.2.2 Standardní nejistota typu B (u_B)

Tato metoda je odlišná od metody stanovení standardní nejistoty typu A. Nejistota typu B nevychází ze statistické analýzy. Vychází ze zkušeností z měření a odborných zkušeností dané osoby, která prování vyhodnocování nejistoty. [14]Zdroje nejistoty typu B lze určit z těchto zdrojů[14]:

- Kalibrační list
- Údaje od výrobce
- Z vlastní zkušenosti
- Ze záznamů dříve provedených měření
- Příručky
- ……

Obecný postup určení nejistoty[14]:

1. Určí se možné zdroje nejistoty (určuje hodnotící osoba)
2. Určí se hodnota u každého zdroje nejistoty
3. Posouzení vzájemné interakce mezi jednotlivými zdroji nejistoty
4. Výpočet výsledné nejistoty typu B

Obecný vzorec:

$$u_B = \sqrt{{u_{B1}}^2 + {u_{B1}}^2 + {u_{Bi}}^2}$$

u_B…celková standardní nejistota typu B
u_{B1}…standardní nejistota zdroje 1
u_{B2}…standardní nejistota zdroje 2
u_{Bi}…standardní nejistota dalších zdrojů

4.2.3 Kombinovaná standardní nejistota (u_c)

Tato nejistota kombinuje standardní nejistoty typu $\mathbf{u_A}$ a $\mathbf{u_B}$. Při určování nejistoty u_C je vhodné porovnat hodnoty nejistot typu $\mathbf{u_A}$ a $\mathbf{u_B}$, protože lze z porovnání hodnot usoudit tyto dvě možnost[14]:

- $\mathbf{u_A}$ je řádově větší než $\mathbf{u_B}$ → lze předpokládat, v měření převažují náhodné vlivy. V rámci zlepšování měření by se mělo zaměřit na tyto vlivy. [14]

- $\mathbf{u_B}$ je řádově větší než $\mathbf{u_A}$ → lze předpokládat, že systém měření není vhodně navržen nebo v systému jsou dominantní zdroje nejistot typu B. V rámci zlepšování měření by se mělo zaměřit na tyto vlivy. [14]

Základní vztah kombinované nejistoty

$$u_C = \sqrt{u_A{}^2 + u_B{}^2}$$

u_C…kombinovaná standardní nejistota
u_A…standardní nejistota typu A
u_B… standardní nejistota typu B

4.2.4 Rozšířená standardní nejistota (U)

Pro praxi se vyžaduje vysoké spolehlivost měřidel, proto se zavádí tato nejistota. Koeficient rozšíření se používá 2 – 3. Doporučuje se používat koeficient rozšíření $\mathbf{k_u}$=2 což odpovídá normálnímu rozdělení 95%.[14]

Základní vztah rozšířené nejistoty

$$U = k_u \times u_C$$

u_C…kombinovaná standardní nejistota
k_u…koeficient rozšíření
U… rozšířená standardní nejistota

4.2.5 Zásady, které se dodržují při uvádění nejistot měření[14]

- Stanovená nejistota je neoddělitelnou součástí při zpracování výsledků a také se uvádí u konečného výsledku měření.
- Jasně se definuje, s jakým druhem nejistoty je uváděn konečný výsledek měření.
- U standardní rozšířené nejistoty se uvádí, jaký koeficient k_u byl použit.
- Výsledná nejistota se zaokrouhluje na dvě platná desetinná místa. Preferuje se zaokrouhlení nahoru.
- Výsledek se uvádí v tomto tvaru:

$$y \pm U$$

y… výsledek
U…nejistota měření

4.3 Návrh výpočtu nejistot

Ve firmě pro kalibrační závitové kroužky není stanovená metodika výpočtu standardní nejistoty. Z tohoto důvodu se stanovil (vytvořil) návrh výpočtu standardní nejistoty.
Ve firmě se používá Rozšířená standardní nejistota s koeficientem k_u=2.

4.3.1 Popis návrhu nejistoty

Z důvodů požadavků v praxi, jak bylo už dříve zmíněno, je vyžadovaná rozšířená standardní nejistota. Proto při návrhu nejistoty tento požadavek, bylo nutno dodržet.

Rozšířená standardní nejistota

Byl použit koeficient rozšíření $\mathbf{k_u}$=2 což odpovídá normálnímu rozdělení 95% a nejčastěji se používá v praxi.

Kombinovaná standardní nejistota (u_c)

Je důležité určit tuto nejistotu, protože je nutná pro výpočet rozšířené standardní nejistoty.

Standardní nejistoty měření typu A

Při měření se získá devět hodnot a na ty se aplikují vzorce, které jsou uvedené v kapitole: *4.2.1Standardní nejistota typu A (uA)*

Standardní nejistoty měření typu B

Při návrhu stanovení standardní nejistoty typu B, by se měli správně zahrnout všechny jevy, které by ovlivňovaly přesnost měření. Tento požadavek, ale není možné dodržet jak z technických důvodů, tak i z důvodů, že nelze vždy zjistit/odhalit všechny jevy, které ovlivňují měření. Proto je důležité vybrat pouze faktory, které mají největší vliv na přesnost měření. Počet ovlivňujících faktorů je vhodné mít co nejmenší, ale nesmí být tím ohrožena věrohodnost kalibrace.
Do nejistoty měření závitových kalibračních kroužků se zahrnula nepřesnost stroje, tepelná roztažnost kroužků a koncové měrky. Tyto jevy mají největší vliv na přesnost kalibrace.

Koncové měrky
Tuto hodnotu lze získat z kalibračního protokolu.

Tepelná roztažnost závitových kroužků

Vzorec převzat z literatury viz. [14].:

$$u_{bt} = \frac{l_0 * \alpha * \Delta t}{\sqrt{3}}$$

Citlivostní koeficient má hodnotu 1odvozevo z literatura viz.[14].
Typ rozdělení bylo použito rovnoměrné. Protože je vhodné na tento druh nejistoty podle knížky (viz. literatura [14]).

Nepřesnost měření univerzálního délkoměru

Bohužel nebylo možné nepřesnost určit z měřícího stroje ve firmě. K určení nepřesnosti byla použita dokumentace (http://web.tuke.sk/smetrologia/lm2.html#ud) na stejný typ stroje, který se nachází na ZČU. Až bude do firmy dodán měřicí přístroj, tak si obsluha stroje tuto nejistotu upraví podle dokumentace ke stroji.

Vzorec nepřesnost stroje[25]:

$$\pm \frac{2 + \frac{L}{100}}{1000} [mm]$$

L…průměr závitového kroužku

$$u_{bl} = \frac{\frac{2 + \frac{L}{100}}{1000}}{\sqrt{3}} [mm]$$

Citlivostní koeficient má hodnotu 1.
Typ rozdělení bylo použito normální. Protože je vhodné na tento druh nejistoty podle knížky (viz. literatura [14]).
Tabulka pro výpočet standardní nejistoty typu B

Zdroje nejistoty	zk	odhad(mm)	Typ rozdělení	u_{bx}(mm)	citlivostní koeficient	příspěvek k nejistotě(mm)	U_B^2
chyba při vnitřním měření	d	0	normální	$\frac{l_0 * \alpha * \Delta t}{\sqrt{3}}$	1		
Odchylka vlivem teploty	h	0	rovnoměrné	$\frac{\frac{2 + \frac{L}{100}}{1000}}{\sqrt{3}}$	1		
koncové měrky	f						
Výsledek (mm)					U_B		

Tabulka 3 Tabulka pro výpočet standardní nejistoty typu B

4.4 Způsob určení limitních hodnot pro střední průměr u závitových kroužků

Výpočty vycházení z literatury viz. [12] [13] [19] [20] [21] [22] [26]

4.4.1 Obecné vzorce pro toleranční třídy: e, f, g, h …

Konkrétní výpočet je v kalibračním postupu. Zde jsou uvedeny obecné vzorce, z kterých se vycházelo.
Pro určení limitních hodnot středního průměru se vychází z těchto norem:
ČSN ISO 724
ČSN ISO 965-1
ČSN ISO 965-3
ČSN ISO 1502

Tabulka 4 Hodnoty pro stanovení mezních hodnot [13]

Název	Norma
Jmenovitý střední průměr (d_2)	ČSN ISO 724 (Tabulka 1)
Rozteč závitu (P)	ČSN ISO 724 (Tabulka 1)
Tolerance středního průměru (T_{d2})	ČSN ISO 965-1(Tabulka 6)
Horní úchylka (es)	ČSN ISO 965-3(Tabulka 1)
Střední toleranční pole (Z_R)	ČSN ISO 1502(Tabulka 4)
Toleranční pole kroužku (T_R)	ČSN ISO 1502(Tabulka 4)
Přípustné opotřebení kroužku (W_{GO})	ČSN ISO 1502(Tabulka 5)
Přípustné opotřebení kroužku (W_{NG})	ČSN ISO 1502(Tabulka 5)

a-1) Střední průměr dobrého závitového kroužku

Obecný vzorec:

$$D_{2D} = d_2 - es - ZR \pm \frac{TR}{2}$$

Střední maximální průměr:

$$D_{2Dmax} = d_2 - es - ZR + \frac{TR}{2}$$

Střední minimální průměr:

$$D_{2Dmin} = d_2 - es - ZR - \frac{TR}{2}$$

a-2) Mezní opotřebení střední průměr dobrého závitového kroužku

$$D_{2Dopotř.} = d_2 - es - ZR + Wgo$$

b-1) Střední průměr zmetkového závitového kroužku

Obecný vzorec:

$$D_{2Z} = d_2 - es - ZR - \frac{TR}{2} \pm \frac{TR}{2}$$

Střední maximální průměr:

$$D_{2Zmax} = d_2 - es - ZR - \frac{TR}{2} + \frac{TR}{2}$$

Střední minimální průměr:

$$D_{2Zmin} = d_2 - es - ZR - \frac{TR}{2} - \frac{TR}{2}$$

b-2) Mezní opotřebení-střední průměr zmetkového závitového kroužku

$$D_{2Zopotř.} = d_2 - es - Td2 - \frac{TR}{2} + Wng$$

Příklad výpočtu M120x2-6g:

Údaje z norem

Dobrý/zmetkový závitový kroužek

Hodnoty-název	Hodnoty[mm]	Norma
Jmenovitý střední průměr(d_2)	118.701	ČSN ISO 724 (Tabulka 1)
Rozteč závitu(P)	2	ČSN ISO 724 (Tabulka 1)
Tolerance středního průměru(T_{d2})	0.19	ČSN ISO 965-1(Tabulky 6)
Horní úchylka(es)	0.038	ČSN ISO 965-3(Tabulka 1)
Střední toleranční pole(Z_R)	0.008	ČSN ISO 1502(Tabulka 4)
Toleranční pole kroužku(T_R)	0.018	ČSN ISO 1502(Tabulka 4)
Přípustné opotřebení kroužku(W_{GO})	0.021	ČSN ISO 1502(Tabulka 5)
Přípustné opotřebení kroužku(W_{NG})	0.015	ČSN ISO 1502(Tabulka 5)

Tabulka 5 limitní hodnoty pro M120x2-6g

a-1) Střední průměr dobrého závitového kroužku

Obecný vzorec:

$$D_{2D} = d_2 - es - ZR \pm \frac{TR}{2}$$

Střední maximální průměr:

$$D_{2Dmax} = d_2 - es - ZR + \frac{TR}{2}$$

$$D_{2Dmax} = 118.701 - 0.038 - 0.008 + \frac{0.018}{2}$$

$$D_{2Dmax} = 118.648[mm]$$

Střední minimální průměr:

$$D_{2Dmin} = d_2 - es - ZR - \frac{TR}{2}$$

$$D_{2Dmin} = 118.701 - 0.038 - 0.008 + \frac{0.018}{2}$$

$$D_{2Dmin} = 118.664[mm]$$

a-2) Mezní opotřebení střední průměr dobrého závitového kroužku

$$D_{2Dopotř.} = d_2 - es - ZR + Wgo$$

$$D_{2Dopotř.} = 118.701 - 0.038 - 0.008 + 0.018$$

$$D_{2Dopotř.} = 118.676[mm]$$

b-1) Střední průměr zmetkového závitového kroužku

Obecný vzorec:

$$D_{2Z} = d_2 - es - ZR - \frac{TR}{2} \pm \frac{TR}{2}$$

Střední maximální průměr:

$$D_{2Zmax} = d_2 - es - ZR - \frac{TR}{2} + \frac{TR}{2}$$

$$D_{2Zmax} = 118.701 - 0.038 - 0.008 - \frac{0.018}{2} + \frac{0.018}{2}$$

$$D_{2Zmax} = 118.503[mm]$$

Střední minimální průměr:

$$D_{2Zmin} = d_2 - es - ZR - \frac{TR}{2} - \frac{TR}{2}$$

$$D_{2Zmin} = 118.701 - 0.038 - 0.008 - \frac{0.018}{2} - \frac{0.018}{2}$$

$$D_{2Zmin} = 118.485[mm]$$

b-2) Mezní opotřebení střední průměr zmetkového závitového kroužku

$$D_{2Zopotř.} = d_2 - es - Td2 - \frac{TR}{2} + Wng$$

$$D_{2Zopotř.} = 118.701 - 0.038 - 0.212 - \frac{0.023}{2} + 0.0195$$

$$D_{2Zopotř.} = 118.09[mm]$$

4.4.2 Ukázky výpočtů pro toleranční třídy: Sc, Sd, Sh

Zde jsou uvedeny ukázkové výpočty pro toleranční třídu Sc, Sd, Sh. Pro určení limitních hodnot středního průměru se vychází z těchto norem:

- ČSN 25 4105-1
- ČSN ISO 724

4.4.2.1 Sc(M130x2-Sc8)

Závitový kroužek(hodnoty v mm)			Jmenovitý střední rozměr	Dobrý závitový kroužek-střední průměr			Zmetkový závitový kroužek-střední průměr	
				Kroužek nový		Opotřebený	Kroužek nový	
Označení kroužku	Rozteč	Tolerance		minimální Ø	Maximální Ø		minimální Ø	Maximální Ø
M130x2-Sc8	2	Sc8	128.701	128.35	128.334	128.386	128.063	128.079

Tabulka 6 M14x1-Sc8[12]

Výpočet

$$střední\ průměr_{Dmin} = 128.701 - 0.351 = 128.35[mm]$$

$$střední\ průměr_{Dmax} = 128.35 + 0.016 = 128.334[mm]$$

$$střední\ průměr_{Dopotř.} = 128.701 - 0.315 = 128.386[mm]$$

$$střední\ průměr_{Zmin} = 128.701 - 0.638 = 128.063[mm]$$

$$střední\ průměr_{Zmax} = 128.063 + 0.016 = 128.079[mm]$$

4.4.2.2 Sd(M80x4-Sd8)

Závitový kroužek(hodnoty v mm)			Jmenovitý střední rozměr	Dobrý závitový kroužek-střední průměr			Zmetkový závitový kroužek-střední průměr	
				Kroužek nový		Opotřebený	Kroužek nový	
Označení kroužku	Rozteč	Tolerance		minimální Ø	Maximální Ø		minimální Ø	Maximální Ø
M80x4-Sd8	4	Sd8	77.402	77.12	77.132	77.152	77.896	77.908

Tabulka 7 M62x2-Sd8[12]

Výpočet

$$střední\ průměr_{Dmin} = 77.402 - 0.282 = 77.12[mm]$$

$$střední\ průměr_{Dmax} = 77.12 - 0.012 = 77.132[mm]$$

$$střední\ průměr_{Dopotř.} = 77.402 - 0.25 = 77.152[mm]$$

$$střední\ průměr_{Zmin} = 77.402 - 0.506 = 76.896[mm]$$

$$střední\ průměr_{Zmax} = 76.896 + 0.012 = 76.906[mm]$$

4.4.2.3 Sh(M115x3-Sh5)

Závitový kroužek(hodnoty v mm)			**Jmenovitý střední rozměr**	**Dobrý závitový kroužek-střední průměr**			**Zmetkový závitový kroužek-střední průměr**	
				Kroužek nový		**Opotřebený**	**Kroužek nový**	
Označení kroužku	**Rozteč**	**Tolerance**		**minimální Ø**	**Maximální Ø**		**minimální Ø**	**Maximální Ø**
M115x3-Sh5	3	Sh5	113.051	113.015	113.031	113.051	112.883	112.899

Tabulka 8 M 115x3-Sh5[12]

Výpočet

$$střední\ průměr_{Dmin} = 113.051 - 0.036 = 113.015[mm]$$

$$střední\ průměr_{Dmax} = 113.015 + 0.016 = 113.031[mm]$$

$$střední\ průměr_{Dopotř.} = 113.051 - 0 = 113.051[mm]$$

$$střední\ průměr_{Zmin} = 113.051 - 0.168 = 112.883[mm]$$

$$střední\ průměr_{Zmax} = 112.883 + 0.016 = 112.899[mm]$$

Z této kapitoly vyplívá, že výpočet limitních hodnot je komplikovaný a náchylný k chybovosti. Pro výpočty se vytvořila makra pro usnadnění výpočtů, zrychlení výpočtů a pro menší pravděpodobnost chyb.

4.5 Nezbytné kroky pro tvorbu kalibračního postupu

Seznámení s metrologickou laboratoří
Byla provedena analýza současného stavu ve firmě. Viz. *2 Analýza současného stavu*

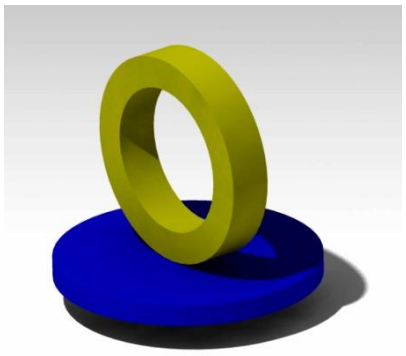
Před vlastní tvorbou kalibračního postupu bylo nutné se seznámit s prostředím, v kterém by měla probíhat kalibrace kalibračního závitového kroužku. V době vytváření kalibračního postupu firma ještě nevlastnila měřicí přístroj. Proto se vyházelo z měřicího přístroje, který je umístěn na Západočeské univerzitě. Tento přístroj je stejného typu, který se bude do firmy dodávat. Proto metodika kalibrace mohla a byla vytvářena právě na přístroji v ZČU.

Analýza kalibračních postupů ve firmě
Viz.*2.4 Rozbor kalibračního postupu firmy*

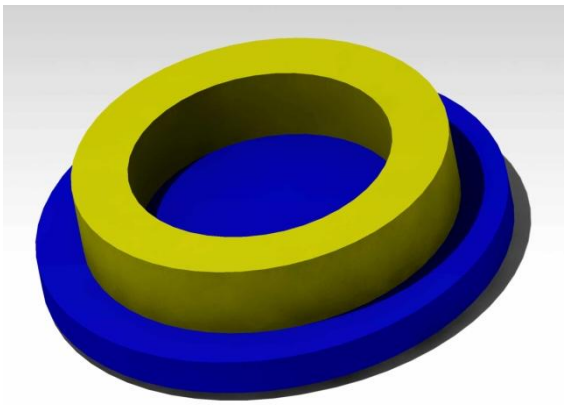
Zde bylo rozhodnuto, že se bude vycházet do určité míry z osnovy, kterou používá firma pro kalibrační postupy.

Metodika měření závitových kroužků
Hlavní požadavek byl, aby se kalibrační postup vytvářel pro metrický závit. Metodika měření vychází z vytvoření simulovaného závitu, který je tvořen koncovými měrkami, párovými měrkami a držákem měrek. Tato metoda je popsaná v kapitole *3.5.1Střední průměr závitu*.

Po zvolení metody měření se řešila otázka správného umístění závitového kalibračního kroužku, tak aby nenastávala deformace. U malých závitových kalibračních kroužků tento problém (deformace) není tak výrazný (je zanedbatelný). Riziko deformace nastává hlavně u velkých závitových kalibračních kroužků např. M200, M410. Riziko deformace a tím související zkreslení výsledků nastává, když závitové kalibrační kroužky (velké) jsou umístěny nastojato viz.*4.1Deformace závitového kroužku velkých průměrů*.



Obrázek 40 kroužek nastojato



Obrázek 41 kroužek naležato

Určení limitních hodnot podle, kterých se určuje, zda kroužek vyhovuje/nevyhovuje
Dalším krokem bylo zjištění limitních hodnot, v kterých se závitový kroužek musí pohybovat, aby se mohl klasifikovat jako vyhovující při kalibraci. K zjištění těch hodnot se prostudovali normy související se závity a kalibry. Pro zjištění limitních hodnot se použili tyto normy:
ČSN ISO 724, ČSN ISO 965-1, ČSN ISO 965-3, ČSN ISO 1502, ČSN 25 4105-1.

Určení ideálního průměru dotyku

Pro výpočet slouží tento vzorec:

$$d_0 = \frac{P}{2} \times \frac{1}{\cos\frac{\alpha}{2}}$$

d_0…průměr ideálního dotyku
P…stoupání závitu
α…úhel profilu
Vzorec byl vzat z [24]*Determination of Pitch Diameter of Parallel Thread Gauges by Mechanical Probing: EA-10/10.*

Nejistota měření

Po zjištění potřebných informací pro samotné měření a zjištění limitních hodnot se dále řešila metodika standardní nejistoty.
Vzhledem k tomu, že ve firmě neměli postup na určování, týkající se kalibračních závitových kroužků, tak se vytvořila a popsala metodika určení nejistoty. Tato část je popsaná v samotném kalibračním postupu a v kapitole: *4.3Návrh výpočtu nejistot*.

Makra

Pro snazší výpočty a urychlení práce se vytvořila makra. Viz. *4.6Makra pro výpočty*

Určení osnovy kalibrační postup pro firmu

Část osnovy (základní body) kalibračního postupu vyhází z kalibračních postupů z firmy.

Porovnání osnov kalibračního postupu	
Osnovy kalibračního postupu - nový návrh	**Osnovy kalibračního postupu - původní osnova firmy:**
Předmět kalibrace	Účel
Evidence	Rozsah
Prostředky potřebné ke kalibraci	Použité zkratky
Obecné podmínky při kalibraci	Interval kalibrace
Pracoviště	Evidence
Příprava před kalibrací	Kalibrační zařízení
Postup kalibrace	Pomocné prostředky
Stanovení limitních hodnot	Pracoviště
Vyhodnocení kalibrace	Podmínky kalibrace
Způsob stanovení nejistoty při kalibraci	Postup kalibrace
Schéma návaznosti	Hodnocení
Dokumentace	Schéma návaznosti
Související předpisy	Odpovědnosti a pravomoci
Závěrečná ustanovení	Dokumentace
	Související předpisy
	Závěrečná ustanovení

Tabulka 9 Porovnání kalibračních postupů

Postup kalibrace
Zde se, pomocí psaného textu a názorných obrázků je popsán postup, jak má probíhat kalibrace krok po kroku. Díky těmto vytvořeným obrázků bude pro pracovníka velmi jednoduché si ujasnit, jak bude kalibrace probíhat.

Stanovení limitních hodnot
Zde jsou navrženy dvě možnosti, jak určit limitní hodnoty. První možnost je výpočet pomocí maker. Druhá možnost je pomocí výpočtů podle vzorců. Výpočet pomocí vzorců je zde obecně uveden. Vzorce pro toleranční třídu Sh , Sd, Sc zde nejsou uvedeny, ale je zde odkaz na normy, kdy je výpočet uveden.

Vyhodnocení měření
Pomocí příkladu je vysvětleno, jak se má měření vyhodnotit.

Způsob stanovení nejistoty při kalibraci
Stanovení nejistoty je může, dělat dvěma způsoby:

- Makro
- Výpočet podle vzorce

Jelikož ve firmě nemají stanovený postup pro určení standardních nejistot, proto je zde detailně uvedeno stanovení jednotlivých nejistot na příkladu.

Výsledný kalibrační postup je uveden v **příloze.**

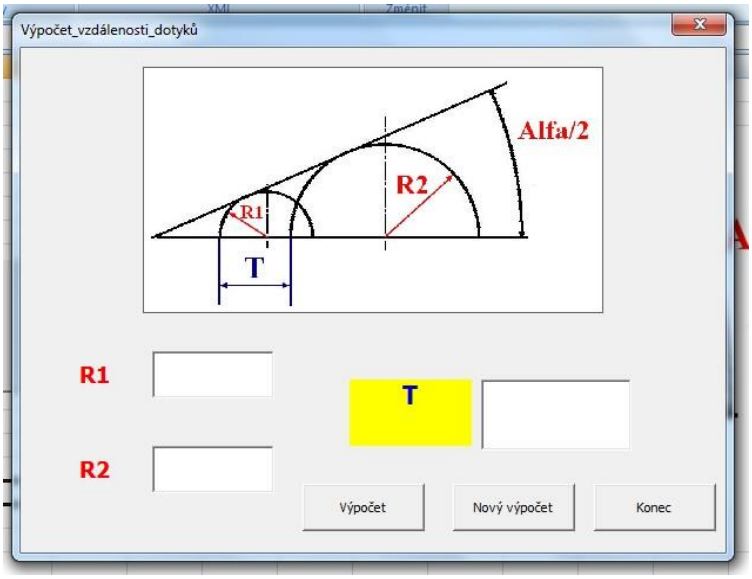
4.6 Makra pro výpočty

Byly vytvořeny makra v Excelu pro ulehčení výpočtu hledaných hodnot a pro lepší přehlednost pro pracovníka, který by prováděl kalibraci závitových kroužků ve firmě. Vytvořená makra v Excelu mají výhodu v tom, že tento software je velmi rozšířen a není nutné si pořizovat další placený software. Makra jsou v příloze CD.

Výpočet délkové změny vlivem jiného průměru kuličky a změny úhlu

a) Makro pro metrický závit

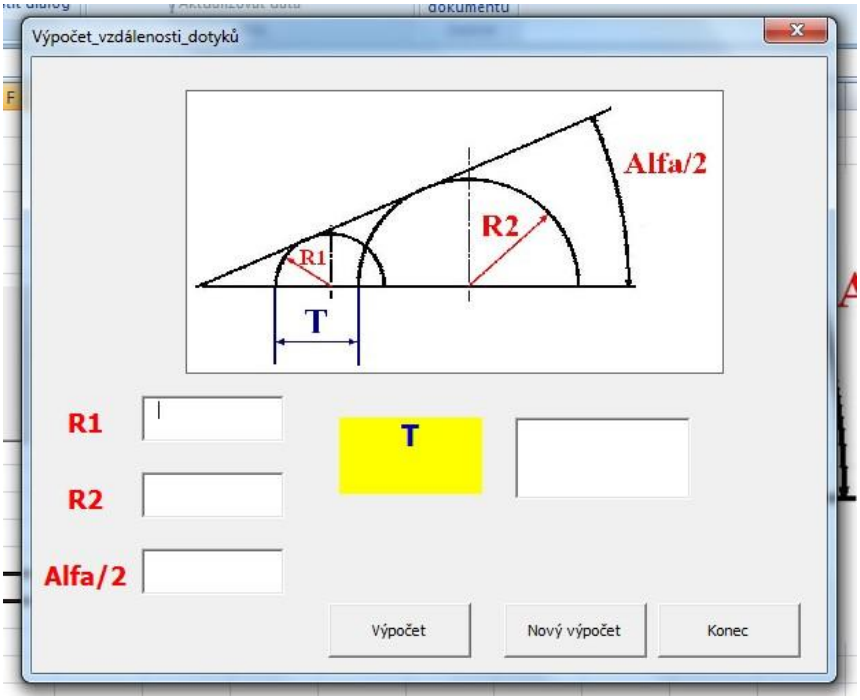
Makro slouží pro výpočet délkového rozdílu mezi dotyky různých průměrů.



Obrázek 42 Makro

b) Makro pro obecný úhel profilu závitu pro symetrické závity

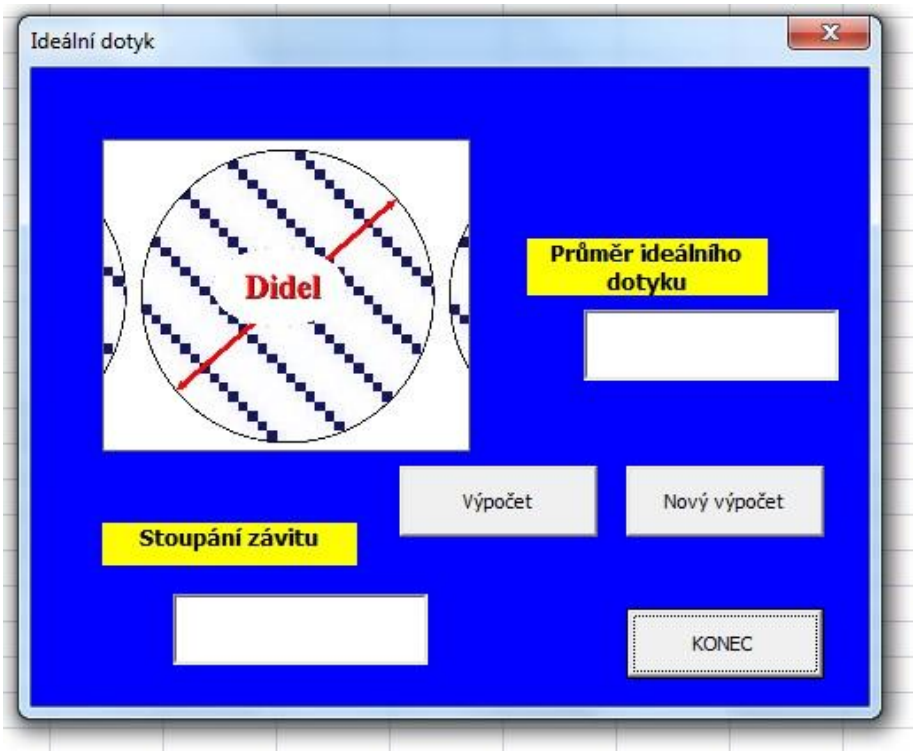
Makro slouží pro výpočet délkového rozdílu mezi dotyky různých průměrů.



Obrázek 43 Makro

Makro výpočtu ideálního dotyku

Makro slouží pro výpočet ideálního průměru měřícího dotyku.

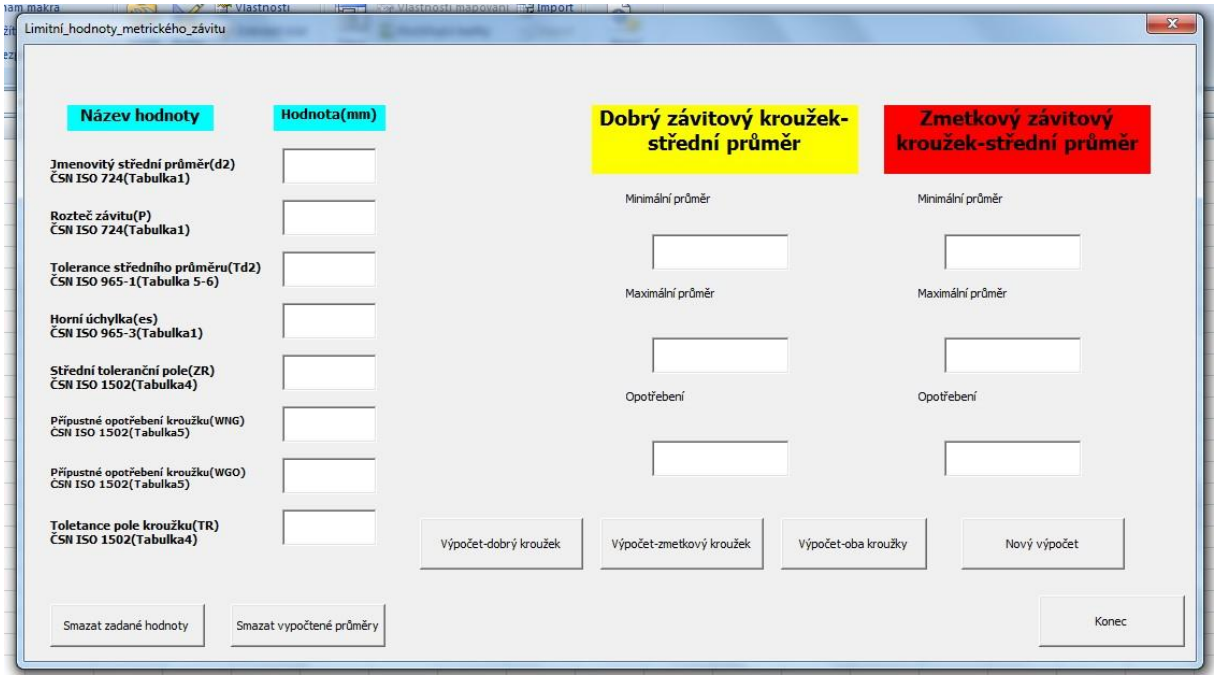


Obrázek 44 Makro

Kód makra:

```
Private Sub CommandButton1_Click() 'konec
End
End Sub

Private Sub CommandButton2_Click() 'výpočet
Dim A As Double
Const Pi As Double = 3.141592654
A = TextBox1.Text  'P
N = (30 * Pi) / 180
TextBox2.Text = (A / 2) * (1 / Cos(N / 2))        'výpočet (ideální kulička_průměr)
End Sub

Private Sub CommandButton3_Click() 'nový výpočet
TextBox1.Text = ""                          'stoupání
TextBox2.Text = "Zadej nový výpočet"              'výpočet
End Sub
```

Výpočet limitních hodnot pro závitové kalibry



Obrázek 45 Makro

Makro slouží pro výpočet limitních hodnot pro závitové kalibrační kroužky. Hodnoty pro výpočet se zadávají ručně. Zadávané hodnoty se nacházejí v příslušných normách. Díky tomuto makru dojde k úspoře času při výpočtu a minimalizaci rizika chyby při manuálním výpočtu hodnot.

Kód makra:

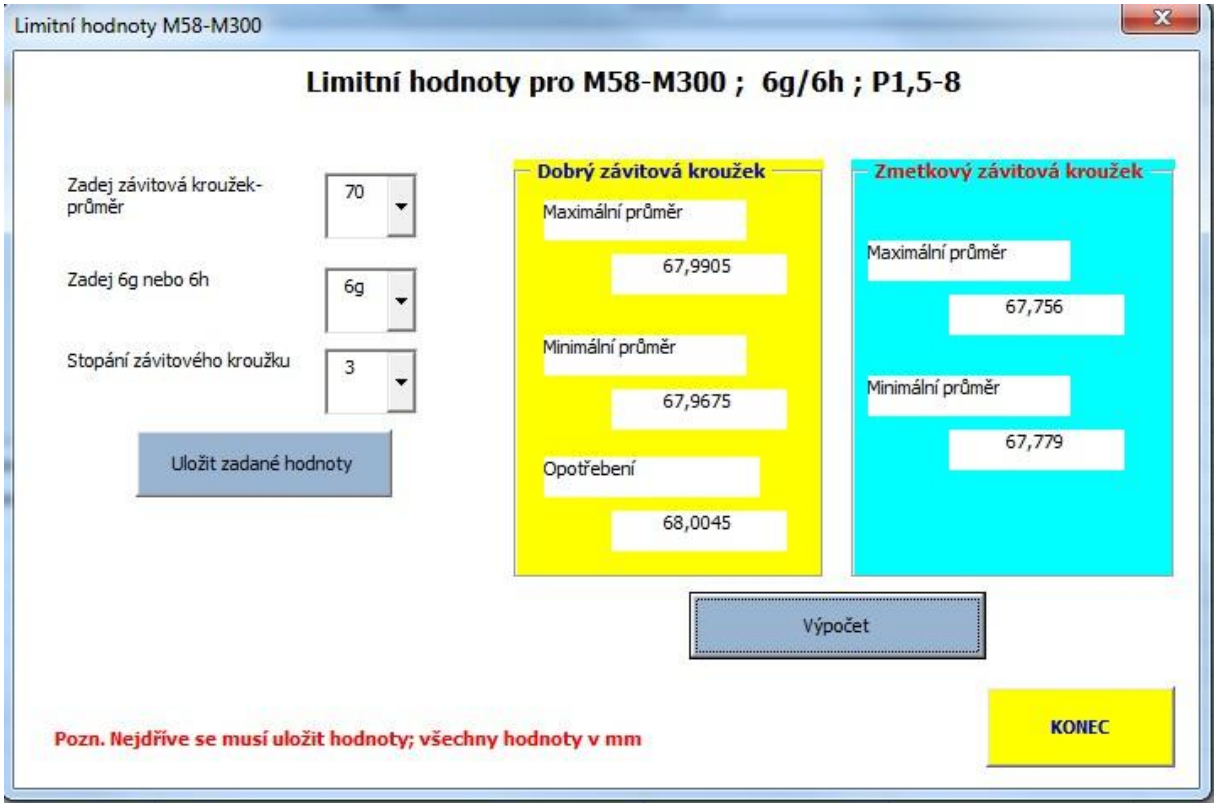
```
Private Sub CommandButton3_Click() 'konec
End
End Sub

Private Sub CommandButton4_Click() 'vypočet zmetku
Dim D2, P, Td2, es, Zr, Tr, Wng  As Double
D2 = TextBox1.Text
P = TextBox2.Text
Td2 = TextBox3.Text
es = TextBox4.Text
Zr = TextBox5.Text
Tr = TextBox8.Text
Wng = TextBox6.Text
TextBox12.Text = D2 - es - Td2 - Tr / 2 - Tr / 2     'min
TextBox13.Text = D2 - es - Td2 - Tr / 2 + Tr / 2     'max
TextBox14.Text = D2 - es - Td2 - Tr / 2 + Wng        'opt
End Sub

Private Sub CommandButton5_Click() 'vypočet dobrého a zmetkového
Dim D2, P, Td2, es, Zr, Tr, Wgo, Wng  As Double
D2 = TextBox1.Text
P = TextBox2.Text
```

```
Td2 = TextBox3.Text
es = TextBox4.Text
Zr = TextBox5.Text
Tr = TextBox8.Text
Wgo = TextBox7.Text
Wng = TextBox6.Text
'vypočet dobrého
TextBox9.Text = D2 - es - Zr - Tr / 2          'min
TextBox10.Text = D2 - es - Zr + Tr / 2          'max
TextBox11.Text = D2 - es - Zr + Wgo             'opt
'vypočet zmetku
TextBox12.Text = D2 - es - Td2 - Tr / 2 - Tr / 2     'min
TextBox13.Text = D2 - es - Td2 - Tr / 2 + Tr / 2     'max
TextBox14.Text = D2 - es - Td2 - Tr / 2 + Wng        'opt
End Sub

Private Sub CommandButton6_Click() 'vypočet dobrého
Dim D2, P, Td2, es, Zr, Tr, Wgo  As Double
D2 = TextBox1.Text
P = TextBox2.Text
Td2 = TextBox3.Text
es = TextBox4.Text
Zr = TextBox5.Text
Tr = TextBox8.Text
Wgo = TextBox7.Text
TextBox9.Text = D2 - es - Zr - Tr / 2          'min
TextBox10.Text = D2 - es - Zr + Tr / 2          'max
TextBox11.Text = D2 - es - Zr + Wgo             'opt
End Sub

Private Sub CommandButton7_Click() 'min
TextBox9.Text = ""
TextBox10.Text = ""
TextBox11.Text = ""
TextBox12.Text = ""
TextBox13.Text = ""
TextBox14.Text = ""
End Sub

Private Sub novy_vypocet_Click()
TextBox1.Text = ""
TextBox2.Text = ""
TextBox3.Text = ""
TextBox4.Text = ""
TextBox5.Text = ""
TextBox6.Text = ""
TextBox7.Text = ""
TextBox8.Text = ""
TextBox9.Text = ""
TextBox10.Text = ""
```

```
TextBox11.Text = ""
TextBox12.Text = ""
TextBox13.Text = ""
TextBox14.Text = ""
End Sub

Private Sub smazat_zad_hod_bt_Click()
TextBox1.Text = ""
TextBox2.Text = ""
TextBox3.Text = ""
TextBox4.Text = ""
TextBox5.Text = ""
TextBox6.Text = ""
TextBox7.Text = ""
TextBox8.Text = ""
End Sub
```

Výpočet limitních hodnot pro závity M58-M300 ; 6g, 6h ; P 1.5-8

Tyto rozměry kalibračních závitových kroužků a tolerancí jsou v podniku nejvíce používány. V předchozím makru se musely vyhledávat v normách. Zde už vyhledávání v normách není potřeba, protože vyhledávané hodnoty jsou zadány v tabulkách (pro vyhledávaně parametry se vytvořily rozsáhlé tabulky) v Excelu.
V makru stačí vybrat průměr kalibračního závitového kroužku, toleranci a stoupání závitu.



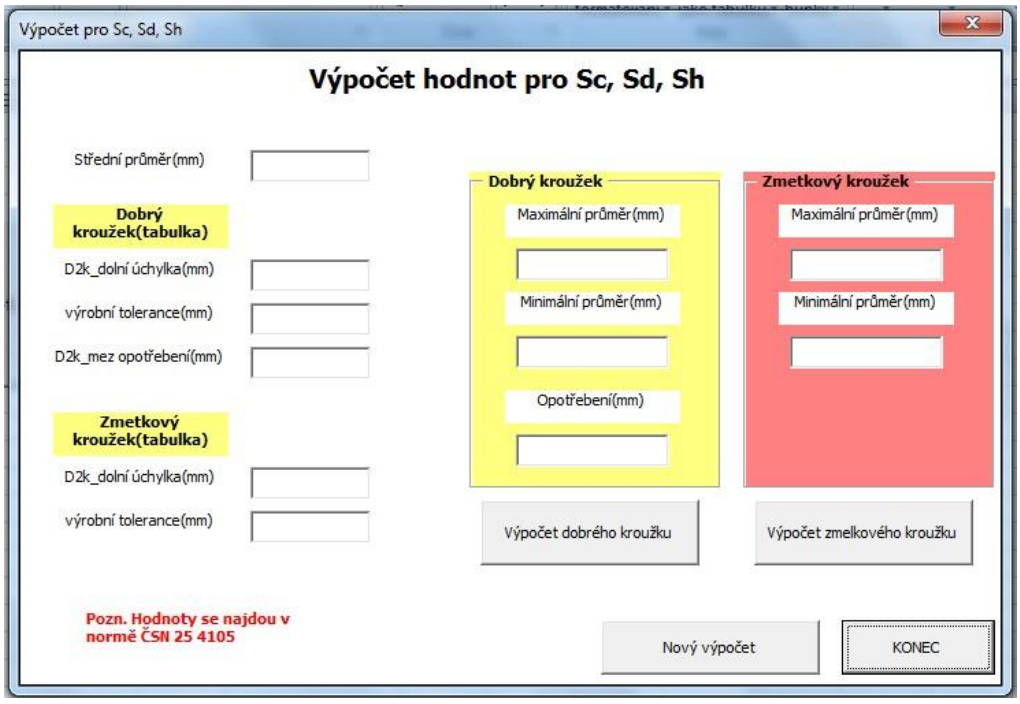
Obrázek 46 Makro

Kód makra:

```
Private Sub CommandButton1_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton2_Click() 'výpočet dobrého kroužku
Dim a, b, c, d, x, y, z As Double
a = TextBox1.Text 'střední průměr
b = TextBox2.Text 'D dolní úchylka
c = TextBox3.Text 'D výrobní tolerance
d = TextBox4.Text 'D mez opotřebení
z = a - b 'min průměr
y = z + c 'max průměr
x = a - d 'opotřebení
TextBox7.Text = y 'max průměr
TextBox8.Text = z 'min průměr
TextBox9.Text = x 'opotřebení
End Sub

Private Sub CommandButton3_Click() 'výpočet zmetkového kroužku
Dim a, e, f, j, k As Double
a = TextBox1.Text 'střední průměr
e = TextBox5.Text 'Z dolní úchylka
f = TextBox6.Text 'Z výrobní tolerance
k = a - e 'min průměr
j = k + f 'max průměr
TextBox10.Text = j 'max průměr
TextBox11.Text = k 'min průměr
End Sub

Private Sub CommandButton4_Click() 'nový výpočet
TextBox1.Text = "Zadej hodnotu"
TextBox2.Text = "Zadej hodnotu"
TextBox3.Text = "Zadej hodnotu"
TextBox4.Text = "Zadej hodnotu"
TextBox5.Text = "Zadej hodnotu"
TextBox6.Text = "Zadej hodnotu"
TextBox7.Text = ""
TextBox8.Text = ""
TextBox9.Text = ""
TextBox10.Text = ""
TextBox11.Text = ""
End Sub
```

Výpočet hodnot Sc, Sd, Sh

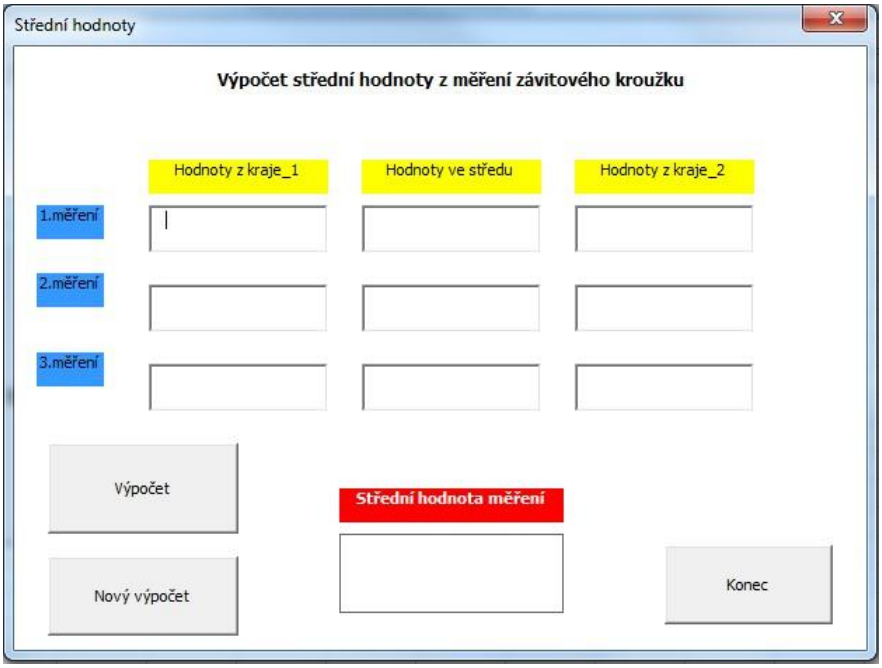
Makro pro limitní hodnoty. Základní hodnoty pro výpočet se zadávají ručně a hledají se v normách.



Obrázek 47_Makro

Výpočet střední hodnoty z měření závitového kroužku

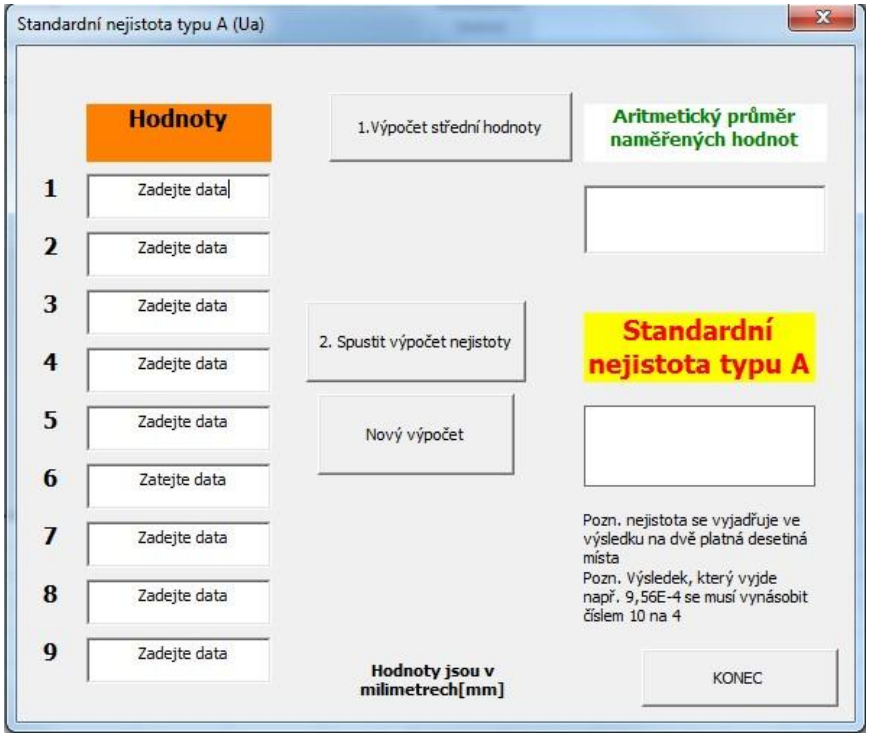
Makro slouží pro zjištění aritmetického průměru z naměřených hodnot z kalibrace závitového kalibračního kroužku.



Obrázek 48 Makro

Výpočet standardní nejistoty typu A

Makro pro výpočet standardní nejistoty typu A z naměřených hodnot z kalibrace.



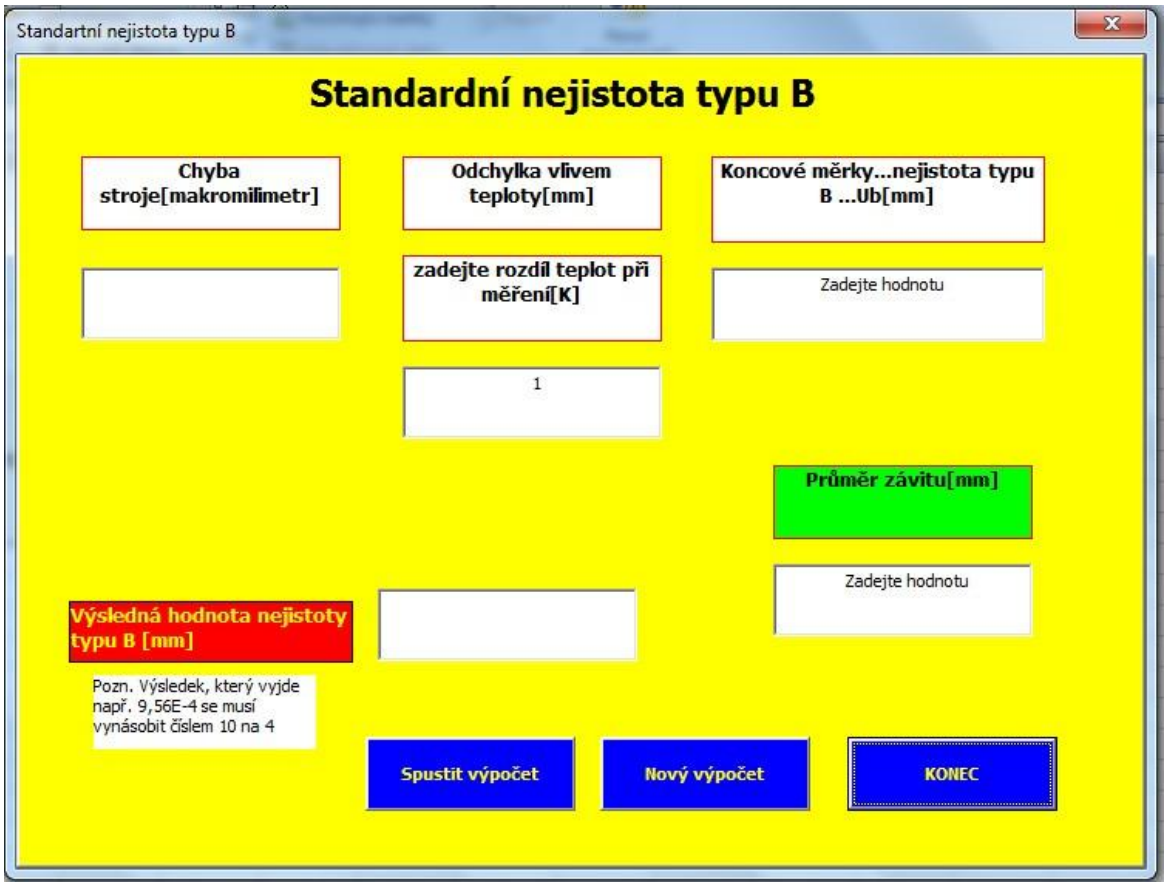
Obrázek 49 Makro

Kód makra:

```
Private Sub CommandButton1_Click()
End
End Sub

Private Sub CommandButton2_Click() 'výpočet střední hodnota
Dim a, b As Double
'základni hodnoty
a = TextBox1.Text
b = TextBox2.Text
c = TextBox3.Text
d = TextBox4.Text
e = TextBox5.Text
f = TextBox6.Text
g = TextBox7.Text
h = TextBox8.Text
i = TextBox9.Text
'střední hodnota
TextBox11.Text = (a + b + c + d + e + f + g + h + i) / 9
End Sub

Private Sub Novy_výpočet_Click()
TextBox1.Text = ""
TextBox2.Text = ""
```

```
TextBox3.Text = ""
TextBox4.Text = ""
TextBox5.Text = ""
TextBox6.Text = ""
TextBox7.Text = ""
TextBox8.Text = ""
TextBox9.Text = ""
TextBox11.Text = ""
TextBox10.Text = "Zadejte nové hodnoty"
End Sub

Private Sub spustit_vypocet_tb_Click()
Dim a, b, c, d, e, f, g, h, i, p, s, S2 As Double
Const Pi As Double = 3.141592654
'základní hodnoty
a = TextBox1.Text
b = TextBox2.Text
c = TextBox3.Text
d = TextBox4.Text
e = TextBox5.Text
f = TextBox6.Text
g = TextBox7.Text
h = TextBox8.Text
i = TextBox9.Text
p = TextBox11.Text
'střední kvadratická odchylka
z1 = (a - p) ^ 2
z2 = (b - p) ^ 2
z3 = (c - p) ^ 2
z4 = (d - p) ^ 2
z5 = (e - p) ^ 2
z6 = (f - p) ^ 2
z7 = (g - p) ^ 2
z8 = (h - p) ^ 2
z9 = (i - p) ^ 2
S2 = (z1 + z2 + z3 + z4 + z5 + z6 + z7 + z8 + z9) / 9
'směrodatná odchylka
s = S2 ^ 0.5
'standardní nejistota typu A
TextBox10.Text = 1.2 * (s / 3)
End Sub
```

Výpočet standardní nejistoty typu B



Obrázek 50 Makro

Do makra stačí zadat průměr kalibračního závitového kroužku a standardní nejistoty tytu B pro použité koncové měrky během kalibrace. Nejistoty tytu B pro koncové měrky se nalézá na kalibračním protokolu.

Makro výpočet Rozšířené standardní nejistoty

Obrázek 51 Makro

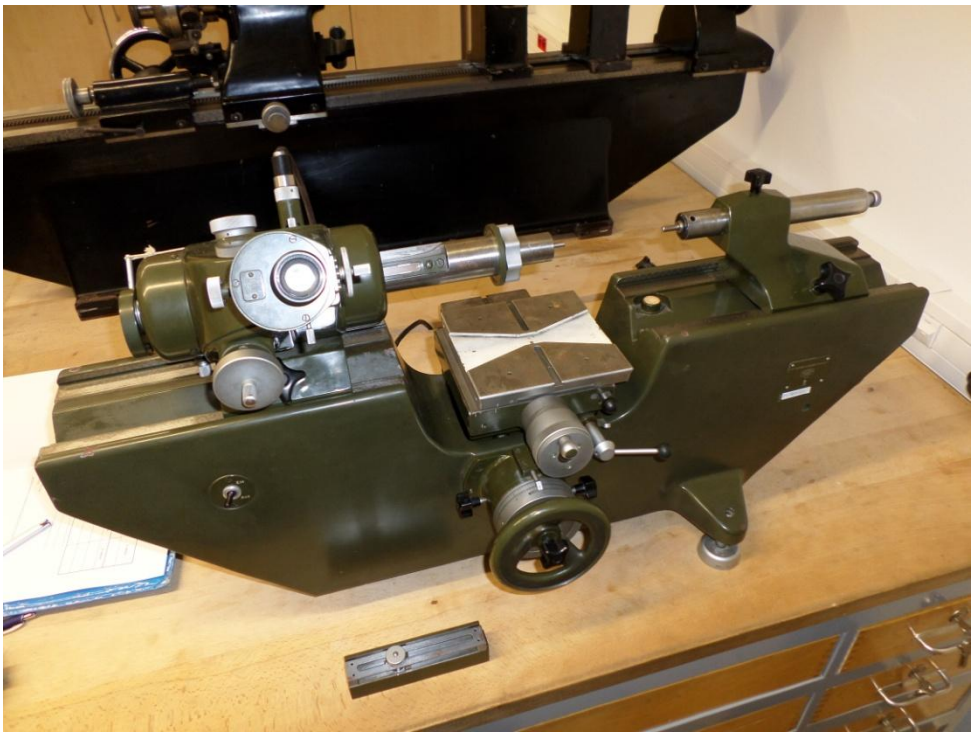
Díky makrům na určení standardních nejistot se výpočet velmi zjednodušil pro pracovníka, který provádí stanovení standardních nejistot. Makra pro standardní nejistotu šetří čas a velmi přispívají k tomu, aby nedošlo během výpočtu k chybám.

5 Experimentální měření na ZČU

Postup měření se prováděl podle kalibračního postupu (viz. příloha).
Experiment probíhal na Západočeské univerzitě (ZČU), protože ve firmě v době měření nebyl ještě dodán přístroj na měření. Na univerzitě byl stejný typ měřicího přístroje, který se měl dodat do firmy. Jediný rozdíl v měřících přístrojí je ten, že dodaný univerzální délkoměr do firmy má digitální odečítání naměřených hodnot. Z toho důvodu bylo možné provést měření na ZČU

5.1 Použité prostředky pro měření závitových kroužků

Univerzální délkoměr



Obrázek 52 Univerzální délkoměr

Školní evidenční číslo: SMV 00003620
Přesnost stroje: 0,001mm

Obrázek 53 Původní označení univerzálního délkoměru

Koncové měrky

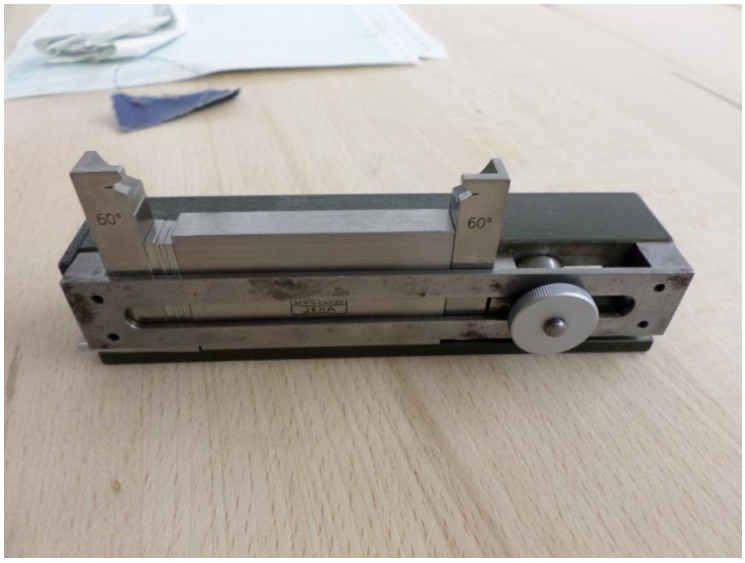
Obrázek 54 Použité koncové měrky

Párové měrky

Obrázek 55 Párové měrky a dotyky

Držáky měrek

Obrázek 56 Držáky na měrky bez spodní lišty



Obrázek 57 Držák na měrky se spodní lištou

Použité dotyky: 1,78; 3,14

Průměry byly zjištěny pomocí makra: Ideální dotyk.xlsm

Obrázek 59 Dotyky 3.14mm

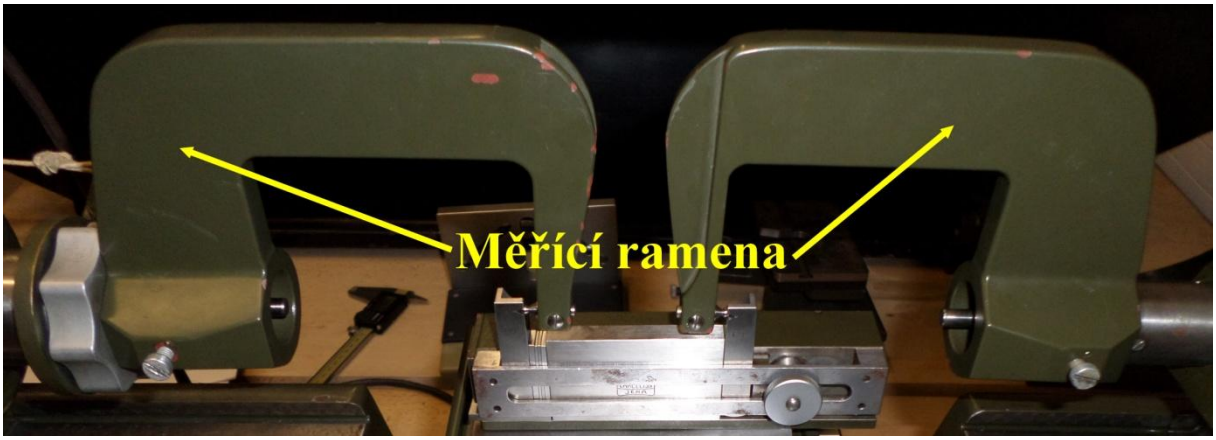
Obrázek 58 Dotyky 1.78mm

Stolek

Slouží pro lepší měření součásti

Obrázek 60 Stolek na délkoměr

Měřící ramena



Obrázek 61 Měřící ramena

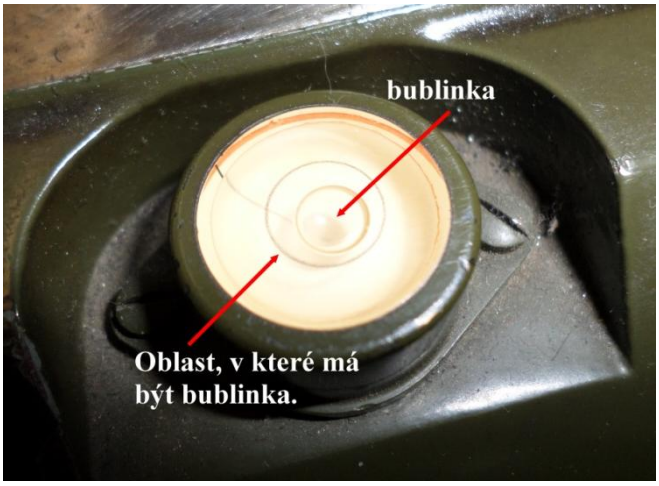
Pomocí těchto měřících ramen, je možno měřit vnitřní rozměry.

Další prostředky:

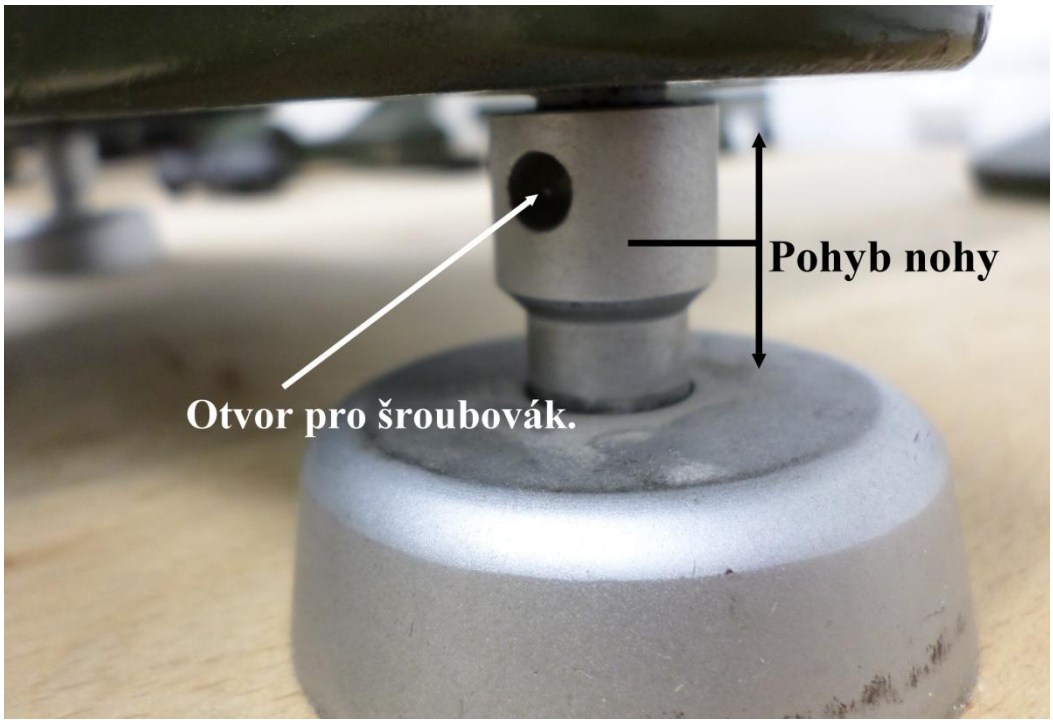
- Posuvné měřítko: Pro zjištění velikosti dotyků.
- Technický benzín: Pro očištění měrek a závitových kroužků.
- Špejle a vata
- Lékařská vazelína: Pro konzervaci měrek.
- Imbus, šroubovák

5.2 Činnosti před měřením

Před měřením se zkontroloval stav univerzálního délkoměru. Bylo zjištěno, že indikátor rovinnosti přístroje nebyl v požadovaném stavu → bublinka (v podstatě vodováha) nebyla na správném místě (viz. Obrázek 63). Bublinka se dostala do požadované oblasti, pomocí šroubovácích noh, na kterých univerzální délkoměr stojí. Viz. Obrázek 64
Na nohou (na všech čtyřech) jsou otvory, do kterých byl zasunut šroubovák. Pomocí otáčení se délka nohy prodloužila nebo zkrátila. Dále stolek byl uveden do roviny.



Obrázek 62 Vodováha



Obrázek 63 Nastavení univerzálního stolku do roviny pomocí šroubu

Po nastavení stroje se přešlo na kalibrační závitové kroužky, které se měřily. Závity kalibračních závitových kroužků se očistily pomocí technického benzínu. Čištění závitů

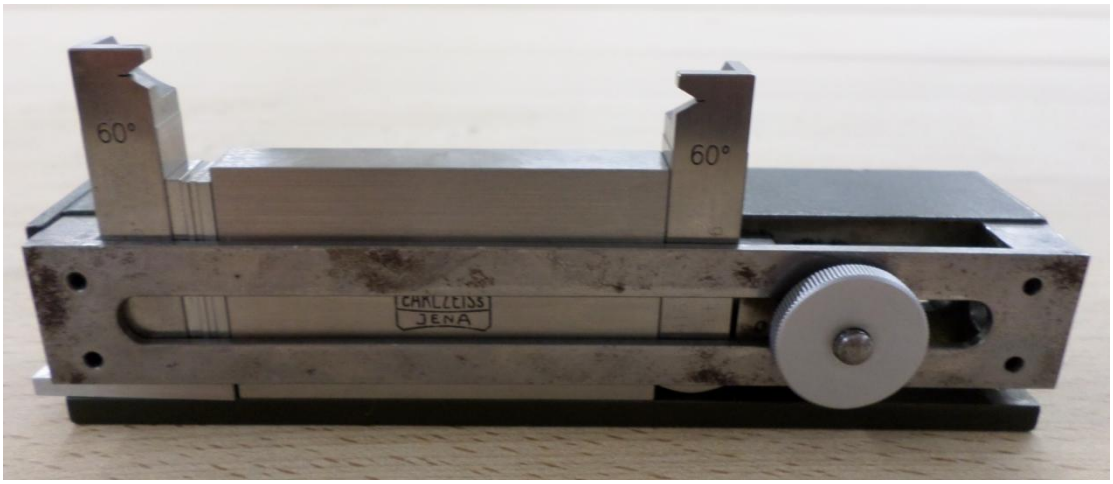
probíhalo kvůli tomu, aby nedocházelo ke zkreslení měření. Každá nečistota v závitu (prach, olej,…) mají velký vliv na změřenou hodnotu. Tento vliv je velmi patrný při měření na tisíciny.
Kvůli tepelné roztažnosti materiálů (kroužků a měřících prostředků) se nechali dvě hodiny temperovat v místnosti, kde probíhalo měření. Dále než se sestavil simulovaný závit z koncových měrek a párových měrek, bylo nezbytné koncové měrky očistit. Koncové měrky byly konzervovány lékařkou vazelínou a tato vazelína musí být vždy před použitím měrek odstraněna. Po použití měrek, byla opět na koncové měrky nanesena vazelína.
Před měřením se musely měřící ramena osadit správnými dotyky.

5.3 Závitový kroužek dobrý M72x6-6h

Teplota prostředí: 21°C
Použité dotyky:3,14mm

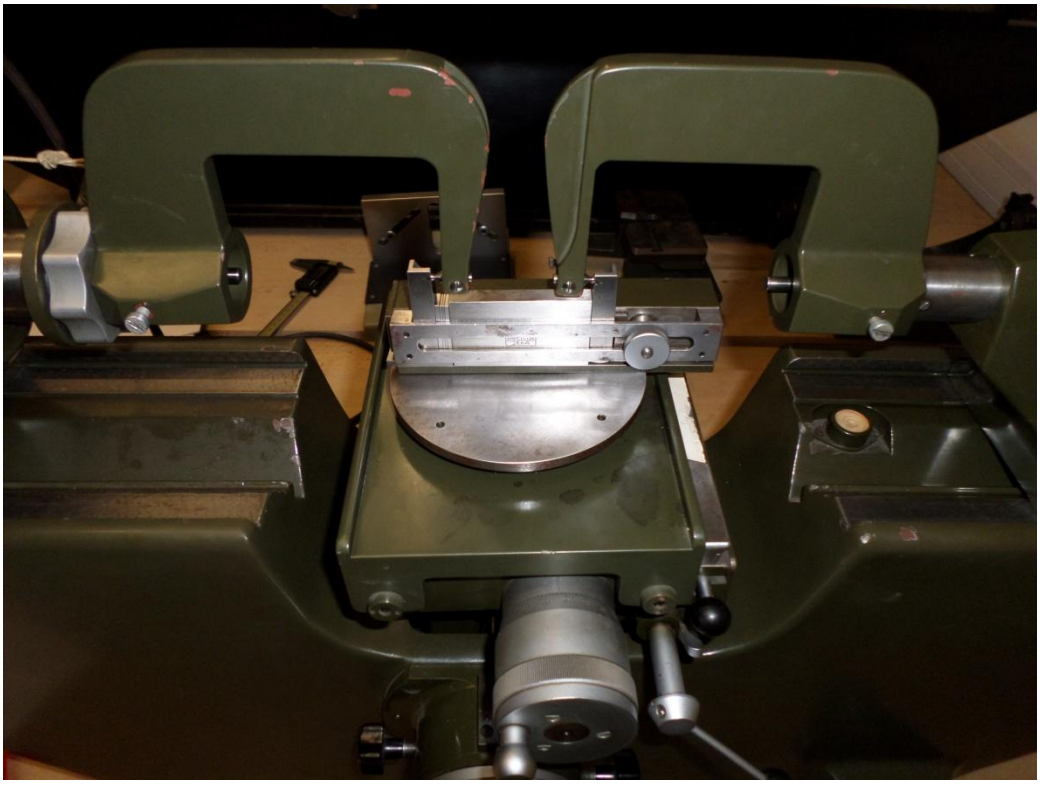
Obrázek 64 Závitový kroužek M72x6-6h

U tohoto závitového kalibračního kroužku se vědělo, že už nevyhovuje (má větší rozměr než je dovolená mez opotřebení závitového kroužku). Výsledky měření potvrdily toto zjištění.
Z vytvořeného kalibračního postupu vyplývalo, že se má vytvořit simulovaný závit pomocí koncových měrek a párových měrek.



Obrázek 65 Simulovaný závit M72x6-6h

Po vytvoření simulovaného závitu se, takto simulovaný závit přemístil na univerzální délkoměr a odečetla se hodnota.



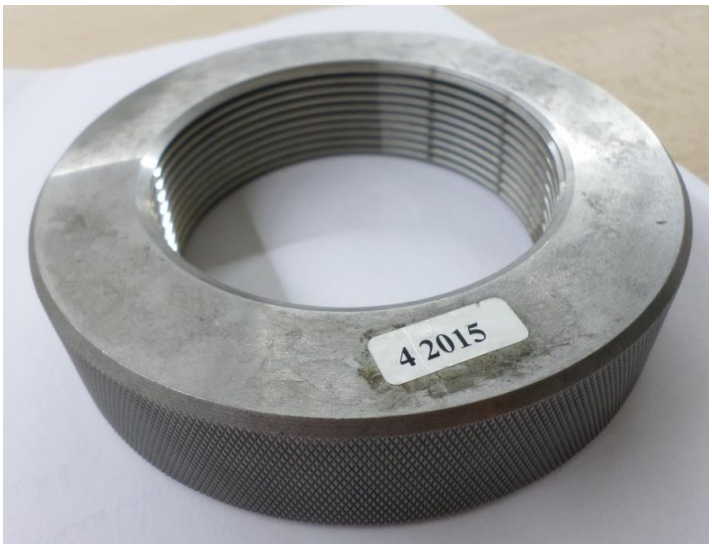
Obrázek 66 Simulovaný závit na délkoměru

Po odečtení hodnoty ze simulovaného závitu, se na stroj umístil závitový kroužek a odečetly se hodnoty z měřicího přístroje.

Pozn. Výsledky z měření závitového kroužku jsou uvedeny v příloze.

5.4 Závitový kroužek zmetkový M95x3-6h

Teplota prostředí: 21°C
Použité dotyky:1,78mm

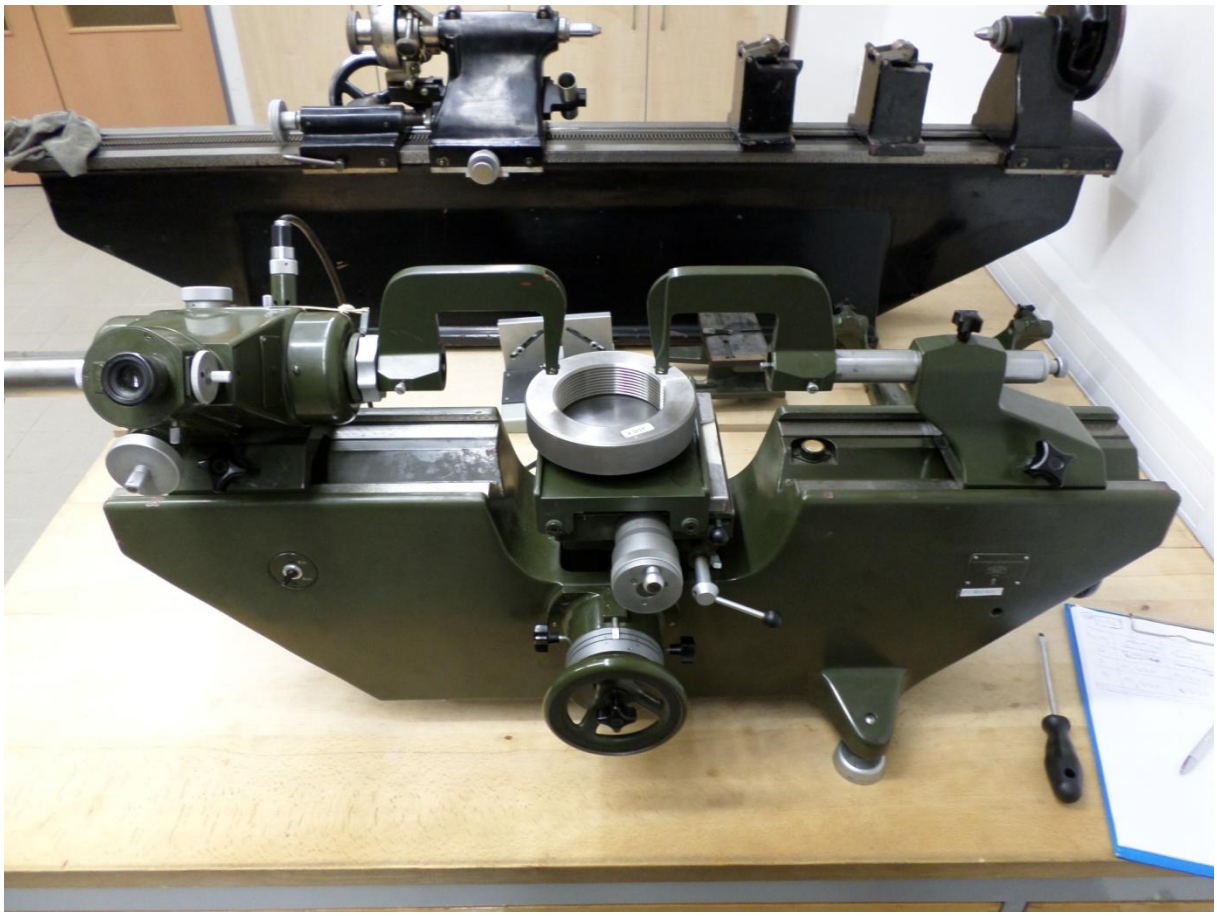


Obrázek 67 Závitový kroužek M 95x3-6h

Zde, nastaly dva problémy. První problém byl ten, že tento držák na měrky nemá spodek, jako u držáku, který byl použit u závitového kroužku M72x6-6h. To bylo vyřešeno, tak že spodní rovná plocha byla nahrazena rovnou deskou stolu. Druhý problém byl, z hlediska umístění simulovaného závitu na měřící přistroj. Problém nastal v pravé oblasti přístroje, protože pravá část držáku měrek, kde je umístěn šroub pro utahování měrek, překážel. Tento problém se vyřešil pomocí pomocné koncové měrky o velikosti 30mm. Díky této úpravě už nenarážela pravá část držáku koncových měrek do pravé oblasti měřicího přístroje.

Obrázek 68 Simulovaný závit v držáku měrek

Obrázek 69 Oblast nebezpečí nárazu

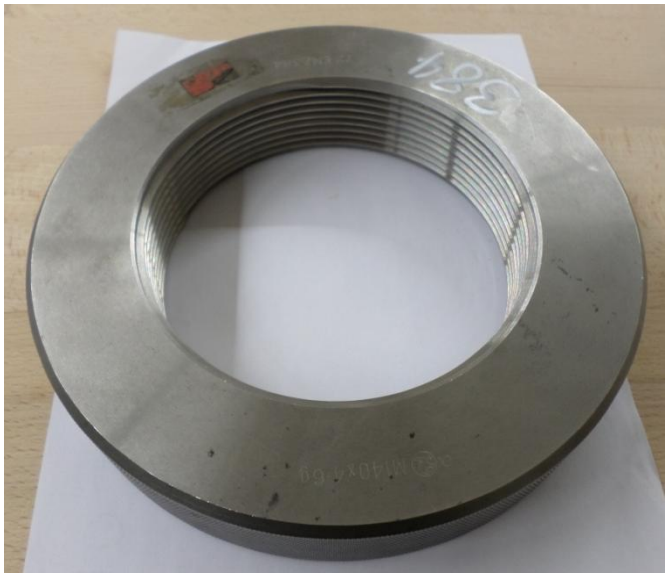


Obrázek 70 Ukázka závitového kroužku na univerzálním délkoměru

Pozn. Výsledky z měření závitového kroužku jsou uvedeny v příloze.

5.5 Závitový kroužek dobrý M140x4-6g

Teplota prostředí: 21°C
Použité dotyky:1,78



Obrázek 71 Závitový kroužek M 140x4-6g

Zde nastal podobný problém jako u měření závitového kroužku M95x3-h6. Problém s narážením pravé části držáku měrek do pravé části přístroje, byl vyřešen tentokrát přidáním koncových měrek (pomocné měrky) o celkové velikosti 80mm. Tím, že byly použity pomocné měrky, tak paradoxně nastal problém na levě straně, kdy pomocné měrky narážely do levé strany měřicího přístroje. Proto se měrky musely poupravit, jak je ukázáno na dolním obrázku.

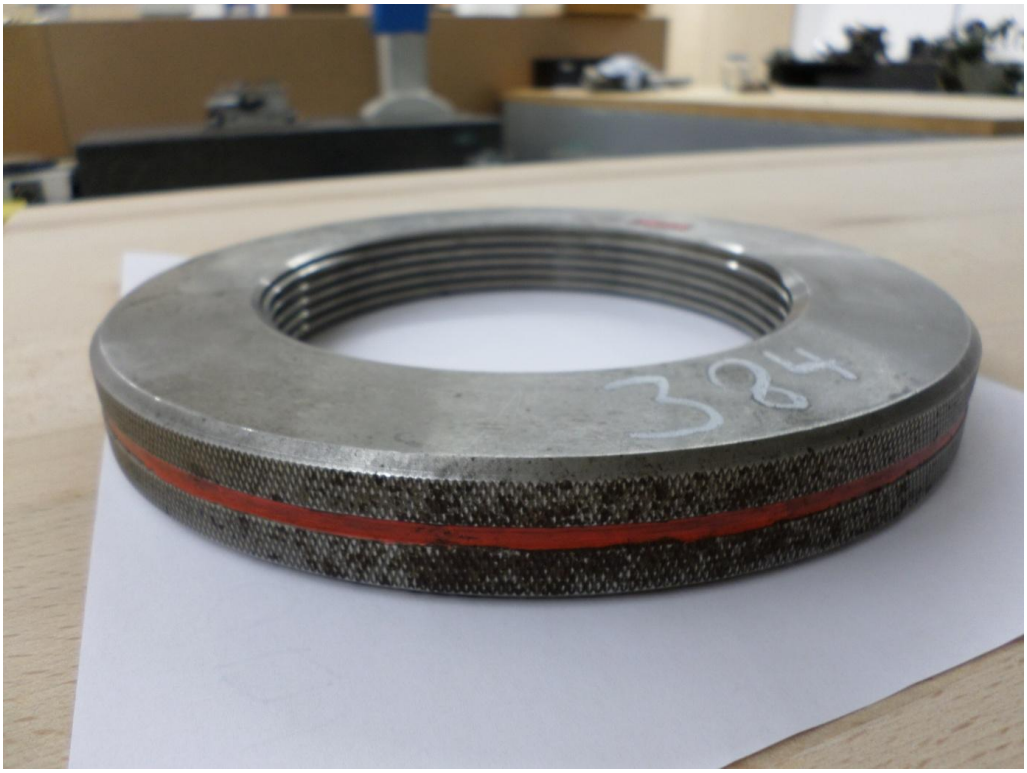
Obrázek 72 Simulovaný závit

Pozn. Výsledky z měření závitového kroužku jsou uvedeny v příloze.

5.6 Závitový kroužek zmetkový M140x4-6g

Teplota prostředí: 21°C
Použité dotyky:1,78

Zde měření a problémy byly stejné jako u závitového kroužku dobrého M140x6-6g
Pozn. Výsledky z měření závitového kroužku jsou uvedeny v příloze.



Obrázek 73 Závitový kroužek M 140x4-6g

Zvolená metodika pro kalibraci závitových kalibračních kroužků se ukázala jako vyhovující. Během měření se vyskytly problémy kvůli narážení simulovaného závitu do měřicího přístroje. Tento problém se dá řešit použitím pomocné měrky. Díky této koncové měrce se celý simulovaný závit posune a nedochází k narážení do univerzálního délkoměru.
Další problém se vyskytl, když se skládal simulovaný závit pro větší závitové kalibrační kroužky. Použitý držák měrek neměl spodní lištu, proto se stůl použil jako náhrada spodní lišty → obtížnější vytvoření simulovaného závitu vlivem horší manipulace koncových měrek. Z tohoto poznatku se doporučuje, aby byly pořízeny popřípadě vyrobeny firmou držáky koncových měrek se spodní lištou.
Standardními plovoucí stoky nebude možné měřit všechny rozměry kalibračních závitových kroužků. Proto je navrhováno, aby firma vytvořila speciální přípravek pro měření kalibračních závitových kroužků, které se nevejdou na standardní plovoucí stolek.
Zjištěné hodnoty během měření závitového kalibračního kroužku neměly velké rozptyly.

6 Závěr

Hlavním cílem této práce bylo vytvoření kalibračního postupu pro kalibraci závitových kalibračních kroužků na univerzálním délkoměru. Metodika kalibrace byla založena na zjištěných poznatcích o kalibraci kalibračních závitových kroužků a měření závitů.
V první části práce se udělala analýza současného stavu ve firmě. Během analýzy se zjišťovali momentální možnosti měření závitů, dále obecné měřicí přístroje ve firmě, softwary pro evidenci měřidel, atd.
Během analýzy se zjistilo, že neexistuje ve firmě metodika stanovování nejistot měření pro kalibraci kalibračních závitových kroužků na univerzálním délkoměru. Proto se musela tato metodika vytvořit. V této době také nebyl do firmy ještě dodán univerzální délkoměr.
V druhé části práce byly rozebrány jednotlivé metody, které se používají pro měření závitů. Dále byla rozebrána obecně metodika určování nejistoty měření. Také je zde dokázáno, že měření závitových kroužků má probíhat naležato, protože měření závitových kroužků nastojato podléhá deformaci od vlastní váhy. Tento problém se týká velkých závitových kroužků a u malých závitových kroužků je zanedbatelný.
V třetí části se práce věnuje přímo náležitostem, které byly nezbytné pro vytvoření kalibračního postupu pro kalibrační závitové kroužky. Z nastudovaných norem se vytvořily výpočty limitních hodnot, podle kterých se určuje, zda kalibrační závitový kroužek je stále vhodný pro kontrolu vnějších závitů. Dále se vytvořila metodika výpočtu standardní nejistoty pro kalibrační závitové kroužky.
Po vytvoření všech částí pro správné provedení a vyhodnocení kalibrace se vytvořil kalibrační postup pro kalibrační závitové kroužky, které se kalibrovaly na univerzálním délkoměru.
Správnost kalibrace podle kalibračního postupu se prováděla pomocí experimentálního měření na univerzálním délkoměru. Bohužel experiment se musel z časových důvodů provádět na ZČU, protože ve firmě nastaly problémy s dodáním univerzálního délkoměru. Experiment mohl být proveden na ZČU, protože do firmy se měl dodat délkoměr stejného typu.
V poslední řadě se vytvořila makra pro snazší výpočet hodnot potřených během provádění a vyhodnocení kalibrace. Makra jsou na přiloženém CD.

Vytvořený kalibrační postup a makra jsou vytvořená pro firmu Doosan Škoda Power, s.r.o.

7 Literatura

[1]Historie-Škoda Power. [online]. [cit. 2014-09-11]. Dostupné z: http://www.doosanskodapower.com/cz/intro/history.do#1859
[2]Historie-Škoda Power. [online]. [cit. 2014-09-11]. Dostupné z: http://www.doosanskodapower.com/cz/intro/history.do#2009
[3]Logo-Doosan Škoda Power. [online]. [cit. 2014-09-11]. Dostupné z: http://www.doosanskodapower.com/cz/intro/skodabrand.do
[4]*Katalog: Mezní měřidla-závitová*. 11.9.2014. Dostupné z: http://www.unimetra.cz/cz/katalog/kalibry-merky-a-sablony/kalibry-zavitove/121-kalibry-zavitove-metricke-trny-zakladni-rada.html
[5]MM Průmyslové spektrum. [online]. [cit. 2014-09-11]. Dostupné z: http://www.mmspektrum.com/clanek/precizni-zavitove-kalibry.html
[6]Kalibrgroup: Závitové třmenové kalibry. [online]. [cit. 2014-09-11]. Dostupné z: http://www.kalibrgroup.cz/zavitove/trmenove.html
[7]Mbcalibr. [online]. [cit. 2014-09-11]. Dostupné z: http://www.mbcalibr.cz/prodej/produkt/363-zavitove-kalibry-6h-/
[8]*Kalibrační postup KP 1.1.6/01/04/N: Mezní závitový kalibr – závitový trn*. Praha: Česká metrologická společnost, 2004. 8 l.
[9] MLČOCH, Lubomír. *Řízení kvality a strojírenská metrologie*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1987, 220 s.
[10]Vize-Doosan Škoda Power. [online]. [cit. 2014-09-11]. Dostupné z: http://www.doosanskodapower.com/cz/intro/vision.do
[11]ČERNOCH, Svatopluk. *Strojně technická příručka I*. 13. vyd. Praha: SNTL, 1977, 1294 s.
[12]ČSN ISO 1502. *Metrické závity ISO pro všeobecné použití-Kalibry a kontrolní kalibry*. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2000.
[13]BC. SILOVSKÝ, Richard. ČESKÁ METROLOGICKÁ SPOLOČNOST. *Tabulky mezních metrických a trubkových závitových trnů*. Plzeň, 2009.
[14] NĚMEČEK, Pavel. *Nejistoty měření*. 1. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2008, 96 s. ISBN 978-80-02-02089-9.
[15] HALVORSON, Michael. *Microsoft Visual Basic 2010: krok za krokem*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2010, 480 s. ISBN 978-80-251-3146-6.
[16] KRÁL, Martin. *Excel VBA: výukový kurz*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2010, 504 s. ISBN 978-80-251-2358-4.
[17] Škoda (podnik). In: *Wikipedie* [online]. 16. 10. 2014 [cit. 2014-11-19]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%A0koda_%28podnik%29
[18] KRÁTKÝ, Vladislav. *Kovarenství na Plzeňsku: Forgin in Pilsen region: in historical photographs : v historických fotografiích*. 1. vyd. Překlad Jan Salzman. Plzeň: Starý most, 2006, 119 s. ISBN 80-239-7527-7.
[19] ČSN ISO 724. *Metrické závity ISO pro všeobecné použití - Základní rozměry*. Český normalizační institut, Praha, 2005.
[20] ČSN ISO 965 -1. *Metrické závity ISO pro všeobecné použití-Tolerance: Část 1: Základní pravidla a údaje*. Český normalizační institut, Praha, 2000.
[21] ČSN ISO 965 -1. *Metrické závity ISO pro všeobecné použití-Tolerance: Část 3: Úchylky závitů*. Český normalizační institut, Praha, 2000.
[22] ČSN ISO 1502. *Metrické závity ISO pro všeobecné použití-Kalibry a kontrolování kalibry*. Český normalizační institut, Praha, 2000.
[23] ČSN 25 4108. *Měření závitů měřícími drátky*. Úřad pro normalizaci a měření, Praha, 1969.

[24] *Determination of Pitch Diameter of Parallel Thread Gauges by Mechanical Probing: EA-10/10* [online]. 2007 [cit. 2015-01-30]. Dostupné z: http://www.euramet.org/fileadmin/docs/Publications/calguides/previous_versions/EURAMET-cg-10-01_Determination_of_Pitch_Diameter.pdf
[25] Laboratórium strojárskej metrológie: univerzálny dĺžkomer. [online]. [cit. 2015-01-31]. Dostupné z: http://web.tuke.sk/smetrologia/lm2.html#ud
[26] ČSN 25 4105. Profil závitu kalibru *ISO pro všeobecné použití-Přehled*. Český normalizační institut, Praha, 1964.
[27] *ISQ-SYSTÉM: manuál* [online]. ISQ PRAHA s.r.o., Březen 2006 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: http://www.isq.cz/isq-system.pdf
[28] ELUC: Měření závitů. [online]. [cit. 2015-03-09]. Dostupné z: http://eluc.cz/verejne/lekce/1109
[29]LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4. dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008, xiv, 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.
[30]EA-4/02. *Vyjadřování nejistot měření při kalibracích*. duben 2014. Dostupné z: http://www.cai.cz/Download.ashx?Type=Document&Id=13498
[31]*Směrnice: ŘÍZENÍ METROLOGIE*. DooSAN Škoda Power, 2014.
[32]*Kalibrační postup: Závitové kroužky*. Doosan Škoda Power.
[33]PETŘKOVSKÁ, Lenka a Lenka ČEPOVÁ. 2012. *Metrologie a řízení kvality*. Vyd. 1. Ostrava: Fakulta strojní VŠB-TUO, 1 CD-ROM. ISBN 978-80-248-2771-1.

8 Přílohy

Příloha č. 1 1

Kalibrační postup kalibračních závitových kroužků

Příloha č. 2 13

Výsledky měření závitového kroužku dobrý M72x6-6h

Příloha č. 3 15

Výsledky měření závitového kroužku dobrý M95x3-6h

Příloha č. 4 17

Výsledky měření závitového kroužku dobrý M140x6-6g

Příloha č. 5 19

Výsledky měření závitového kroužku zmetkový M140x6-6g

Příloha č. 6 21

Popis univerzálního délkoměru

PŘÍLOHA č. 1

Kalibrační postup kalibračních závitových kroužků

Kalibrační postup

Číslo kalibračního postupu: Q 15502-B

ZÁVITOVÉ KALIBRAČNÍ KROUŽKY od Ø58mm

Vypracoval: Bc. Tomáš Trefanec

Kalibrace závitových kroužků

Předmět kalibrace

Kalibrační postup je určen pro kalibraci závitových kroužků.

Evidence

Závitové kroužky jsou opatřeny identifikačním číslem. Evidence a záznam o kalibraci se provádí zadáním do PC (firemního informačního metrologického systému).
Evidenční a kalibrační list minimálně obsahuje:

- Název měřidla
- Identifikační číslo
- Metrologickou návaznost
- Datum kalibrace
- Interval kalibrace
- Vyhodnocení
- Jméno pracovníka, který provedl kalibraci

Prostředky potřebné ke kalibraci

- Univerzální dálkoměr
- Koncové měrky
- Párové měrky
- Čisticí prostředky
- Mazací a konzervační prostředky
- Prostředky pro měření obecných podmínek při kalibraci

Obecné podmínky při kalibraci

Teplota prostředí: 20±1°C
Teplotní rozdíl mezi etalonem a kalibrovaným závitovým kroužkem: max. 1°C
Vlhkost vzduchu: do 70% relat.

Před zahájením kalibrace musí mít kalibrační měřidlo a kalibrační zařízení stejnou teplotu. Aby byla tato podmínka kalibrace dodržena, provádí se temperování uvedených měřidel minimálně 2 hodiny.

Pracoviště

Metrologické středisko útvaru Kontrola jakosti (JK/K).

Příprava před kalibrací

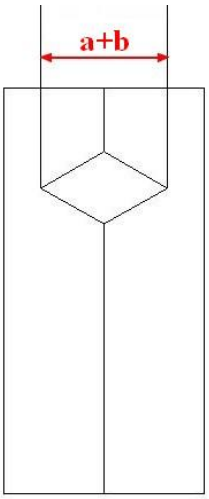
- kontrola evidence
- vizuální kontrola měřidla
- odstranění starého značení

- očištění a odmaštění měřidla
- odmagnetizování měřidla pokud bylo zmagnetizováno

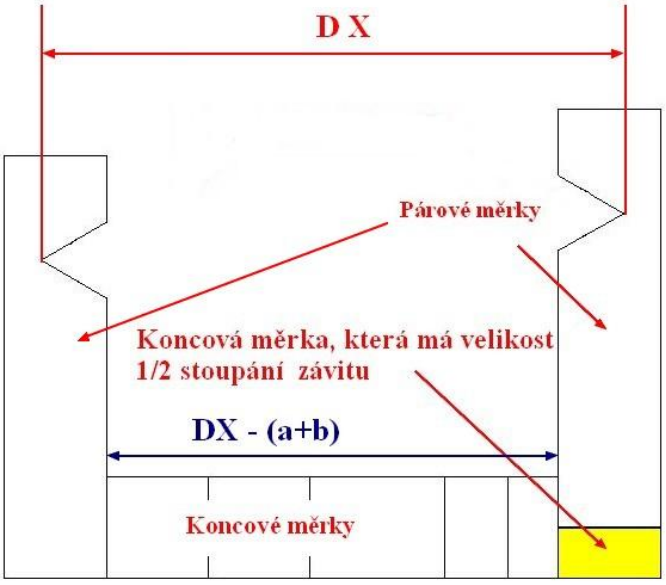
Postup kalibrace

1) Simulace vnitřního závitu.

Vezmou se koncové měrky a speciální měrky (párové měrky) pro měřený závit.
Hodnoty u speciálních měrek dávají dohromady hodnotu a+b=x mm.
Tato hodnota se odečte od průměru závitového kroužku (DX). Z koncových měrek se poskládá výsledná hodnota po odečtení. Tato sestava koncových měrek + párové měrky + měrka pro simulování stoupání závitu se dají do držáku měrek. Tato sestava je nazývaná simulovaný závit. Kompletně sestavený simulovaný závit je znázorněn dole na obrázku.



Párové měrky



Konečná sestava

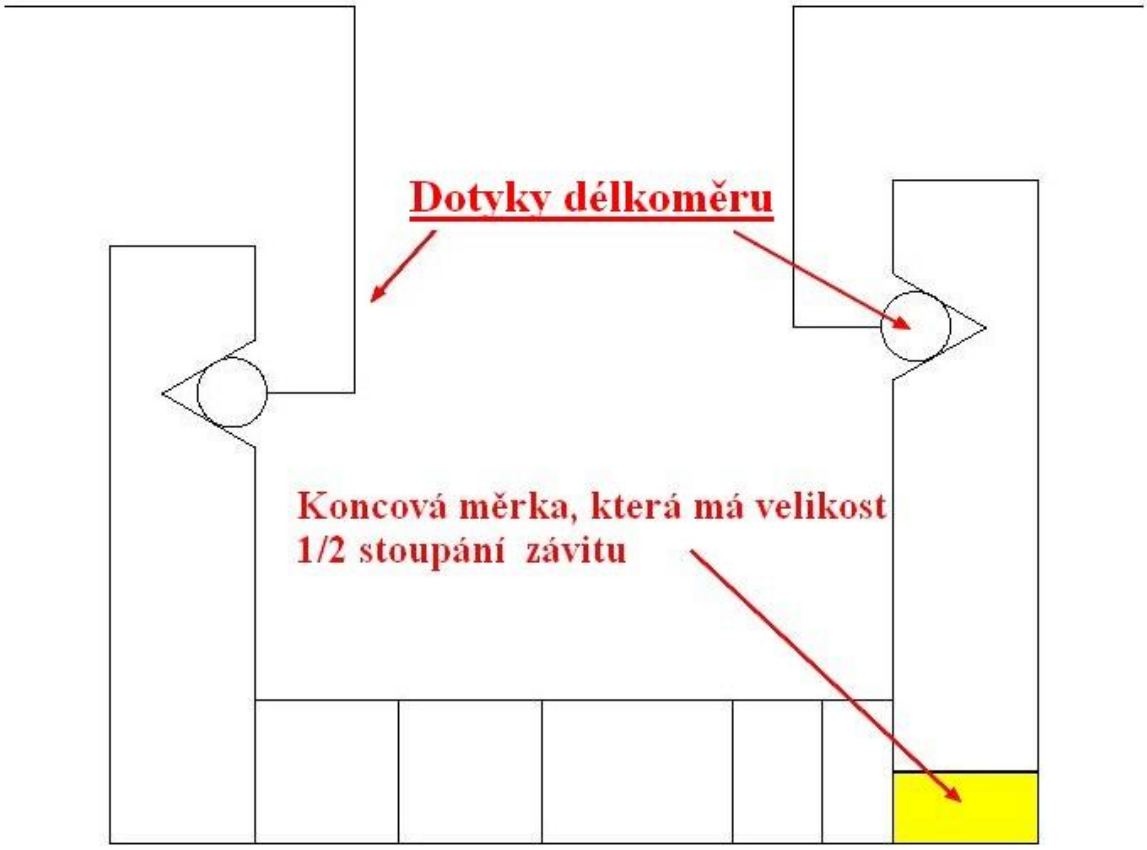
2)Nasazení plovoucího stolku/speciálního přípravku pro velké závitové kalibry
3)Nasazení měřících ramen na přístroj.
4)Osazení měřících ramen správnými dotyky.
Zjištění správných dotyků pomocí makra: Ideální dotyk.xlsm
Nebo přímo ze vzorce:

$$d_0 = \frac{P}{2} \times \frac{1}{\cos\frac{\alpha}{2}}$$

d_0…průměr ideálního dotyku
P…stoupání závitu
α…úhel profilu

5)Měření simulovaného závitu

Na stolek univerzálního délkoměru se umístí simulovaný závit. Stolek se nakloní, tak aby se dotyky dotýkaly ve dvou místech (viz. obrázek dole). Odečte se hodnota, kterou udává délkoměr (hledá se ta nejmenší hodnota), měření se provede 3krát. Potom se dá na stolek kontrolovaný závitový kroužek a odečte se opět hodnota (největší nalezená hodnota).



Umístění měřících dotyků

6)Měření závitového kroužku

Měření na samotném závitovém kroužku se provádí na obou krajích a ve středu kroužku, vždy se provádí třikrát.

Stanovení limitních hodnot

Po zjištění hodnot měřením na měřicím přístroji, se musí vypočítat limitní hodnoty středního průměru. Pro určení limitních hodnot středního průměru jsou potřeba tyto normy:

- ČSN ISO 724
- ČSN ISO 965-1
- ČSN ISO 965-3
- ČSN ISO 1502
- ČSN 25 4105-1
- ČSN ISO 724

Limitní hodnoty se zjistí pomocí (toleranční třídy: e, f, g, h):

- Soubor (makro): Mezní hodnoty závitového kroužku.xlsm
- Soubor (makro): Výpočet limitních hodnot pro M58 až M300 _6g a 6h.xlsm
- Nebo pomocí obecných vzorců, pro výpočet limitních hodnot

Název	Norma
Jmenovitý střední průměr (d_2)	ČSN ISO 724 (Tabulka 1)
Rozteč závitu (P)	ČSN ISO 724 (Tabulka 1)
Tolerance středního průměru (T_{d2})	ČSN ISO 965-1(Tabulka 5-6)
Horní úchylka (es)	ČSN ISO 965-3(Tabulka 1)
Střední toleranční pole (Z_R)	ČSN ISO 1502(Tabulka 4)
Toleranční pole kroužku (T_R)	ČSN ISO 1502(Tabulka 4)
Přípustné opotřebení kroužku (W_{GO})	ČSN ISO 1502(Tabulka 5)
Přípustné opotřebení kroužku (W_{NG})	ČSN ISO 1502(Tabulka 5)

Hodnoty pro stanovení limitních hodnot pro závitové kroužky

a-1) Střední průměr dobrého závitového kroužku

Obecný vzorec:

$$D_{2D} = d_2 - es - ZR \pm \frac{TR}{2}$$

Střední maximální průměr:

$$D_{2Dmax} = d_2 - es - ZR + \frac{TR}{2}$$

Střední minimální průměr:

$$D_{2Dmin} = d_2 - es - ZR - \frac{TR}{2}$$

a-2) Mezní opotřebení-střední průměr dobrého závitového kroužku

$$D_{2Dopotř.} = d_2 - es - ZR + Wgo$$

b-1) Střední průměr zmetkového závitového kroužku

Obecný vzorec:

$$D_{2Z} = d_2 - es - ZR - \frac{TR}{2} \pm \frac{TR}{2}$$

Střední maximální průměr:

$$D_{2Zmax} = d_2 - es - ZR - \frac{TR}{2} + \frac{TR}{2}$$

Střední minimální průměr:

$$D_{2Zmin} = d_2 - es - ZR - \frac{TR}{2} - \frac{TR}{2}$$

b-2) Mezní opotřebení-střední průměr zmetkového závitového kroužku

$$D_{2Zopotř.} = d_2 - es - Td2 - \frac{TR}{2} + Wng$$

Limitní hodnoty se zjistí pomocí (toleranční třídy: Sc, Sd, Sh):

- Soubor (makro): Mezní hodnoty závitových kroužků Sc Sd Sh.xlsm
- Nebo pomocí vzorců z norem ČSN 25 4105-1, ČSN ISO 724

Vyhodnocení měření

Měřením kroužku se získalo devět hodnot. Z těchto hodnot se vypočítá střední průměrná hodnota. Od této hodnoty se odečte hodnota zjištěná ze simulovaného závitu z měrek (opět průměr ze tří měření). Výsledná hodnota po odečtení vyjadřuje, o kolik se kroužek liší od simulovaného závitu. Simulovaný závit se bere jako etalon.
Př.

M20x2-6g

Střední hodnota kroužků je Ds = 56.505 mm

Hodnota simulovaného závitu De=56.765 mm (=střední průměr závitu 8.701mm)
Rozdíl hodnot je 0.26mm→závitový kroužek je menší o 0.26mm→závitový kroužek má velikost středního průměru (střední průměr závitu 18.701mm) 18.441mm

Dále se stanoví nejistota měření viz. *Způsob stanovení nejistoty při kalibraci*.

Nejistota měření nám dá hodnotu nejistoty např. ±0.002mm

Konečná podoba naměřené hodnoty bude např. 18.441±0.002mm. Po stanovení této nejistoty se přichází k vyhodnocení, jestli kroužek spadá mezi intervaly limitních hodnot.

Způsob stanovení nejistoty při kalibraci

Stanovení nejistoty se provádí pomocí souborů (makro):

- Standardní nejistota typu A_závitová kroužek.xlsm
- Standardní nejistota typu B závitový kroužek.xlsm
- Rozšířená standardní nejistota.xlsm

Nebo pomocí obecných vzorců (viz. Příklad dole).

Př.

a) Standardní nejistoty typu A (obecný výpočet)

Hodnoty z měření

	1. poloha	2. poloha	3. poloha	
První kraj	10.5	10.9	10.2	
Druhý kraj	10.1	10	10	
Střed kroužku	10	10	9.9	
Výsledná hodnota měření[mm]				**10.1778**

Střední kvadratická odchylka:

$$s^2 = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^{n} |Xi - \bar{X}|^2$$

s^2…střední kvadratická odchylka
Xi…změřená hodnota
$\bar{X}$…aritmetický průměr
n…počet měření

$$s^2 = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^{n} |Xi - \bar{X}|^2$$

$$= \frac{1}{9} \times \sum_{i=1}^{n} |10.5 - 10.1778|^2 + |10.9 - 10.1778|^2 + \cdots + |9.9 - 10.1778|^2$$

$$s^2 = 0.862222$$

Směrodatná odchylka-obecný vzorec:

$$s = \sqrt{s^2}$$

s…směrodatná odchylka
s^2…střední kvadratická odchylka

$$s = \sqrt{0.862222^2} = 0.309520$$

Standardní nejistoty typu A

$$\boldsymbol{u_A = ka \times \frac{s}{\sqrt{n}}}$$

u_A…standardní nejistota měření
s…směrodatná odchylka
n… počet měření
ka… koeficient závislí na počtu měřen

Koeficient závislý na počtu měření

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	n>10
ka	7	2.3	1.7	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1	1

Koeficient ka

$$\boldsymbol{u_A = 1.2 \times \frac{0.309520}{\sqrt{9}} = 0.12[mm]}$$

b) Standardní nejistoty typu B (konkrétní zdroje nejistoty pro přístroj)

Konkrétní zdroje nejistot, uvedené v tomto příkladu, jsou žádané pro výpočet nejistot pro tento kalibrační postup.

Zdroje nejistoty	zk	odhad(mm)	Typ rozdělení	u_{bx}(mm) (mm)	citlivostní koeficient	příspěvek k nejistotě(mm)	U_B^2
chyba při vnitřním měření	d	0	normálové	0.00105	1	0.00105	0.0000011025
Odchylka vlivem teploty	h	0	rovnoměrné	0.000066395	1	0.000066395	0.000000004408
koncové měrky	f					0.0002475	0.0000000613
Výsledek (mm)					**U_B**	**0.0011**	

Nejistota typu B

Obecný vzorec:

$$U_B = \sqrt{{U_{B1}}^2 + {U_{B2}}^2 + \cdots + {U_{Bx}}^2}$$

Výpočet jednotlivých u_{Bx}:

Chyba při vnitřním měření:

$$\boldsymbol{u_{bl}} = \frac{\boldsymbol{2 + \frac{L}{100}}}{\boldsymbol{1000}} [\boldsymbol{mm}]$$

Nebo podle manuálu stroje, pokud je vzorec jiný.

L…průměr závitového kroužku

Odchylka vlivem teploty:

$$\boldsymbol{u_{bt}} = \frac{L * \alpha * \Delta t}{\sqrt{3}} = \frac{10 * 11.5 * 2 * 10^{-6}}{\sqrt{3}} = 0.000066395\ [mm]$$

L…průměr závitového kroužku

Koncové měrky:

Hodnota této nejistoty se vezme z kalibračního listu.

Výsledná hodnota standardní nejistoty typu B

$$U_B = \sqrt{{U_{B1}}^2 + {U_{B2}}^2 + \cdots + {U_{Bx}}^2} = 0.0011[mm]$$

c) Kombinovaná standardní nejistota (obecný výpočet)

$$u_C = \sqrt{u_A{}^2 + u_B{}^2}$$

u_C…kombinovaná standardní nejistota
u_A…standardní nejistota typu A
u_B… standardní nejistota typu B

$$u_C = \sqrt{0.12^2 + 0.0011^2} = 0.12[mm]$$

d) Rozšířená standardní nejistota (obecný výpočet)

$$U = k_u \times u_C$$

u_C…kombinovaná standardní nejistota
k_u…koeficient rozšíření
U… rozšířená standardní nejistota

$$U = 2 \times 0.12 = \pm 0.24[mm]$$

Schéma návaznosti

Závitové kroužky	Výdejna nářadí, ŠODA POWER a.s.

Schéma návaznosti

Dokumentace

Kalibrační a evidenční list uložený v PV v útvaru Kontrola jakosti

Související předpisy

Směrnice Q 15500 Řízení metrologie
Zákon č.505/1990 Sb. – Zákon o metrologii

Závěrečná ustanovení

Revize tohoto pracovního postupu provádí útvar JK/K
Distribuci tohoto pracovního potupu provádí útvar JK/SP
Pracovní postup vstupuje v platnost dnem jeho vydání

PŘÍLOHA č. 2

Výsledky měření závitového kroužku dobrý M72x6-6h

Formulář měření			
Název/označení kroužku	**Závitový kroužek M72x6-6h**		
Hodnoty ze simulovaného závitu[mm]	**1. měření**	**2. měření**	**3. měření**
	72.313	72.313	72.312
Hodnoty z kroužků[mm]	**1. měření**	**2. měření**	**3. měření**
Horním část	72.335	72.335	72.336
Střední část	72.334	72.334	72.334
Dolní část	72.332	72.335	72.332
Střední hodnota simulo. závitu[mm]	72.313		
Střední hodnota kroužku[mm]	72.334		
Použitý dotyk[mm]	3.14		
teplota prostředí[°C]:	21		
Název	**Hodnota[mm]**		
Jmenovitý střední průměr (d_2)	68.103		
Rozteč závitu (P)	6		
Tolerance středního průměru (T_{d2})	0.375		
Horní úchylka (es)	0		
Střední toleranční pole (Z_R)	0.02		
Toleranční pole kroužku (T_R)	0.03		
Přípustné opotřebení kroužku (W_{GO})	0.033		
Přípustné opotřebení kroužku (W_{NG})	0.025		
Minimální průměr[mm]	68.068		
Maximální průměr[mm]	68.098		
Opotřebení[mm]	68.116		
Výsledný střední průměr záv. kroužku[mm]	68.124		
Hodnocení měření (bez nejistoty měření)	kroužek nelze dále používat		

Tabulka 10

PŘÍLOHA č. 3

Výsledky měření závitového kroužku dobrý M95x3-6h

Formulář měření			
Název/označení kroužku	**Závitový kroužek M95x3-6h**		
Hodnoty ze simulovaného závitu[mm]	**1. měření**	**2. měření**	**3. měření**
	79.958	79.956	79.958
Hodnoty z kroužků[mm]	**1. měření**	**2. měření**	**3. měření**
Horním část	79.965	79.965	79.967
Střední část	79.963	79.963	79.962
Dolní část	79.963	79.963	79.964
Střední hodnota simulo. závitu[mm]	79.957		
Střední hodnota kroužku[mm]	79.964		
Použitý dotyk[mm]	1.78		
teplota prostředí[°C]:	21		
Název	**Hodnota[mm]**		
Jmenovitý střední průměr (d_2)	93.051		
Rozteč závitu (P)	3		
Tolerance středního průměru (T_{d2})	0.28		
Horní úchylka (es)	0		
Střední toleranční pole (Z_R)	0.012		
Toleranční pole kroužku (T_R)	0.023		
Přípustné opotřebení kroužku (W_{GO})	0.0255		
Přípustné opotřebení kroužku (W_{NG})	0.0195		
Minimální průměr[mm]	93.0275		
Maximální průměr[mm]	93.0505		
Opotřebení[mm]	93.0645		
Výsledný střední průměr záv. kroužku[mm]	93.058		
Hodnocení měření (bez nejistoty měření)	kroužek lze dále používat		

Tabulka 11

PŘÍLOHA č. 4

Výsledky měření závitového kroužku dobrý M140x6-6g

Formulář měření			
Název/označení kroužku	**Závitový kroužek D M140x4-6g**		
Hodnoty ze simulovaného závitu[mm]	**1. měření**	**2. měření**	**3. měření**
	61.593	61.593	61.591
Hodnoty z kroužků[mm]	**1. měření**	**2. měření**	**3. měření**
Horním část	61.646	61.646	61.646
Střední část	61.636	61.646	61.646
Dolní část	61.642	61.641	61.641
Střední hodnota simulo. závitu[mm]	61.592		
Střední hodnota kroužku[mm]	61.643		
Použitý dotyk[mm]	1.78		
teplota prostředí[°C]:	21		
Název	**Hodnota[mm]**		
Jmenovitý střední průměr (d_2)	137.402		
Rozteč závitu (P)	4		
Tolerance středního průměru (T_{d2})	0.25		
Horní úchylka (es)	0.06		
Střední toleranční pole (Z_R)	0.012		
Toleranční pole kroužku (T_R)	0.023		
Přípustné opotřebení kroužku (W_{GO})	0.0255		
Přípustné opotřebení kroužku (W_{NG})	0.0195		
Minimální průměr[mm]	137.3185		
Maximální průměr[mm]	137.3415		
Opotřebení[mm]	137.3555		
Výsledný střední průměr záv. kroužku[mm]	137.453		
Hodnocení měření (bez nejistoty měření)	kroužek lze dále používat		

Tabulka 12

PŘÍLOHA č. 5

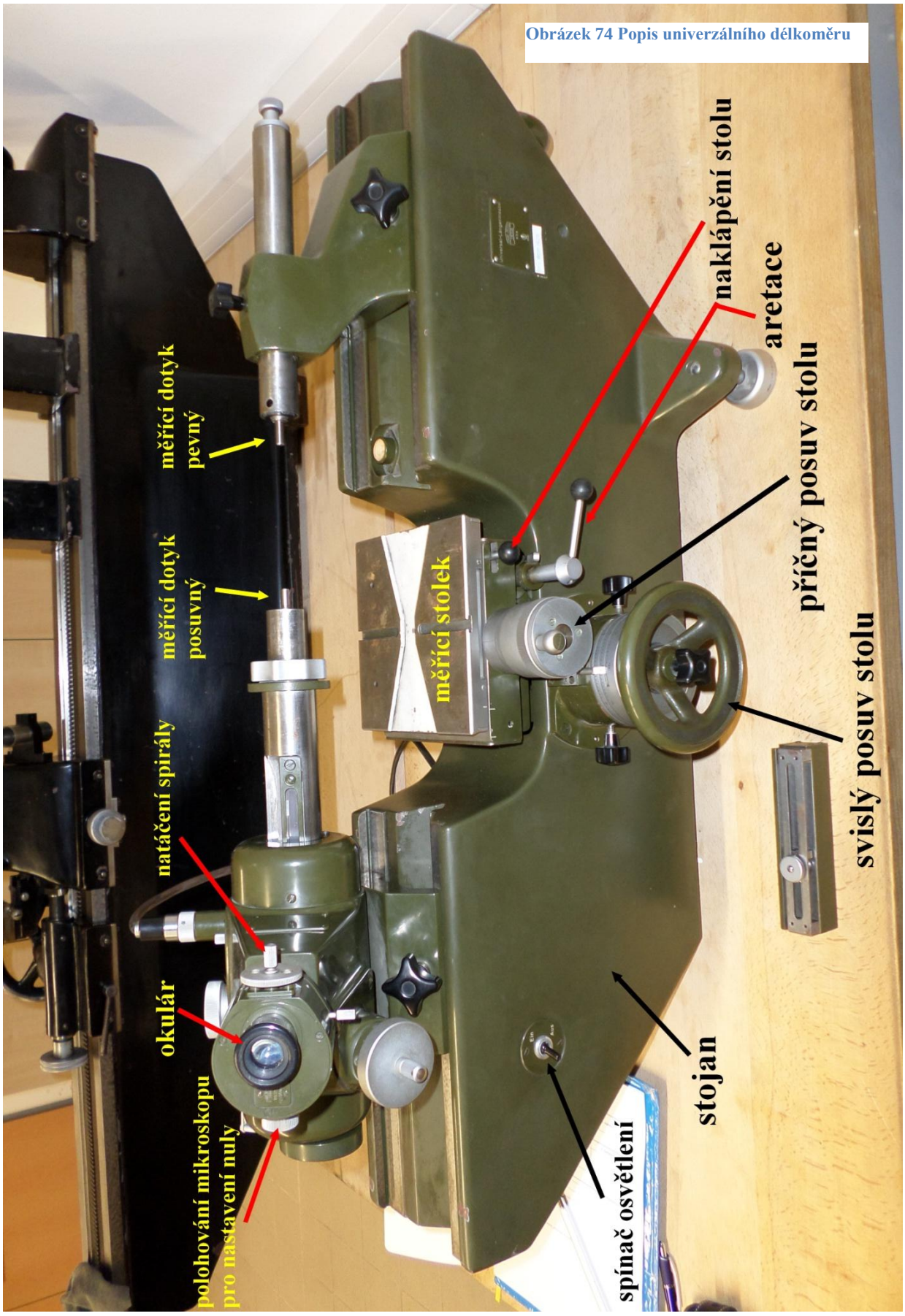
Výsledky měření závitového kroužku zmetkový M140x6-6g

Formulář měření			
Název/označení kroužku	**Závitový kroužek Z M140x4-6g**		
Hodnoty ze simulovaného závitu[mm]	**1. měření**	**2. měření**	**3. měření**
	61.593	61.593	61.592
Hodnoty z kroužků[mm]	**1. měření**	**2. měření**	**3. měření**
Horním část	61.274	61.276	61.276
Střední část	61.276	61.275	61.275
Dolní část	61.275	61.276	61.274
Střední hodnota simulo. závitu[mm]	61.593		
Střední hodnota kroužku[mm]	61.275		
Použitý dotyk[mm]	1.78		
teplota prostředí[°C]:	21		
Název	**Hodnota[mm]**		
Jmenovitý střední průměr (d_2)	137.402		
Rozteč závitu (P)	4		
Tolerance středního průměru (T_{d2})	0.25		
Horní úchylka (es)	0.06		
Střední toleranční pole (Z_R)	0.012		
Toleranční pole kroužku (T_R)	0.023		
Přípustné opotřebení kroužku (W_{GO})	0.0255		
Přípustné opotřebení kroužku (W_{NG})	0.0195		
Minimální průměr[mm]	137.069		
Maximální průměr[mm]	137.093		
Opotřebení[mm]	137.1		
Výsledný střední průměr záv. kroužku[mm]	137.085		
Hodnocení měření (bez nejistoty měření)	kroužek lze dále používat		

Tabulka 13

PŘÍLOHA č. 6

Popis univerzálního délkoměru



Obrázek 74 Popis univerzálního délkoměru

Evidenční list

Souhlasím s tím, aby moje diplomová (bakalářská) práce byla půjčována k prezenčnímu studiu v Univerzitní knihovně ZČU v Plzni.

Datum: Podpis:

Uživatel stvrzuje svým podpisem, že tuto diplomovou (bakalářskou) práci použil ke studijním účelům a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno	Fakulta/katedra	Datum	Podpis