

Kontrola rozměrové stálosti hliníkových vík

Patrik Gurica

Bakalářská práce
2023

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Patrik Gurica
Osobní číslo:	T20154
Studijní program:	B3909 Procesní inženýrství
Studijní obor:	Technologická zařízení
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Kontrola rozměrové stálosti hliníkových vík

Zásady pro vypracování

- Literární rešerše k problematice nejistot měření a rozměrové stability
- Před kontrola výkresové dokumentace a vizuální kontrola dílů
- Provedení analýzy samotných rozměrů
- Následné vyhodnocení naměřených dat pro rozměrovou stálost výrobků

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- ČSN EN ISO 14253-1-Geometrické specifikace produktu (GPS) – Zkouška obrobků a měřidel měřením: Část 1: Pravidla rozhodování pro prokázání shody nebo neshody se specifikacemi. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- ČSN EN ISO 17450-1 – Geometrické specifikace produktu (GPS) – Obecné pojmy: Část 1: Model pro geometrickou specifikaci a ověření. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2022.
- MELOUN, Milan a Jiří MILITKÝ. Kompendium statistického zpracování dat. Praha: Karolinum, 2012. ISBN 978-80-246-2196-8.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Milena Kubišová, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2023**
Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2023**

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

Ing. Martin Bednařík, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 22. února 2023

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá kontrolou geometrických rozměrů hliníkových vík, pro následné statistické zhodnocení jejich stálosti, posouzení odchylek a vhodnosti pro montáž v sériové výrobě. Zaměřovat se bude na vstupní, výrobní a výstupní kontrolu. Dále pak na přípravky a měřicí přístroje, zejména souřadnicový měřicí stroj, a také vlivy určující rozměrovou stálost. V neposlední řadě na přesnosti měření a tolerance.

Klíčová slova: tolerance, měření, kontrola, měřicí přístroj, výkresová dokumentace, chyby měření, nejistota měření, rozměry, vzorek.

ABSTRACT

This works deals with checking the geometric dimensions of aluminum lids, for subsequent statistical evaluation of their stability, assesment of deviations and suitability for assembly in series production. It will focus on input, production and output control. Then on preparations and measuring devices, especially the coordinate measuring machine , as well as influences determining dimensional stability. Last but not least on measurement accuracy and tolerance.

Keywords: tolerance, measurement, control, measuring devices, drawing documentation, measurement errors, measurement uncertainty, dimensions, sample.

Tímto bych chtěl poděkovat všem vyučujícím profesorům zejména pak své vedoucí bakalářské práce Ing. Mileně Kubišové, Ph.D. za pomoc při zhotovování práce, její užitečné rady a odbornou pomoc.

Především patří obrovské poděkování celé mé rodině, která mě motivovala, podporovala a pomáhala mi v průběhu celého mého studia, a měla dostatek trpělivosti při mém pracovním i studijním vytížení.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 PŘESNOST MĚŘENÍ	11
1.1 CHYBY MĚŘENÍ	11
1.1.1 Chyby hrubé	11
1.1.2 Chyby systematické	12
1.1.3 Chyby náhodné.....	12
1.2 NEJISTOTA MĚŘENÍ.....	12
1.2.1 Nejistota řešená metodou typu A (u_A).....	13
1.2.2 Nejistota řešená metodou typu B (u_B).....	14
1.2.3 Kombinovaná standartní nejistota řešená metodou typu C (u_c).....	14
1.2.4 Rozšířená standartní nejistota U.....	14
1.3 TEPLOTNÍ A OBJEMOVÁ ROZTAŽNOST.....	15
1.4 NEČISTOTY	16
2 TOLERANCE A LÍCOVÁNÍ	17
2.1 VŠEOBECNÉ TOLERANCE	17
2.2 TOLEROVANÉ MÍRY A JEJICH ZÁPIS.....	18
2.3 ZÁKLADNÍ POJMY LÍCOVÁNÍ.....	20
2.4 POLOHA TOLERANČNÍCH POLÍ A TOLERANČNÍ STUPNĚ	20
2.5 DRUHY ULOŽENÍ.....	21
2.6 JEDNOTNÁ SOUSTAVA TOLERANCÍ A ULOŽENÍ	23
2.7 GEOMETRICKÁ TOLERANCE.....	24
3 DRSNOST POVRCHU	31
3.1 HODNOCENÍ STRUKTURY POVRCHU.....	31
3.2 PŘEDEPISOVÁNÍ STRUKTURY POVRCHU	33
4 CÍLE PRÁCE	34
II PRAKTICKÁ ČÁST	35
5 ROZMĚROVÁ KONTROLA	36
5.1 PROCES SCHVALOVÁNÍ VZORKŮ.....	36
5.1.1 Před zahájením sériových dodávek.....	36
5.1.2 Specifikace podmínek pro schvalování vzorků.....	36
5.1.3 Ověřování vzorků.....	37
5.1.4 Počet vzorků.....	37
5.1.5 Závěrečná vyjádření	37
5.2 VSTUPNÍ KONTROLA.....	38
5.3 DÍLENSKÁ KONTROLA	40

5.4	VÝSTUPNÍ KONTROLA	42
6	ROZMĚROVÁ KONTROLA NA KONTROLNÍM MĚROVEM STŘEDISKU	44
6.1	PŘÍPRAVA NA MĚŘENÍ	45
6.1.1	Čištění	45
6.1.2	Teperace	45
6.1.3	Kalibrace	46
6.2	MĚŘENÍ HLINÍKOVÝCH VÍK.....	49
6.2.1	Specifikace měřících přístrojů.....	49
6.2.2	Upevnění vík při měření.....	51
6.2.3	Souřadnicový měřicí stroj	52
6.2.4	Měření drsnosti.....	57
6.3	VYHODNOCENÍ DAT.....	59
6.3.1	Naměřené hodnoty první série	60
6.3.2	Analýza naměřených hodnot první série.....	63
6.3.3	Naměřené hodnoty druhé série.....	65
6.3.4	Analýza naměřených hodnot druhé série	68
6.3.5	Naměřené hodnoty třetí série	69
6.3.6	Analýza naměřených hodnot třetí série.....	72
6.3.7	Naměřené hodnoty čtvrté série.....	73
6.3.8	Analýza naměřených hodnot čtvrté série	76
6.3.9	Celkové hodnocení měření všech sérií.....	77
	ZÁVĚR	78
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	79
	SEZNAM OBRÁZKŮ	81

ÚVOD

Účelem této práce je posouzení rozměrových charakteristik hliníkových vík, a jejich shoda s předepsanou výkresovou dokumentací. Bude se také zaměřovat na vlivy ovlivňující rozměrovou stálost, správnost měření a jednotlivé typy kontroly. Pro zajištění co největšího počtu dat je měřeno deset hliníkových vík ze tří sérií výroby.

Každý artikl využívaný v sériové výrobě prochází procesem kontroly, která začíná už s převzetím zboží od dodavatele, tzv. vstupní kontrola. Zde je posouzena prvotní vhodnost materiálu pro následné užití ve výrobě.

Materiál, v tomto případě hliníkový obrobek, pokračuje k následným obráběcím operacím, kde dochází k dalším nezbytným úpravám, potřebným k dosažení požadovaného tvaru. V této fázi dochází k další kontrole, a to z důvodu možnosti okamžitého zastavení výroby, v případě neshody s výkresovou dokumentací, aby mohlo dojít k nápravě a eliminaci dalších závad.

Poslední fází výroby je samotná montáž, po které je provedena výstupní kontrola, jejímž účelem je především posouzení funkčnosti produktu a rozměrové přesnosti požadované ze strany zákazníka.

V průběhu celého procesu jsou využívána komunální měřidla a přípravky na jednotlivých pracovištích, i zapojení metrologického střediska pro přesnější měření.

Závěrem je zhotovena statistika, jenž udává počet neshod na jednotlivých pracovištích, aby mohla být provedena náprava pro zefektivnění výroby.

KMS (kontrolní metrologické středisko) hraje zásadní roli při změně dodavatele, či úpravách na dodávaném zboží. V takovém případě je nutno při převzetí materiálu dělat tzv. vzorování. To je kontrola všech výkresových rozměrů, na základě výsledků se rozhoduje, zda bude materiál uvolněn, či reklamován.

Pro účely této práce však budou měřeny pouze „hvězdičkové“ míry, což jsou funkční míry ve výkresové dokumentaci.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PŘESNOST MĚŘENÍ

Tato kapitola se věnuje především vlivům, které mají přímý dopad na správnost výsledků, jako jsou chyby měření, nejistota měření, vliv prostředí a nečistot na geometrii materiálu. A samozřejmě také na tolerance, které jsou předepsány výkresovou dokumentací, bez nichž není možné přesně vyrábět a analyzovat případné změny a odchylky.

1.1 Chyby měření

Při měření a kontrole rozměrů není zcela možné vyloučit chyby a nejistoty měření, důsledkem těchto chyb je jistá rozdílnost mezi naměřenou a skutečnou hodnotou. Příčiny těchto chyb se dají rozdělit do několika skupin.

- Chyby měřicích přístrojů
- Chyby metodiky měření
- Chyby způsobené pozorováním (lidským faktorem)
- Chyby způsobené vnějšími faktory a okolními vlivy.

Z hlediska opakovatelnosti chyb, výši vlivu na naměřenou hodnotu, a možnosti eliminace chyby se dále rozlišují chyby na: [1] [2]

- Hrubé
- Systematické
- Náhodné

1.1.1 Chyby hrubé

Chyby hrubé se projevují velmi vyjimečně, jejich nejčastější příčinou je lidský faktor. Špatné odečtení výsledku měření, nesprávné zacházení s měřicím přístrojem, či nastavení měřicích podmínek. Případně selhání měřicího přístroje.

Tato hodnota se zásadně liší od ostatních naměřených hodnot, a je třeba ji vyloučit, aby nezkreslovala výsledek. [1] [2]

1.1.2 Chyby systematické

Tato chyba se přičítá, nebo je násobkem měřené hodnoty, a je ovlivňována většinou jedním směrem. Z toho důvodu se dá také početně ovlivnit, pokud známe její hodnotu, a určit správnou hodnotu měření.

Největším problémem je její zjištění, a udání její velikosti. [1] [2]

1.1.3 Chyby náhodné

Jde o součet malých chyb, které ovlivňují výslednou hodnotu. Z jednoho měření není možné náhodnou chybu stanovit. Musíme ji tedy určit opakovaným měřením a statistickými metodami.

Minimální počet opakovaných měření je 5-10. Maximální limit opakování je omezen pouze náklady spojenými s měřením. Při více jak stém opakování měření se výsledek však již nepřesňuje. [1] [2]

1.2 Nejistota měření

Pro každé měření je nutné stanovit nejistotu měření U . Jedná se o komplexnější posouzení měření, kde se uvažuje celý komplexní řetězec (etalon, měřidlo, postup kalibrace, rušivé vlivy...), a určuje se rozmezí hodnot, ve kterém se nachází skutečná naměřená hodnota. Při určování nejistot měření vycházíme z pravděpodobnosti a statistiky. [3] [4]

Dle charakteru rozlišujeme dvě nejistoty:

- Nejistota řešená metodou typu A
- Nejistota řešená metodou typu B
- Kombinovaná standartní nejistota řešená metodou typu C
- Rozšířená standartní nejistota U .

1.2.1 Nejistota řešená metodou typu A (u_A)

Jsou to nejistoty získané statistickými metodami z naměřených údajů. A s rostoucím počtem měření jejich hodnoty klesají. Jsou způsobeny mnoha malými náhodnými vlivy, podobně jako náhodné chyby. Počet měření by měl být větší než deset, poté je možné nejistotu kvantifikovat podobně, jako v případě chyb.

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

Při menším počtu násobíme chybu koeficientem k_A , jelikož se zmenšujícím se počtem měření n také klesá věrohodnost nejistoty měření.

Tabulka 1 Tabulka koeficientu k_A , pro menší počet měření než 10

počet měření n	10	9	8	7	6	5	4	3	2
koeficient k_A	1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,7	2,7	7

$$u_{Ax} = k_s * s_{\bar{x}} \quad (2)$$

Pokud interval nejistoty měření u_A vynásobíme konstantou k_s , pak mluvíme o rozšířených nejistotách. Pro $k_s=2$ do intervalu spadá 95% hodnot z n měření. Pro $k_s=3$ je to 99,7% hodnot. A pro $k_s=1$ je to 68% hodnot. [2] [5]

I když existuje mnoho forem vyhodnocení nejistoty typu A, jako například zahrnující několik současně měřených veličin a případy zahrnující komplexní proměnné, kanonický a nejběžnější příklad vyhodnocení nejistoty typu A v metrologii je následující. Máme vzorek n (skutečných) pozorování, u nichž se předpokládá, že jsou distribuována nezávisle jako μ , kde μ je (neznámý) průměr populace, zatímco σ^2 je (neznámý) rozptyl populace. Zde u měření typu A označujeme μ jako měřenou veličinu $x=[x_1...x_n]$. [6]

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (3)$$

1.2.2 Nejistota řešená metodou typu B (u_B)

Tyto nejistoty nemají náhodný charakter a vyskytují se vždy při opakovaných měřeních. Stanovují se z charakteru měření, ne statistickým výpočtem. Při jejich určování odhadujeme maximální rozsah odchylek od naměřené hodnoty tak, aby v něm skutečná hodnota ležela.

Využíváme všech dostupných údajů, jako jsou údaje výrobce, technické údaje, či zkušenosti z předchozích měření. [2] [4]

1.2.3 Kombinovaná standartní nejistota řešená metodou typu C (u_c)

Kombinovaná standartní nejistota je kombinací metody typu A i B, a udává interval, ve kterém se s poměrně velkou pravděpodobností může vyskytovat skutečná hodnota měřené veličiny.

$$u_{cx} = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (4)$$

Tato metoda však udává pouze 68% pravděpodobnost správného výsledku, a proto se zavádí rozšířená standartní nejistota U. [2] [4]

1.2.4 Rozšířená standartní nejistota U

Je využívána velmi často, jelikož poskytuje mnohem větší pravděpodobnost správného výsledku měření. Kombinovanou standartní nejistotu měření u_c násobíme koeficientem rozšíření k_u , tato velikost se pohybuje v rozmezí 2-3.

$$U_x = k_u * u_{cx} \quad (5)$$

Pro $k_u = 2$ je pravděpodobnost pokrytí asi 95%, pro $k_u = 3$ je pravděpodobnost 99,7%. [2] [4]

1.3 Teplotní a objemová roztažnost

Největší vliv na změnu geometrických rozměrů a objemu v praxi má teplota prostředí, která ovlivňuje samotnou teplotu měřeného materiálu, a jeho tepelnou roztažnost. Proto je nutné přesná měření provádět v metrologických laboratořích, kde je předepsaná teplota prostředí, kterou zajišťuje klimatizace.

Pro účely této práce bylo provedeno několik měření, aby se zjistilo kolísání rozměrů při různých teplotách. Díly byly důkladně očištěny a sondy na souřadnicovém měřicím stroji zklalibrovány. První měření bylo provedeno za běžné pokojové teploty 24°C, druhé měření za teploty předepsané v laboratoři, a to 20°C.

Pro posouzení geometrické stálosti v této práci, jsou měřeny především průměry a délkové rozměry, tudíž bude využita teplotní délková roztažnost. [2] [7]

- l – délka
- l_0 – původní délka
- α – součinitel délkové teplotní roztažnosti
- ΔT – změna teploty

$$l = l_0(1 + \alpha * \Delta T) \quad (6)$$

Zde je uveden teoretický výpočet změny délky při různých teplotních podmínkách.

Součinitel délkové teplotní roztažnosti hliníku je $\alpha = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ [K}^{-1}\text{]}$

Zkoumaná délka $l_0 = 59 \text{ mm}$

Původní teplota 24°C $\approx 297,15 \text{ K}$

Nová teplota 20°C $\approx 293,15 \text{ K}$

$$l = 59(1 + 2,4 * \Delta T) = 59,00566 \text{ mm} \quad (7)$$

Stačí tedy rozdíl 4°C na to, aby byl délkový rozdíl 0,00566 mm.

To je nutno brát v úvahu především při vstupní a výrobní kontrole, kde jsou teploty vyšší, než na měrovém středisku s předepsanou teplotou 20°C, kde jsou víka ještě řádně vytemperovány.

1.4 Nečistoty

Dalším důvodem nepřesnosti výsledků měření mohou být různé nečistoty, ať už zanesené vlivem transportu při dopravě, nebo jako špony po obrábění. Z toho důvodu je před měřením nutné kusy očistit. K tomu je používán nejčastěji technický líh, benzín, případně aceton. Při kontrole přímo ve výrobě jsou již opláchnuté kusy zbaveny vody a nečistot proudem vzduchu.

Netýká se to však jen materiálu, ale je nutné dbát na čistotu i u měřidel a kalibrů. Patrný vliv nečistot je i při kalibraci sondy souřadnicového měřicího stroje. Proto je nutné i rubínový hrot sondy před kalibrací vždy řádně vyleštit. [8]

2 TOLERANCE A LÍCOVÁNÍ

Vzhledem k tomu, že je výsledná sestava složena z mnoha dalších podsestav a dílů, které do sebe vzájemně musí pasovat. Je nutné volit rozměry tak, aby byl styk mezi těmito díly správný, a díly byly vyměnitelné.

Proto je nutno dodržet tyto meze z hlediska:

- Úchylky rozměrů
- Úchylky tvaru
- Úchylky vzájemné polohy
- Úchylky drsnosti povrchu

Reálné rozměry vyrobených součástí se vždy liší od těch ideálních a je nemožné je vyrobit s absolutní přesností. Z toho důvodu se předepisuje ve výkresech dovolená nepřesnost. Ta se týká především funkčních ploch daného dílu, tzn. ploch, kde dochází ke styku s jinou plochou, aby mohla výsledná sestava správně fungovat. Pro předepisování vzájemného vztahu těchto ploch, které do sebe usedají, nebo jsou na sebe napasovány, se používá název *lícování*. [9] [10]

2.1 Všeobecné tolerance

Jde rozměry, které nejsou funkční, nejsou na ně tedy kladeny velké požadavky na přesnost a kvalitu plochy. Tyto tolerance předepisuje norma ISO 2768 – x, která udává třídy přesnosti rozměrů, které nejsou určeny individuálně. [9] [10]

Tabulka 2 Mezní úchylky délkových rozměrů

Třída přesnosti		Mezní úchylky pro základní rozsah rozměrů							
Označení	Název	0,5 do 3	přes 3 do 6	přes 6 do 30	přes 30 do 120	přes 120 do 400	přes 400 do 1000	přes 1000 do 2000	přes 2000 do 4000
f	jemná	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	střední	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	hrubá	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	velmi hrubá	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

Tabulka 3 Mezní úchytky zkosení a zaoblení

Třída přesnosti		Mezní úchytky pro základní rozsah rozměrů		
Označení	Název	0,5 do 3	přes 3 do 6	přes 6
f m	jemná střední	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	± 1
c v	hrubá velmi hrubá	$\pm 0,4$	± 1	± 2

Tabulka 4 Mezní úchytky úhlových rozměrů

Třída přesnosti		Mezní úchytky pro základní rozsah rozměrů		
Označení	Název	0,5 do 3	přes 3 do 6	přes 6
f	jemná	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	± 1
m	střední	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	± 1
c	hrubá	$\pm 0,4$	$\pm 1,0$	$\pm 2,0$
v	velmi hrubá	$\pm 0,4$	$\pm 1,1$	$\pm 2,0$

V případě, že ve výkrese není předepsána třída přesnosti, automaticky se volí střední třída přesnosti *m*. [10] [11]

2.2 Tolerované míry a jejich zápis

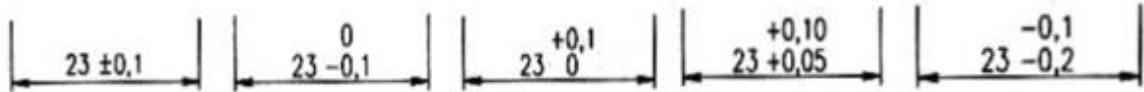
Přesnost, životnost a správná funkce strojů a mechanismů vyžaduje, aby jejich součásti byly vyrobeny a sestaveny s určitou přesností. Tu ovlivňuje především k čemu je stroj určen. Větší důraz na přesnost je kladen u automobilového či leteckého průmyslu, což ovlivňuje i zvýšení nákladů na výrobu. Menší přesnosti jsou u zemědělských a důlních strojů. Znalost tolerancí je nutná pro tvoření výkresové dokumentace.

U funkčních rozměrů s vysokou přesností se předepisují tolerance pomocí:

- Mezních úchylek
- Mezních rozměrů
- Tolerančních značek

Mezní úchytky

Jde o číselné vyjádření mezní hodnoty, která definuje maximální nepřesnost součásti.



Obrázek 1 Příklad zápisu mezních úchylek

Mezní rozměry

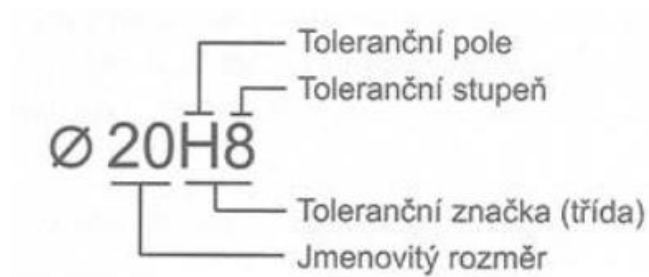
Definují minimální a maximální rozměry součástí.



Obrázek 2 Příklad zápisu mezních rozměrů

Toleranční značky

Určuje polohu tolerančního pole vůči nulové čáře jmenovitého rozměru, doplněného o toleranční stupeň. [10] [11]



Obrázek 3 Příklad zápisu toleranční značky

2.3 Základní pojmy lícování

- *Jmenovitý rozměr* – jde o ideální rozměr určený výkresovou dokumentací
- *Mezní rozměr* – jde o krajní dovolené hodnoty prvku
- *Skutečný rozměr* – rozměr zjištěný měřením
- *Horní mezní rozměr (HMR)* – největší dovolený rozměr prvku
- *Dolní mezní rozměr (DMR)* – nejmenší dovolený rozměr prvku
- *Úchylka* – algebraický rozdíl mezi mezním a jmenovitým rozměrem
- *Horní mezní úchylka* – rozdíl mezi HMR a jmenovitým rozměrem
- *Dolní mezní úchylka* – rozdíl mezi DMR a jmenovitým rozměrem
- *Tolerance* – rozdíl mezi horním a dolním mezním rozměrem
- *Normalizovaná tolerance* – tolerance patřící do systému ISO
- *Nulová čára* – zobrazuje jmenovitý rozměr
- *Toleranční pole* – prostor mezi HMR a DMR, udává se vzhledem k nulové čáře
[10] [11]

2.4 Poloha tolerančních polí a toleranční stupně

Polohy tolerančních polí se vzhledem ke jmenovité hodnotě se v soustavě ISO předepisují velkými a malými písmeny abecedy. Toleranční pole děr se označuje velkými písmeny, zatímco toleranční pole hřídelí malými. Kvůli přesnosti výroby máme 20 stupňů přesnosti.

Příklady využití:

IT01 - IT4 – výroba měřidel a kalibrů

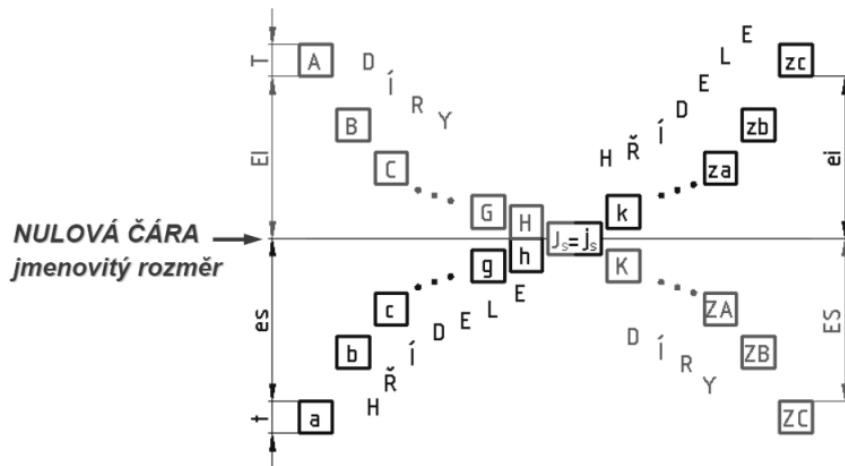
IT3 - IT7 – výroba ložisek a zbraní

IT5 - IT11 – přesné a všeobecné strojírenství

IT11 - IT16 – výroba polotovarů

IT13 - IT18 – kovové konstrukce

Čím je toleranční stupeň nižší, tím jsou přísnější požadavky na přesnost výroby a náklady s ní spojené. [12]



Obrázek 4 Toleranční pole

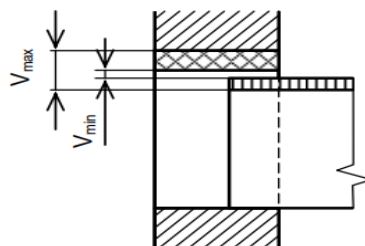
Sloučením písmene určujícího toleranční pole a čísla určujícího toleranční stupeň získáme toleranční značku. [10] [12]

2.5 Druhy uložení

Uložení jsou tvořena prvky dvou součástí, z nichž jeden je díra a druhý hřídel.

Přičemž ani jeden z těchto prvků nemusí mít kruhový průřez. Charakter uložení je dán předpisem společného jmenovitého rozměru a mezních úchylek.

- **Uložení s vůlí** – jde o uložení, které vždy poskytuje vůli mezi dírou a hřídelí. Skutečný průměr hřídele je vždy menší nebo roven skutečnému průměru díry. Patří sem i uložení s vůlí rovnou nule.



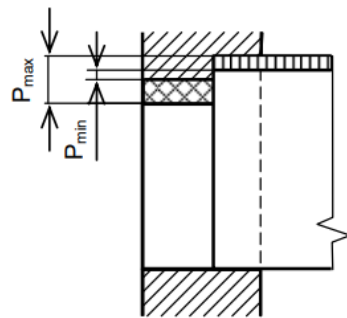
Obrázek 5 Příklad uložení s vůlí

Výpočet maximální a minimální vůle:

$$v_{max} = HMR - dmr \quad (8)$$

$$v_{min} = DMR - hmr \quad (9)$$

- **Uložení s přesahem** – jde o uložení, které poskytuje vždy přesah mezi dírou a hřídelí. Horní mezní rozměr díry je vždy menší, v extrémních případech roven, dolnímu meznímu rozměru hřídele.



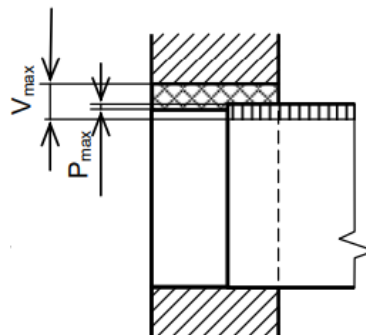
Obrázek 6 Příklad uložení s přesahem

Výpočet maximálního a minimálního přesahu:

$$p_{max} = hmr - DMR \quad (10)$$

$$p_{min} = dmr - HMR \quad (11)$$

- **Uložení přechodné** – při tomto uložení může nastat jak vůle, tak přesah.



Obrázek 7 Příklad přechodného uložení

Výpočet maximálního přesahu a vůle: [10]

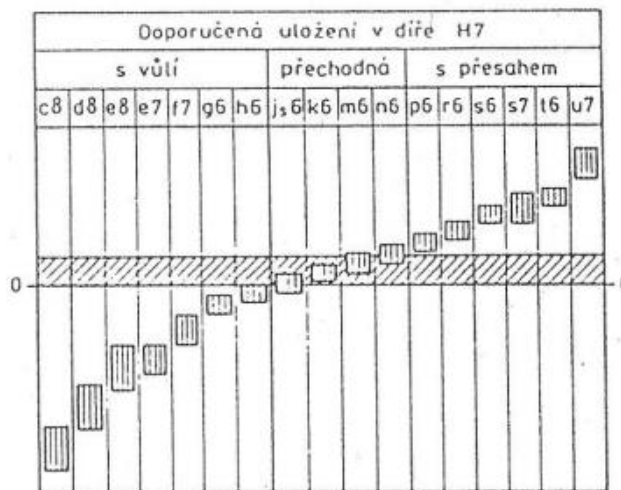
$$p_{max} = hmr - DMR \tag{12}$$

$$v_{max} = HMR - dmr \tag{13}$$

2.6 Jednotná soustava tolerancí a uložení

Uložení jsou volena z hlediska funkce a také nákladů spojených s výrobou, tedy požadovanou přesností. Doporučují se dva typy sdružování děr a hřídelí:

- **Uložení v soustavě jednotné díry** – je ekonomicky nejvíce výhodné, a dosahuje se různých vůlí a přesahů spojováním různých hřídelů s dírou H , která má dolní úchylku nulovou.



Obrázek 8 Uložení v soustavě jednotné díry

- **Uložení v soustavě jednotného hřídele** – požadovaných vůlí či přesahů dosahujeme spojováním různých děr s hřídelí h , která má horní úchylku nulovou.



Obrázek 9 Uložení v soustavě jednotného hřídele

- *Uložení smíšené* – toto uložení se využívá spíše výjimečně.

Nejčastěji se využívá soustava jednotné díry, protože různé velikosti hřídelů se dají vyrobit snáze, než průměry děr. [10] [13]

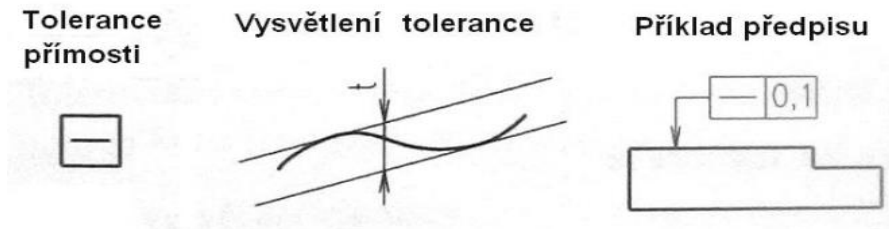
2.7 Geometrická tolerance

Mezní úchytky rozměrů se předepisují k přesným geometrickým tvarům. Vyrobené součásti však nemají přesný geometrický tvar ani přesné rozměry. Proto jsou potřebné tolerance i na geometrický tvar součásti a jeho polohu. [14] [15]

Tabulka 5 Příklady dalších tolerancí polohy a tvaru.

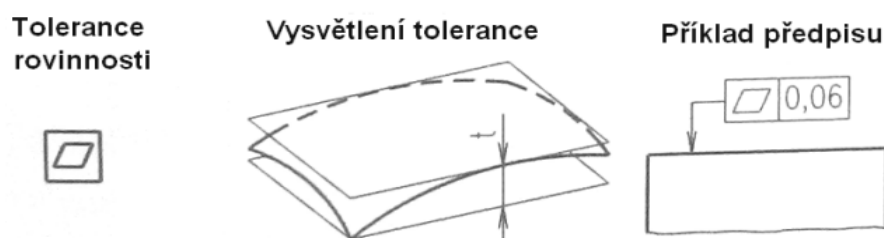
tolerance tvaru	tolerance přímosti	-
	tolerance rovinnosti	
	tolerance kruhovitosti	
	tolerance válcovitosti	
	tolerance profilu podélného řezu	=
tolerance polohy	tolerance rovnoběžnosti	//
	tolerance kolmosti	
	tolerance sklonu	
	tolerance souososti	
	tolerance souměrnosti	
	tolerance jmenovité polohy prvku	
	tolerance různoběžnosti os	x
souhrnné tolerance tvaru a polohy	tolerance obvodového házení tolerance čelního házení tolerance házení v daném směru	
	tolerance úplného obvodového házení tolerance úplného čelního házení	
	tolerance tvaru daného profilu tolerance tvaru dané plochy	

Tolerance přímosti - tolerance je vyhovující, když skutečná přímka leží mezi 2 rovnoběžnými přímkami – vzdálenost těchto dvou rovnoběžných přímek je hodnota tolerance. [15] [16]



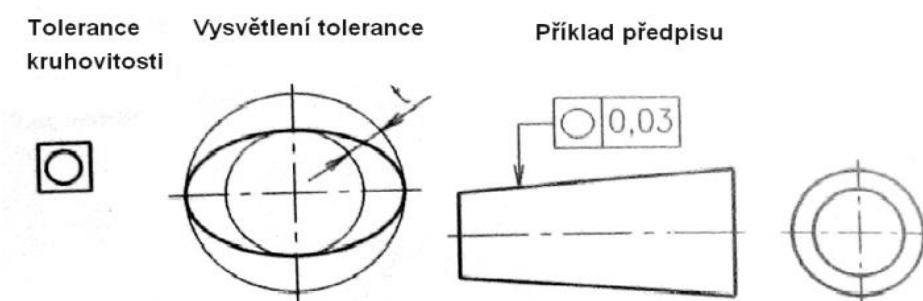
Obrázek 10 Tolerance přímosti

Tolerance rovinnosti – tolerance je vyhovující, pokud skutečná plocha leží mezi 2 rovnoběžnými plochami – vzdálenost těchto dvou rovnoběžných ploch je hodnota tolerance. [15] [16]



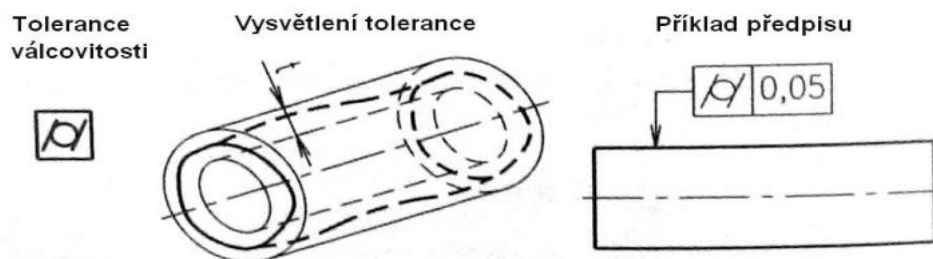
Obrázek 11 Tolerance rovinnosti

Tolerance kruhovitosti – tolerance je vyhovující, pokud skutečný profil leží mezi 2 soustřednými kružnicemi – rozdíl průměrů soustředných kružnic je hodnota tolerance. [15] [16]



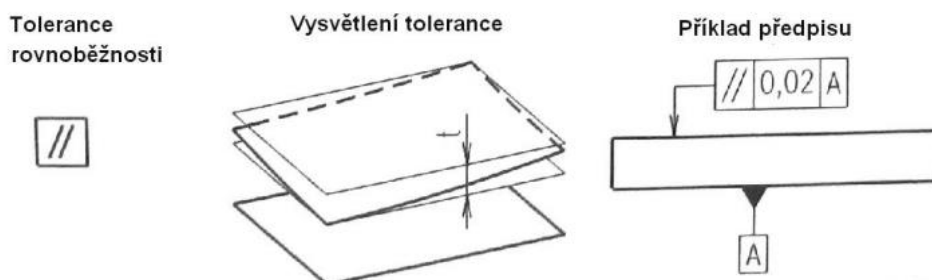
Obrázek 12 Tolerance kruhovitosti

Tolerance válcovitosti – tolerance je vyhovující, pokud skutečná válcová plocha leží mezi 2 soustřednými válci – rozdíl průměrů soustředných válců je hodnota tolerance. [15] [16]



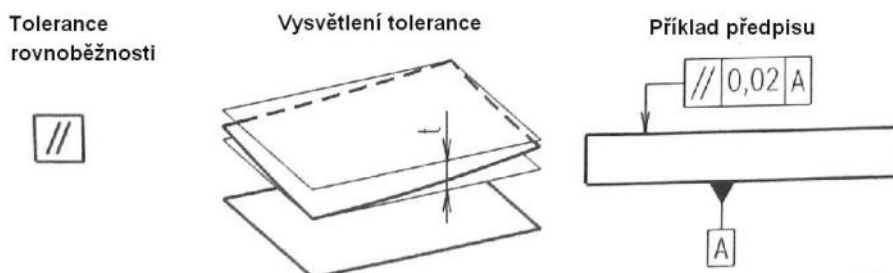
Obrázek 13 Tolerance válcovitosti

Tolerance rovnoběžnosti – tolerance je vyhovující, pokud skutečná plocha leží mezi 2 rovnoběžnými plochami – vzdálenost těchto ploch udává toleranci. [15] [16]



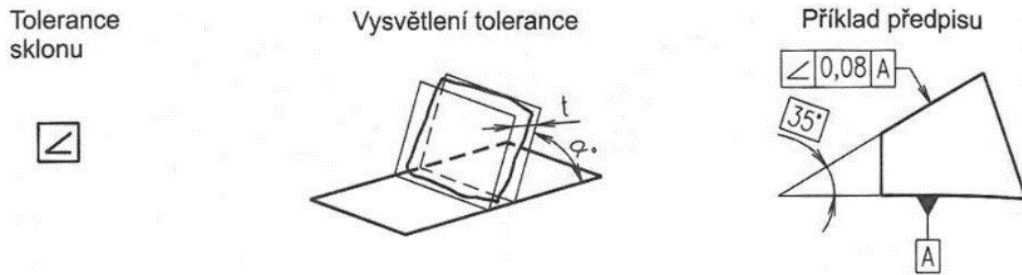
Obrázek 14 Tolerance rovnoběžnosti

Tolerance kolmosti – tolerance je vyhovující, pokud skutečná plocha leží mezi 2 rovinami kolnými na rovinu základní – vzdálenost rovnoběžných rovin kolných na základní rovinu udává toleranci. [15] [16]



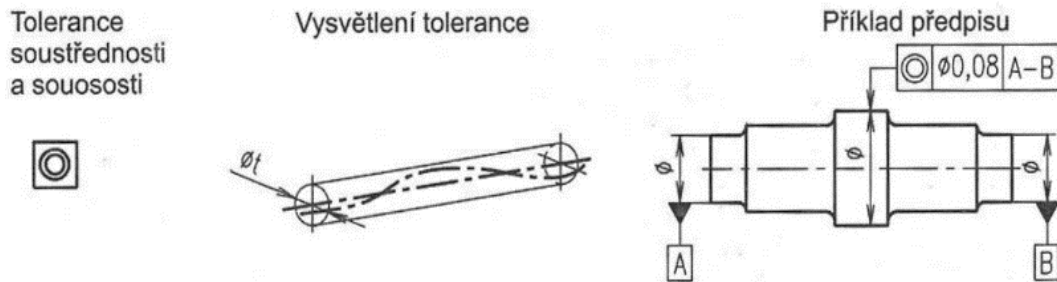
Obrázek 15 Tolerance kolmosti

Tolerance sklonu – tolerance je vyhovující, pokud skutečná plocha leží mezi 2 rovinami nakloněnými na rovinu – vzdálenost rovnoběžných rovin nakloněných o úhel α k základní rovině je hodnota tolerance. [15] [16]



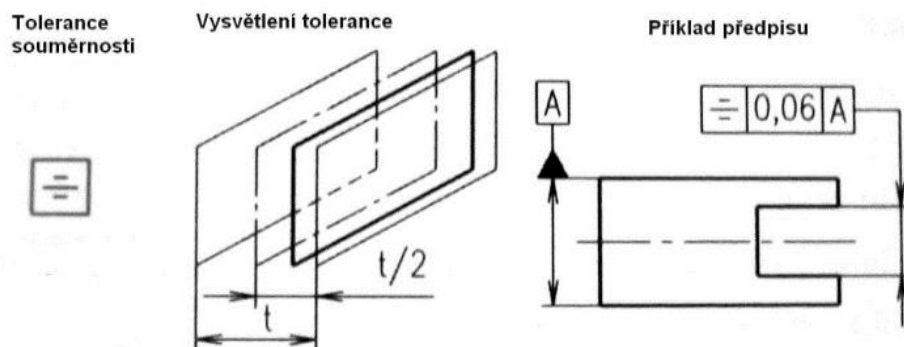
Obrázek 16 Tolerance sklonu

Tolerance souososti a soustřednosti – toleranční zóna je válcem o průměru t , jehož osa je totožná se vztaznou osou. Skutečná osa musí ležet uvnitř toleranční zóny. [15] [16]



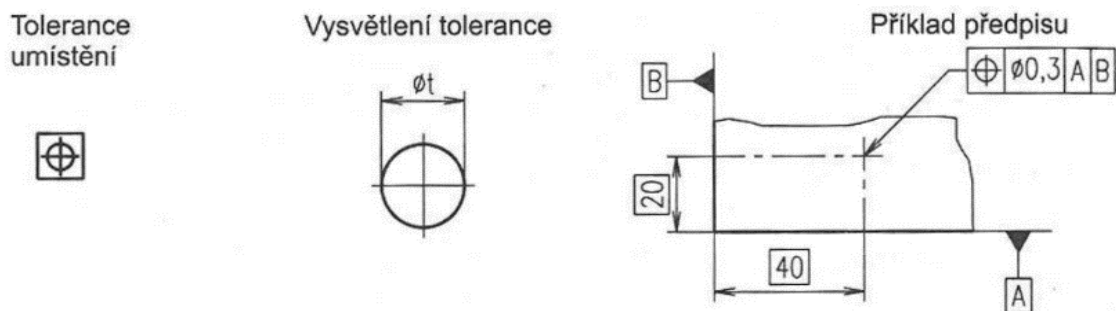
Obrázek 17 Tolerance souososti a soustřednosti

Tolerance souměrnosti – tolerance je vyhovující, pokud skutečná rovina leží mezi 2 souměrnými rovinami – vzdálenost souměrných rovin je hodnota tolerance. [15] [16]



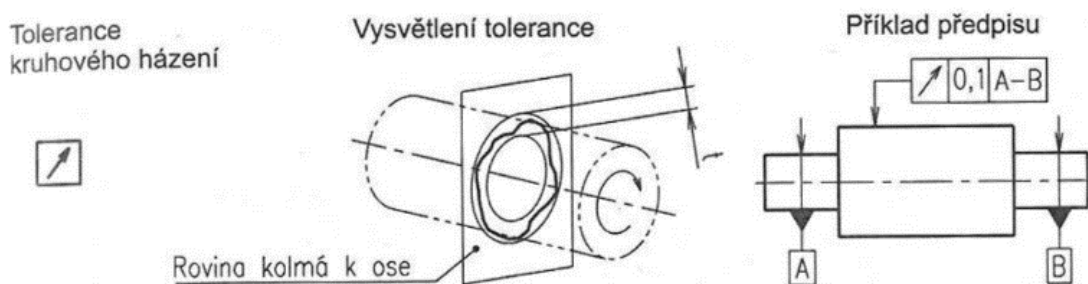
Obrázek 18 Tolerance souměrnosti

Tolerance polohy prvku – tolerance vyhovuje, pokud osa prvku leží v teoreticky přesné poloze uvnitř válce – průměr válce je hodnota tolerance. [15] [16]



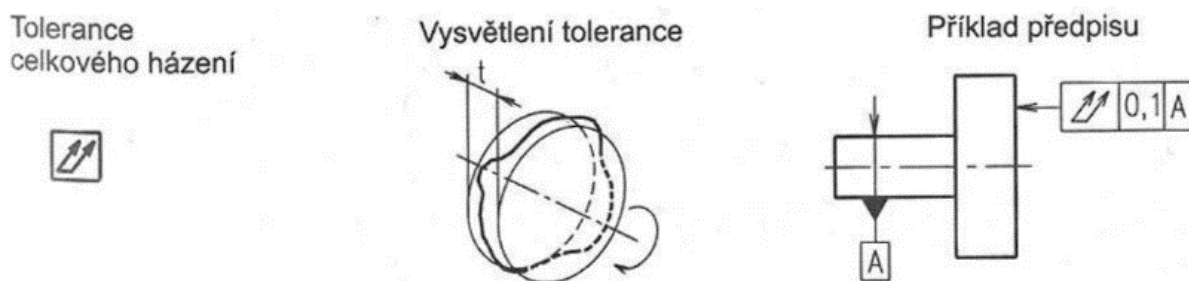
Obrázek 19 Tolerance polohy prvku

Tolerance házení kruhového čelního – tolerance je vyhovující, když každý bod kružnice při rotaci leží mezi 2 soustřednými kružnicemi – vzdálenost soustředných kružnic se středem v ose rotace je hodnota tolerance. [15] [16]



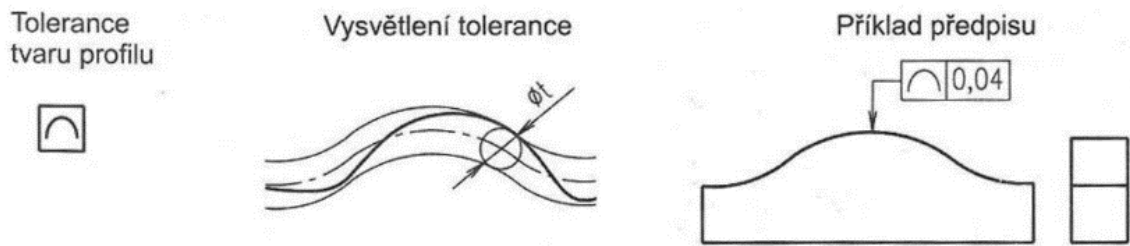
Obrázek 20 Tolerance házení kruhového čelního

Tolerance celkového házení – tolerance vyhovuje, pokud každý bod kružnice při rotaci leží mezi 2 rovnoběžnými rovinami – vzdálenost těchto rovin je hodnota tolerance. [15] [16]



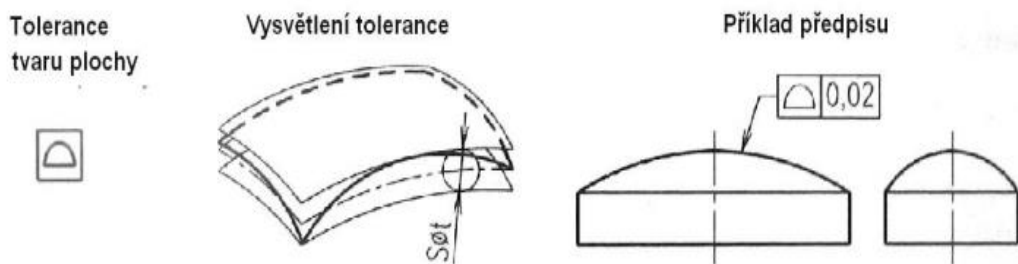
Obrázek 21 Tolerance celkového házení

Tolerance tvaru profilu – tolerance je vyhovující, pokud skutečný tvar profilu leží mezi 2 ekvidistančními čarami – vzdálenost těchto čar je hodnota tolerančního pole. [15] [16]



Obrázek 22 Tolerance tvaru profilu

Tolerance tvaru plochy – tolerance je vyhovující, pokud skutečná plocha leží mezi 2 ekvidistančními plochami – vzdálenost těchto ploch je hodnota tolerance. [15] [17]



Obrázek 23 Tolerance tvaru plochy

Všeobecné tolerance

Podobně jako v případě rozměrových tolerancí i zde existují všeobecné rozměrové tolerance. V případě, že nejsou tyto geometrické tolerance předepsány ve výkresové dokumentaci, musí být dodrženy tolerance dány tabulkami dle ISO. Ty obsahují 3 třídy přesnosti: [18]

H – přesná

K – střední

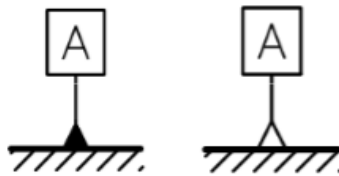
L – hrubá

Základny

Jakožto základny geometrických tolerancí slouží geometricky přesné prvky, k těmto základnám se vztahují geometrické tolerance.

Základnami může být například přímka, osa, rovinná plocha nebo válcová plocha.

Označují se zpravidla rovnostranným trojúhelníkem a označením základny ve čtvercovém rámečku. [19]



Obrázek 24 Příklad značky geometrické základny

3 DRSNOST POVRCHU

Drsnost jsou nerovnoměrnosti povrchu, které jsou definovány povrchovými výškovými rozdíly. Tyto odchylky tvaru jsou způsobeny řeznou hranou nástroje při povrchovém zpracování, případně jinými vlivy při konečném zhotovování konečného tvaru povrchu součásti, např. litím, či lisováním. [20]

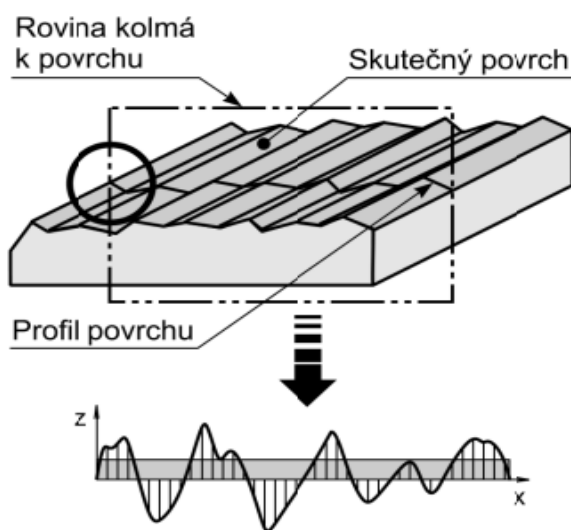
Pro posouzení je nutné znát pojmy jako jsou *nedokonalost povrchu* a *struktura povrchu*.

3.1 Hodnocení struktury povrchu

Nedokonalost povrchu – se může náhodně vyskytnout skladováním, během výroby nebo při běžném užívání součásti. Mezi tyto nedokonalosti spadají například rýhy, koroze, trhliny a podobně.

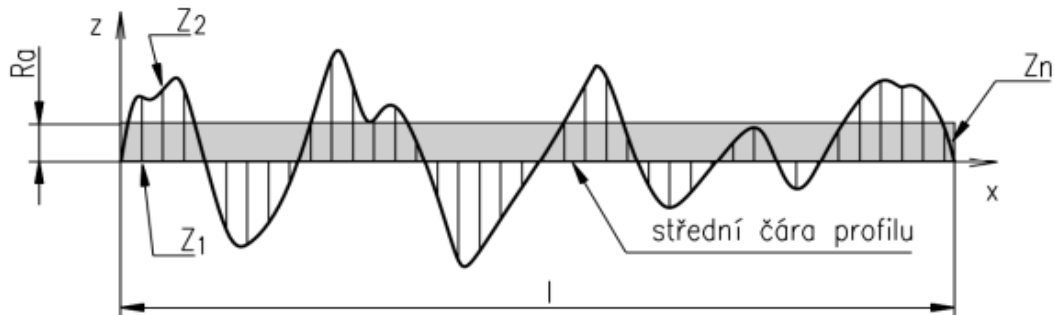
Struktura povrchu – se různí dle velikosti rozteče nerovností na *drsnost povrchu*, což je složka s nejmenší roztečí nerovností, *vlnitost povrchu*, a jako poslední *základní profil*, to je složka s největší roztečí nerovností.

Pro účely měření a vyhodnocení byla zvolena profilová metoda. Profil povrchu vzniká jako průsečnice nerovností skutečného povrchu s rovinou vedenou kolmo k tomuto povrchu. Tento profil je brán jako základní zdroj informací pro posouzení struktury povrchu. [10]



Obrázek 25 Profil povrchu

Pomocí přístrojů, například kontaktního profiloměru, odvodíme profil drsnosti, vlnitosti i základní profil. Ve výkresech se předepisuje především profil drsnosti, a k posouzení se využívá parametru drsnosti Ra .



Obrázek 26 Profil drsnosti

Výpočet průměrné aritmetické úchyly profilu Ra :

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |z_i| = \frac{|z_1| + |z_2| + |z_3| + \dots + |z_n|}{n} \quad (14)$$

Nerovnosti jsou vždy charakterizovány v rozsahu základní délky l .

Hodnoty Ra volíme nejčastěji z následující tabulky, která je v praxi nejvíce zažitá.

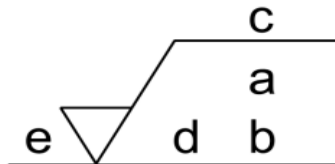
Průměrná aritmetická úchylna profilu Ra [mm]							Typická metoda výroby povrchu
0,012	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	Dokončovací metody (broušení, lapování apod.)
1,6	3,2	6,3	12,5				Běžné obrábění (soustružení, frézování apod.)
25	50	100	200	400			Povrch polotovarů (výkovky, odlitky apod.)

Obrázek 27 Doporučené hodnoty drsnosti povrchu

Hodnota struktury je nejvíce závislá na metodě výroby, z toho důvodu je nutné vážit funkci a význam jednotlivých ploch součástí. [21] [22]

3.2 Předepisování struktury povrchu

Ve výkresech se předepisuje drsnost povrchu pomocí značek udávajících různé parametry a typy zpracování. [10]



Obrázek 28 Značka struktury povrchu

- a- udává hodnotu parametru Ra
- b- udává dvoustrannou specifikaci parametru Ra
- c- udává výrobní proces
- d- udává směre nerovností
- e- udává přídavek na obrábění v mm

Tyto značky mají několik variant dle způsobu zpracování:



Obrázek 29 Značka označující povrch obrobený i neobrobený



Obrázek 30 Značka označující povrch obrobený



Obrázek 31 Značka označující povrch neobrobený

4 CÍLE PRÁCE

Cílem této práce je ukázat postup kontroly kvality a kontroly geometrických rozměrů v průběhu celého výrobního procesu napříč firmou od schvalovacího řízení a příjmu materiálu do firmy, přes výrobní kontrolu při úpravách součásti, až po výstupní kontrolu dané součásti.

Dále se věnuje přesnému měření na kontrolním měrovém středisku za pomoci vhodných měřících strojů, a nezbytné přípravě na tato měření. Na základě těchto měření se vyhotovuje analýza získaných dat pro posouzení rozměrové stability při výrobě. Z těchto dat je možné určit různé problémy týkající se výrobního procesu a kvality odlitků vstupujících do výroby.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 ROZMĚROVÁ KONTROLA

Tato kapitola se zabývá ověřováním správnosti rozměrů a kontrolu kvality v souladu s výkresovou dokumentací artiklu, v tomto případě hliníkových vík. Proces kontroly začíná ještě před zahájením sériových dodávek, a to ve formě schvalování referenčních vzorků zaslanych dodavatelem. Dále pokračuje skrze vstupní kontrolu, a napříč celým výrobním procesem, až k finální montáži a přípravu k odeslání zákazníkovi.

5.1 Proces schvalování vzorků

Referenčními vzorky se rozumí první sériově vyrobené výrobky, které jsou vyrobeny z materiálu, technologií, nástroji a výrobním zařízením určeným pro sériovou výrobu dle schválené dokumentace pro ověřování nebo sériovou výrobu. Tyto vzorky je nutno ověřit a přezkoumat na KMS. Vzorky se před ověřováním nechají 24 hodin temperovat, aby došlo k vyrovnání jejich teploty s teplotou okolí, jenž je předepsána na 20°C. [23]

5.1.1 Před zahájením sériových dodávek

Podmínkou nutnou pro zahájení sériových dodávek je dodání vyhovujících vzorků od dodavatele. Schvalování vzorků od dodavatele se realizuje dle metodiky PPAP, platné dokumentace odsouhlasené vzájemně oběma stranami. Může nastat stav, při kterém nejsou vzorky při prvním vzorování schváleny, v tomto případě se postupuje dle směrnic schválených firmou. [23]

5.1.2 Specifikace podmínek pro schvalování vzorků

Schvalování referenčních vzorků od dodavatele se realizuje dle platné výkresové dokumentace odsouhlasené vzájemně oběma stranami. Evidovaná kopie výkresu musí být potvrzena razítky a podpisy. Pro schvalovací řízení musí být výrobek ve fázi ověřovací nebo sériové výroby, tedy veškerá dokumentace musí být označena všemi náležitostmi platnými pro ověřovací nebo sériovou výrobu:

- razítkem „Platí pro ověřovací sérii“, nebo „Platí pro sériovou výrobu“.
- razítkem s datem vydání dokumentu
- identifikačním číslem dokumentu

Jakékoliv změny pak musí být realizovány řádným změnovým řízením. [23]

5.1.3 Ověřování vzorků

Vzorky ke schválení se předkládají v případě:

- zavádění nového výrobku
- změny dodavatele nebo změny místa výroby stávajícího dodavatele
- změny specifikací, parametru nebo rozměru daného dokumentací
- změny technologie výroby, která může ovlivnit parametry výrobku dané dokumentací
- nového nástroje, nebo nástroje po opravě
- přerušení výroby přesahující období 2 let

5.1.4 Počet vzorků

Není-li stanoveno jinak, zasílá dodavatel ke schválení minimálně 2 vzorky. V případě vícenásobných forem, nebo pokud je vyráběno více kusů najednou jedním nástrojem, zasílá dodavatel dvě sady vzorků, z nichž každá sada musí obsahovat všechny výpady dané formy, případně všechny kusy vyrobené daným nástrojem. Jedná-li se o výrobek sestávající se z více částí, dodavatel zasílá tři kompletní sady těchto výrobků. Vzorky musí být řádně označeny. Maximální počet vzorků není limitován, ale vzhledem k časové náročnosti jednoho vzorování se vychází z předchozích doporučení. [23]

5.1.5 Závěrečná vyjádření

Po kompletním ověření jsou vyhotoveny protokoly, na základě nichž dochází ke schvalovacímu řízení, kde je rozhodnuto o tom, zda je dodavatel způsobilý dodávat do sériové výroby, či ne. Veškerá získaná data se uchovávají. [23]

5.2 Vstupní kontrola

Po procesu schvalování a ověřování vzorků je již možná jejich sériová dodávka do firmy. Každá série takto dodaných vík musí být nejdříve překontrolována vstupní kontrolou, která opět ověří kvalitu dovezeného materiálu. Nejprve jsou tyto palety rozbaleny a zkontrolovány, zda počet odpovídá dodacímu listu. Pokud je vše v pořádku, je k dané paletě přiřazena skladová příjmová karta, která udává název, číslo a typ dané položky, jejich počet v bedně a datum přijetí. [24]

Odpovídající pracovník vstupní kontroly si následně vybere na základě statistické přejímky a odpovídající třídy počet kusů, které musí prověřit na kontrolní rozměry zadané výkresovou dokumentací. [24]

Tabulka 1A – Přejímací plány jedním výběrem pro normální kontrolu (základní tabulka)

Rozsah dávky nebo dodávky	Speciální kontrolní úrovně				Obecné kontrolní úrovně		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
	Rozsah výběru						
2 až 8	2	2	2	2	2	2	3
9 až 15	2	2	2	2	2	3	5
16 až 25	2	2	3	3	3	5	8
26 až 50	2	3	3	5	5	8	13
51 až 90	3	3	5	5	5	13	20
91 až 150	3	3	5	8	8	20	32
151 až 280	3	5	8	13	13	32	50
281 až 500	3	5	8	13	20	50	80
501 až 1200	5	5	13	20	32	80	125
1201 až 3200	5	8	13	32	50	125	200
3201 až 10 000	5	8	20	32	80	200	315
10 001 až 35 000	5	8	20	50	125	315	500
35 001 až 150 000	8	13	32	80	200	500	800
150 001 až 500 000	8	13	32	80	315	800	1250
500 001 a výše	8	13	50	125	500	1250	2000

Obrázek 32 Statistická přejímka pro kontrolu materiálu

Hliníková víka přichází ve formě neobrobených kusů a je nutné u nich provést vizuální kontrolu, kvůli nedokonalostem povrchu, jako jsou propadliny, či jiné defekty. Pro měření kontrolních rozměrů se využívá posuvné digitální měřítko, hloubkoměr, výškoměr a sada měřících trnů pro díry.



Obrázek 33 Sada měřících trnů




Obrázek 34 Výškoměr značky Mitutoyo

Změřené rozměry jsou zapsány do systému kontroly kvality a víka jsou opatřena kartou o uvolnění spolu s průvodkou materiálu, do které se zapisují následující vykonané operace. Takto uvolněná víka jsou manipulanty převezena na obrobnu pro další zpracování. [24]

VP-2019-0003711
Číslo výkresu 2081090
SROUB SVORKOVY

Průvodka materiálu



č. op.	datum	os. číslo	ks. době	vadné	č. op.	datum	os. číslo	ks. době	vadné
čas:					podpis OTK:				

Obrázek 35 Průvodka materiálu sledující všechny prováděné operace

5.3 Dílenská kontrola

Na pracovišti obrobny jsou odlitky vík přeskládány do vhodných beden a po nastavení obráběcího stroje Mazak Nexus 200 – II seřizovačem, je nutné víka upravit operací soustružení, všechny úpravy jsou dány předepsanou operační návodkou, která se vztahuje k dané pracovní operaci.



Obrázek 36 Obráběcí stroj Mazak Nexus 200 - II

Po operaci soustružení musí být obsluhujícím pracovníkem víko vizuálně zkontrolováno a zbaveno případných špon a třísek. Dle kontrolní návodky je prováděna stoprocentní kontrola pracovníka vík za pomoci posuvného digitálního měřítka, digitálního hloubkoměru, a za pomoci kalibrů daných průměrů přidělených k dané operaci. Kalibr musí být vyzkoušen na průchozí i NOK stranu, která má o něco větší průměr, a nesmí touto stranou projít. Tato kontrola probíhá během obráběcího cyklu, aby nedocházelo k pracovním prostojům.

V případě, kdy pracovník identifikuje vadný kus, ať už z hlediska vizuálního, nebo nesplňující rozměrové vlastnosti, je povinen jej vyřadit do odpovídající červeně označené bedny, a zapsat jeho nález. [24]



Obrázek 37 Kalibr pro měření vnitřního opracovaného průměru 65G7



Obrázek 38 Kalibr pro měření vnějšího opracovaného průměru 88,8h9

5.4 Výstupní kontrola

Výstupní kontrolu provádí zodpovědný pracovník kontroly kvality, který je povinen při zahájení výroby dle kontrolní návodky přeměřit první dva kusy, které označí jako vzorové, Takto získaná data zapíše do systému pro srovnání hodnot v průběhu směny.

Ozn.	Kontrolovaný parametr		Měřicí pomůcky		Četnost "X" (každý X-tý ks)	Plán reakce	POZNÁMKA
	název	rozměr	Druh - název	označení			
1	průměr	ø 52,1J8	Mt ø 52,1J8	20 57 641	3	seřídit	
2	průměr	ø 65 G7	Mt ø 65 G7	20 57 642	10	seřídit	
3	délka	19 ±0,15	Posuvné měř. digi	DIN862 (M.Ch.0,03)	20	informovat seřizovače	zabezp. up. dorazem
4	hloubka	5,1 ±0,2	Hloubkoměr digi	DIN862 (M.Ch.0,03)	50	informovat seřizovače	zabezp. programem
5	hloubka	38,1 ±0,05	Hloubkoměr digi	DIN862 (M.Ch.0,03)	20	informovat seřizovače	zabezp. programem
6	hloubka	14,5 ±0,3	Hloubkoměr digi	DIN862 (M.Ch.0,03)	50	seřídit	
7	průměr	ø43,4±0,25	Posuvné měř. digi	DIN862 (M.Ch.0,03)	50	seřídit	
8	průměr	ø42,15±0,15	-----	-----	-----	-----	zabezp. programem
9	drsnot povrchu	2,5 / 3,2	Digitální drsnoměr	MITUTOYO	200	výměna nástroje	Na vyzvání operátora změní prc. kontroly
10	házení	0,05 - A	-----	-----	-----	-----	Zabezpečeno obrobením v 1 upn.
11	délka	0,3 ±0,2	Hloubkoměr digi	DIN862 (M.Ch.0,03)	50		

Obrázek 39 Příklad kontrolní návodky nařizující kontrolu daných rozměrů a měřidel k tomu určených.

V průběhu směny kontrolor kvality náhodně přeměřuje upravená víka opět na základě statistické přejímky s odpovídající třídou, a všechna data zapisuje do systému. V případě, že je více než 20% vadných kusů ze sta kontrolovaných, kontrolor pozastavuje výrobu a označí všechny kusy žlutým lístkem „pozastavení výroby“. Na základě pozastavení výroby je svolána porada, které se účastní úseky kvality, konstrukce a technologie, a kde se rozhoduje o dalším postupu. V případě, že je náprava možná, a jsou provedena nápravná opatření, výroba může opět pokračovat za zpřísněného dohledu. V případě, kdy není možná okamžitá náprava nebo se dosleduje závadnost kusů ještě před danou operací, je výroba zastavena úplně a všechny kusy opatřeny červeným lístkem „zákaz výroby“. [24]

Pokud tato situace nenastává a počet vadných kusů je zanedbatelný, kontrolor na konci směny přeměří další pár vík, a data opět zapíše, pro analýzu kvality výrobního procesu. Všechna vyrobená víka opatří zeleným lístkem „povolení expedice“ a tím jsou nachystána k převezení na pracoviště, kde probíhá finální montáž celé sestavy. [24]

Na konci své směny kontrolor kvality musí všechna vadná víka označit červeným lístkem, kde je zapsán jejich počet a typ závady, a separovat od zbytku výroby. K tomu slouží izolační sklad. [24]

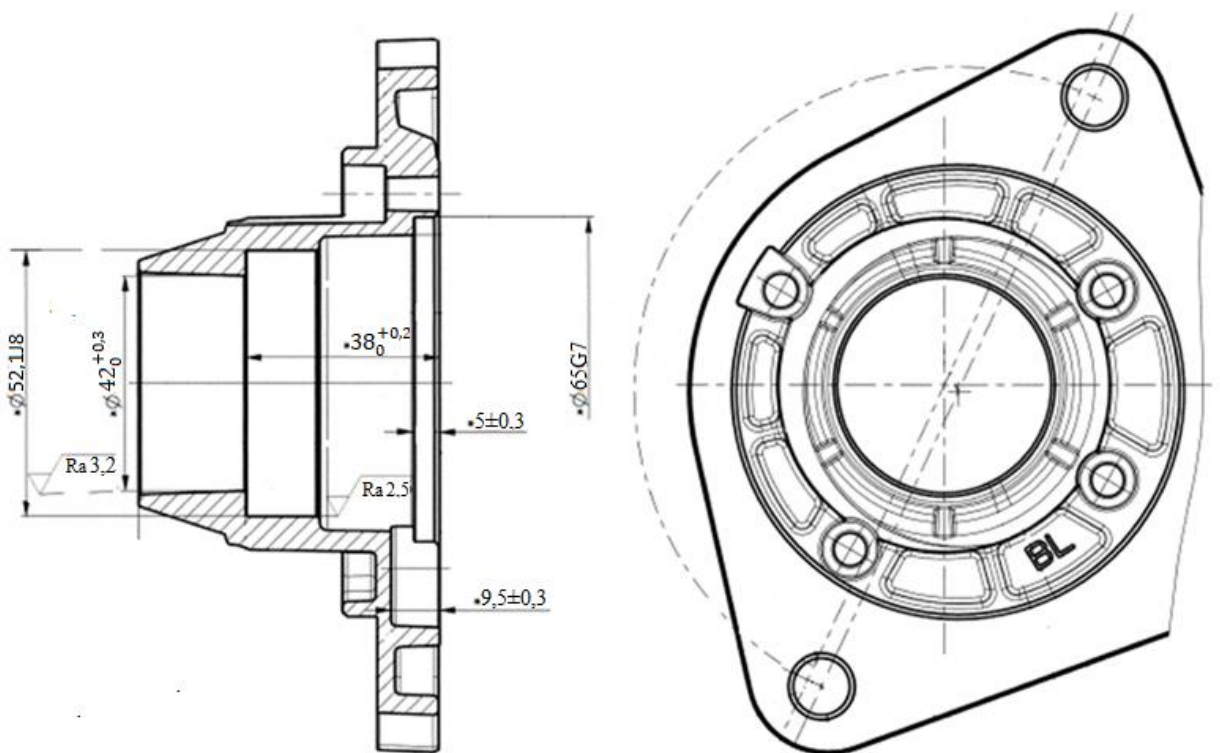
POVOLENÍ EXPEDICE	POZASTAVENÍ VÝROBY	ZÁKAZ VÝROBY
Typ	Typ / č. v.	Název dílice
Výrobní kód	Výrobní kód	Číslo výkresu
Počet kusů	Počet kusů	Zastaveno na operaci
Poznámka	Příčina	Příčina
ZKOUŠEL _____ osobní číslo	KONTROLA _____ osobní číslo	VÝROBNÍ KONTROLA _____
datum _____ směna	datum _____ podpis	datum _____ podpis
PŘEJÍMACÍ KONTROLA _____ osobní číslo	razítko OTK	razítko OTK
datum _____ podpis	HOCHÍ č. _____	
razítko OTK		

Obrázek 40 Používané lístky pro uvolňování, pozastavení nebo zákaz výroby

6 ROZMĚROVÁ KONTROLA NA KONTROLNÍM MĚROVÉM STŘEDISKU

Pro tuto kontrolu je vybráno deset vík ze tří sérií výroby. Každá série byla převzata ke kontrole na kontrolním měrovém středisku (KMS) bezprostředně po kontrole dílenské, která probíhá v průběhu úprav obráběním, a po závěrečném schválení kontrolorem, který rozhodne o způsobilosti vík k navazující operaci a přesunu upravených vík na pracoviště, kde probíhá závěrečná montáž.

Na KMS jsou ověřovány pouze kontrolní rozměry označené ve výkrese hvězdičkou, která označuje funkční plochy víka.



Obrázek 41 Zjednodušený výkres hliníkových vík označující kontrolní rozměry.

6.1 Příprava na měření

Před měřením všech vzorků je nutno vzorky správně připravit pro zajištění co největší přesnosti měření. To znamená zajistit tepelnou stabilizaci vík při měření, řádně víka zbavit nečistot a případných špon, které se nepovedlo odstranit během odjehlování během výroby, a řádně zkalibrovat souřadnicový měřicí stroj, pro zajištění co nejmenší přípustné odchylky měření.

6.1.1 Čištění

Po převzetí vzorků je třeba vzorky vizuálně zkontrolovat kvůli viditelným závadám, šponám nebo nečistotám. Zbytků neodstraněných špon se zbavuje pomocí jemného ocelového kartáčku tak, aby nedošlo k poškrábání víka. Na ostatní nečistoty a především mastnotu se využívá jednorázových utěrek a technického lihu. V případě velmi zamaštěných ploch se využívá technického benzínu nebo acetonu na speciálním pracovišti vybaveném odsáváním vzduchu. V případě vizuálně prokazatelných závad a defektů, jako jsou škrábance či propadliny, je poškozený kus vyřazen z měření a nahrazen jiným kusem.

6.1.2 Teperace

Vzorky je také nutné stejně jako v případě schvalovacích vzorků vytemperovat, aby vzorky dosáhly teploty okolí. Tato teplota je na KMS předepsaná na 20°C a stabilně udržovaná pomocí klimatizačního zařízení. Zároveň je teplota místnosti kontrolována teplotním čidlem, a naměřené hodnoty teplot jsou uchovávány pro případné ověřování auditem. Jakékoliv výkyvy teplot jsou zaznamenány. Po uplynutí 24 hodin teperace je možné zahájit měření.



Obrázek 42 Teploměr analyzující teplotu v metrologické laboratoři.

6.1.3 Kalibrace

Měřicí zařízení: Souřadnicový měřicí stroj

Externí kalibrace souřadnicového měřicího stroje je prováděna každým druhým rokem specializovanou laboratoří akreditovanou Českým metrologickým institutem, testy jsou prováděny podle normy EN ISO 10360 – 2. Využita je ocelová kalibrační koule o průměru 25 mm, stupňové měřky 20 – 1020 mm, a kalibrace je provedena dle metodiky č. 815-MP-C503. Koule je měřena z rovnoměrně rozložených bodů na povrchu, její průměr je vyhodnocen metodou Gauss a odchylka tvaru metodou Minimum. [25]

Tabulka 6 Výsledky měření souřadnicového měřicího stroje při pravidelné externí kalibraci.

Parametr	Naměřená hodnota	Nejistota měření U	Jednotky
Průměr koule	24,99924	0,00030	[mm]
Odchylka tvaru	0,00019	0,00030	[mm]

Dle kalibračního listu je souřadnicový měřicí stroj **VYHOVUJÍCÍ**.

Interní kalibrace souřadnicového měřicího stroje jsou prováděny na začátku každého dne ještě před měřením, kdy je nutné zkalibrovat všechny měřicí sondy umístěné ve stojánku, jež jsou také nejčastěji využívány. Ostatní sondy se kalibrují v případě nutnosti jejich užití. Takto prováděná kalibrace probíhá pomocí 25 automatických dotyků sondy na kalibrační kuličku. Počet těchto dotyků se dá upravit dle potřeb přesnosti kalibrace, avšak s přibývajícím dotyky se zvyšuje i doba kalibračního měření. Hlava sondy se dá v případě složitějších měření libovolně natáčet pod různými úhly, z toho důvod je nutné provádět i kalibrace při těchto úhlech natočení. Sondy i kalibrační kulička musí být uchovávány v čistotě a před kalibrací očištěny lihem nebo technickým benzínem.



Obrázek 43 Sonda připravená na kalibraci a kalibrační kulička

Měření sondy

Počet dotyků: Manuálně

Nájezd/Odskok: CNC

Pojezdová rychlost (mm/sec): Man+CNC

Měřicí rychlost (mm/sec): CNC+CNC

Typ operace

Kalibrace hrotů Kalibrace jednotky Dolní matice

Ověření kvalifikace Najetí do nulové polohy Kalibrace ScanRDV

Mod kalibrace

Výchozí mod Počet hladin:

Uživatelem definovan: Start úhel:

Stop úhel:

Kvalif. stonku Počet dotyků stonku:

Posun stonku:

Kalibrace zápěstí - nastavení úhlů

	Start:	Stop:	Přirustek:
A:	<input type="text" value="-140"/>	<input type="text" value="140"/>	<input type="text" value="10"/>
B:	<input type="text" value="-180"/>	<input type="text" value="180"/>	<input type="text" value="10"/>
C:	<input type="text" value="-180"/>	<input type="text" value="180"/>	<input type="text" value="10"/>

Vytvořit novou mapu

Nahradit nejbližší mapu

Nástroj je namontován na otočném stole

Seznam nástrojů:

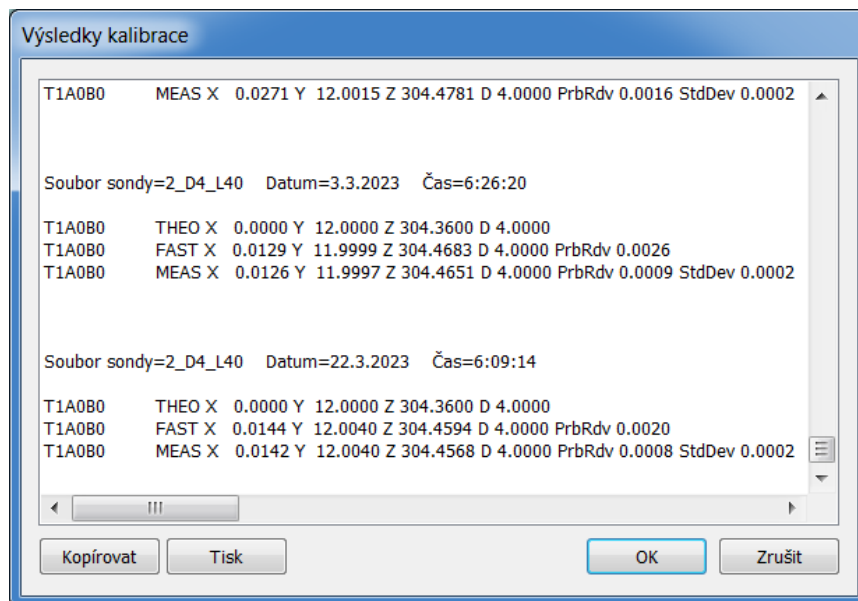
Resetovat hroty na Jmen. při zahájení kalibrace

Použít hroty, pokud není vybrán žádný konkrétní

Vše Přerušit provádění

Použito v programu

Obrázek 44 Okno nastavení kalibračních údajů.



Obrázek 45 Okno výsledků interní kalibrace s datem a časem měření.

Měřicí zařízení: Drsnoměr

Drsnoměr je také kalibrován každé dva roky certifikovanou firmou. Měření je prováděno za specifických podmínek, na dráze $L_t = 4,80$ mm, rychlostí $v_t = 0,5$ mm/s, $L_s = 0,8$ mm při teplotě 20°C s filtrem ISO 16610. [26]

Kalibrační protokol udává zařízení jako **VYHOVUJÍCÍ**, s je doloženo kalibračním protokolem.

Tabulka 7 Výsledky měření drsnosti při pravidelné externí kalibraci.

	Ra	Rz	Rmax	Jednotky
Jmenovitá hodnota*	0,9930	3,3400	3,3700	[μm]
Měřená prům. hodnota	0,9930	3,3250	3,3680	[μm]
Min.	0,9900	3,2800	3,3300	[μm]
Max.	1,0000	3,3700	3,4300	[μm]
Sigma	0,0047	0,0247	0,0305	[μm]
Odchylka	0,0000	-0,0149	-0,0020	[μm]
Odchylka %	0,0000	-0,4470	-0,0600	[μm]
Rozšířená nejistota U	0,1166	0,5524	0,5505	[μm]

6.2 Měření hliníkových vík

Po předchozích přípravách zahrnujících temperaci, čištění a kalibraci stroje, je možné přejít k samotnému měření. Měřeny jsou kontrolní rozměry vík, které určují funkční plochy. Průměry a délkové rozměry jsou měřeny pomocí souřadnicového měřicího stroje, drsnost povrchu pomocí profilometru. Ze všech naměřených hodnot je zhotovena tabulka pro další analýzu, a posouzení zda naměřené hodnoty odpovídají předepsaným tolerancím. Technickému úseku se takto naměřená data poskytují ve formě protokolu o měření, a jsou nadále archivována.

6.2.1 Specifikace měřících přístrojů

Měřicí zařízení: **Souřadnicový měřicí stroj**
 Výrobce : DEA
 Model: GLOBAL PERFORMANCE – 09.15.8



Obrázek 46 Souřadnicový měřicí stroj DEA GLOBAL PERFORMANCE

Přesnost stroje: Specifikace podle výrobce
 $MPE_{(E0)} = 1.8 + L/333 \mu\text{m}$ L...měřená délka v mm
 $MPE_{(PFTU)} = 1.8 \mu\text{m}$
 $MPL_{(R0)} = 1.7 \mu\text{m}$
 $MPE_{(THP)} = 2.9 \mu\text{m}/45 \text{ sec}$

Nejistota měření: $U = (0.1 + 0.4 I_n) \mu\text{m}$ I_n ...jmenovitá délka v mm

Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k = 2$. Pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95%.

Použitý dotyk sondy: Rubínová kulička o průměru 4mm, délka doteku 40 mm a prodloužení doteku 30mm.



Obrázek 47 Rubínová kulička doteku sondy

Měřicí zařízení:	Drsnoměr
Výrobce:	Hommel - Etamic GmbH
Model:	Waveline T8000
Posuvný přístroj:	Waveline 120
Snímač:	TKU300



Obrázek 48 Drsnoměr Waveline T8000 využitý při měření drsnosti.

6.2.2 Upevnění vík při měření

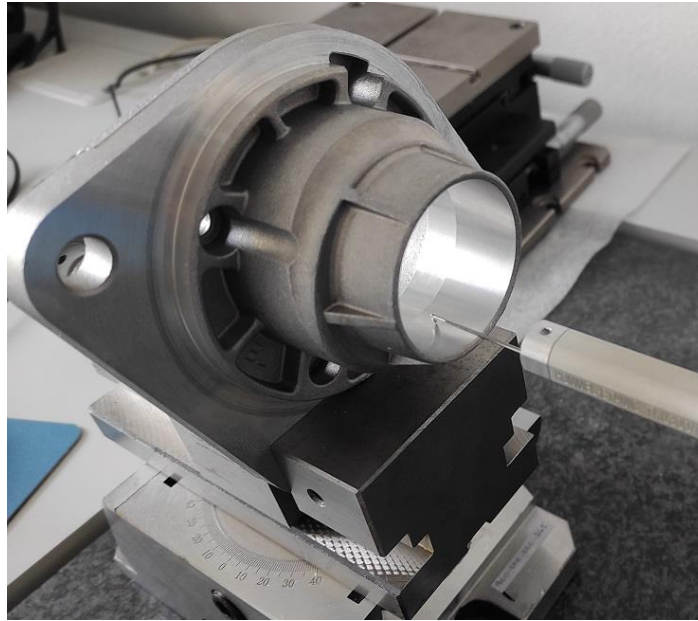
Před samotným měřením je třeba vymyslet upevnění vzorku, aby bylo víko řádně zajištěno proti samovolnému pohybu vlivem sil působících během měření od měřicí sondy nebo hrotu, a pro co nejlepší přístupnost k měřeným plochám.

Díky dobré přístupnosti u měření na souřadnicovém měřicím stroji je možné se vyhnout výměně za jiný typ sondy, a její nutnosti naklánění do jiných pracovních úhlů, což usnadňuje nastavování pojezdových drah měřicí sondy a zkracuje celkovou dobu měřicího cyklu. V tomhle případě je víko upnuto pomocí sklíčidla obrobenou plochou směrem vzhůru. Díky čemuž možné změřit všechny potřebné kóty během jednoho měřicího cyklu s použitím jednoho typu sondy.



Obrázek 49 Upnutí víka ve sklíčidle při měření pomocí souřadnicového měřicího stroje

Při měření drsnosti volíme upnutí s ohledem na snadnou přístupnost hrotu k měřenému místu, a aby měřená plocha byla ve vodorovné poloze vzhledem k pojezdové dráze hrotu. V tomhle případě pomocí svěráku zajištěného ve vodorovné poloze a pootočeného o 90° vůči měřicí dráze.

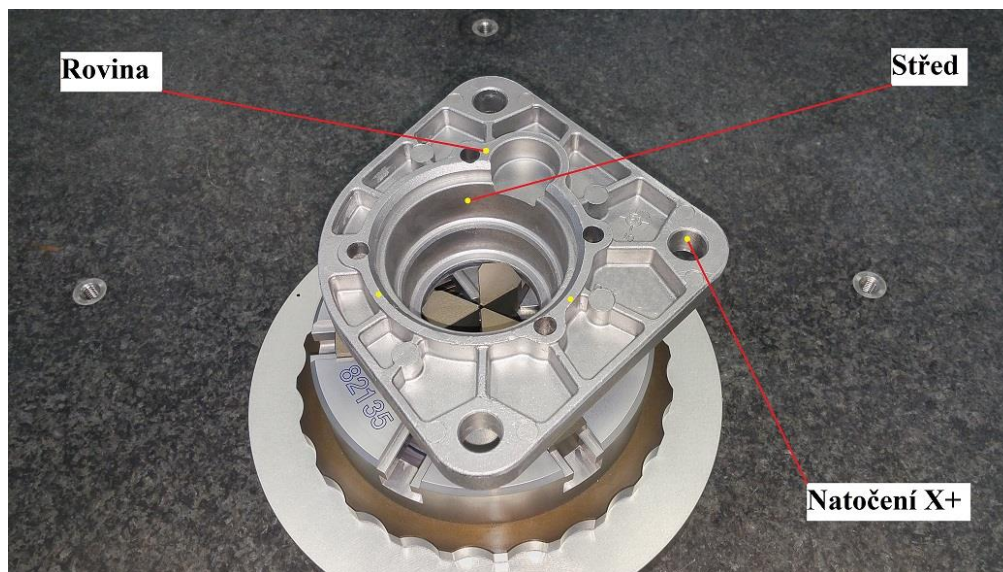


Obrázek 50 Upnutí víka ve svěráku při měření pomocí drsnoměru.

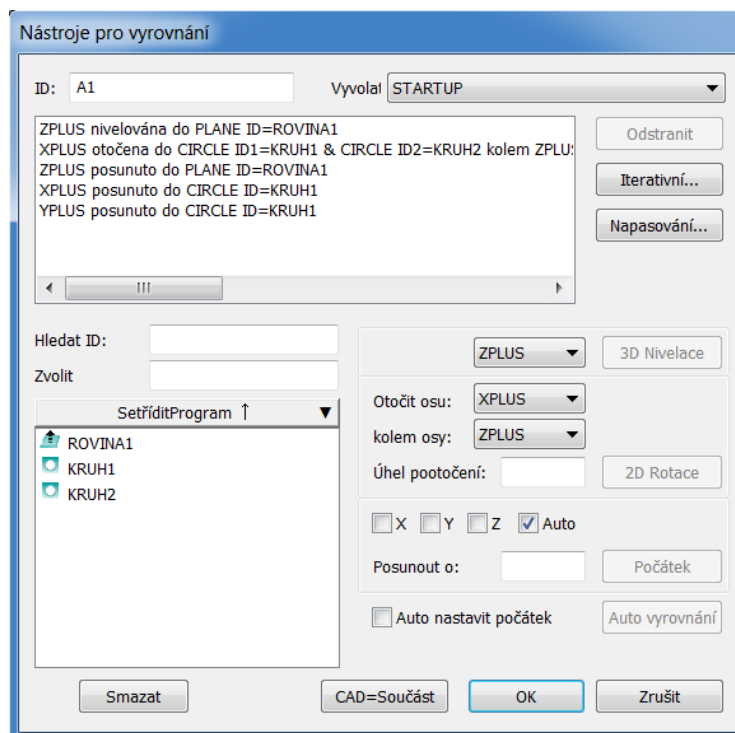
6.2.3 Souřadnicový měřicí stroj

Po zapnutí stroje vyjede rameno sondy do referenční nulové polohy, čímž je možné zahájit samotnou práci se zařízením. V softwaru patřícím k měřicímu stroji je možné vybrat některý z programů již dříve naprogramovaných a uložený, nebo započít zcela nové programování. Pro potřeby této práce je využit nový program.

Na počátku nového programování je potřeba se zamyslet nad takzvaným vyrovnáním, které určuje referenční prvky přímo na měřeném objektu. Vyrovnání je tvořeno základní rovinou, což je plocha, která slouží jako nulová v ose Z, a je od ní při programování odečítána výška a hloubka ve které mají probíhat dotyky sondy při měření. Dále to mohou být prvky jako přímky, různé body, průměry, případně jejich kombinace. U víka je využita jako rovina obrobená část směřující vzhůru, ta je strojem vykalkulována z dotyků sondy, které jsou na ilustračním obrázku popsány jako „Rovina“. Dalším důležitým prvkem je průměr o rozměru 52 mm, který představuje základnu A, a jehož střed bude sloužit jako referenční nulová poloha os X a Y. V ilustračním obrázku je tento průměr vyobrazen jako „Střed“. Jako poslední prvek je zvolen střed průměru vyobrazeného zobrazeného jako „Natočení X+“, jeho hlavním účelem je směr natočení souřadnicového systému dle osy X.



Obrázek 51 Ilustrační obrázek zobrazující referenční vyrovnávací prvky a souřadnicový systém X,Y.



Obrázek 52 Softwarové nastavení základního vyrovnání a souřadnicového systému X,Y.

Když je základní vyrovnání hotovo, má již stroj dostatek informací pro přesnou polohu měřeného víka. Po přepnutí do automatického režimu se nechají přeměřit všechny vyrovnávací rozměry ještě jednou pro vyšší přesnost jejich polohy, a na jejich základě se provede další vyrovnání, to zajistí co nejvyšší přesnost při nadcházejících měřeních rozměrů.

Nyní je možné pokračovat v zadávání polohy jednotlivých požadovaných rozměrů dotyky sondy pomocí pákového joysticku.



Obrázek 53 Joystick využívaný pro ovládání ramena souřadnicového měřicího stroje

System je velmi intuitivní, dokáže ze směru a počtu dotyků vyhodnotit, o jaký prvek se jedná, například zda jde o bod, přímku, kruh či rovinu. Všechny dílčí parametry měření jednotlivých prvků si může uživatel upravit manuálně. V automatickém režimu najíždí rameno se sondou na místa dotyků přímou, co nejkratší trasou, proto je nutné stroji definovat vhodnou trasu pomocí takzvaných „movepointů“. Jde o body, mezi kterými se bude sonda přesunovat a jejich pořadí a souřadnicovou polohu si volí uživatel sám. Tím je zajištěno, aby nedocházelo k nechtěným nárazům či zádrhelům sondy při komplikovanějších tvarech měřeného vzorku.

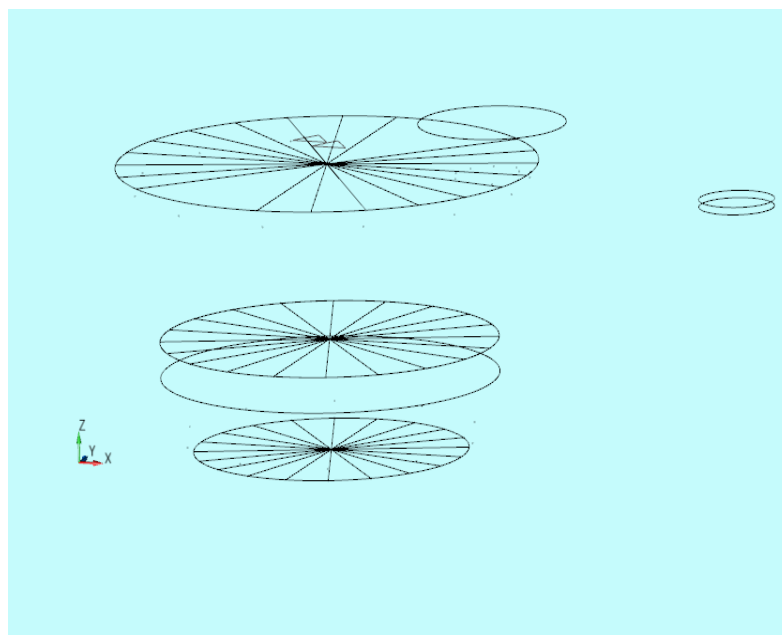
```

Okno Edice - bakalarka1.PRG
TIP/TIAOB0, SHANKIJK=0, 0, 1, ANGLE=0
RMEAS/LEGACY (I, J, K, X, Y, Z)
ROVINA1
=FEAT/PLANE, CARTESIAN, TRIANGLE
THEO/<221.149, 210.313, -744.645>, <-0.0007254, -0.0013705, 0.9999
ACTL/<50.271, 205.629, -744.529>, <0.0003578, 0.0008184, 0.9999996
MEAS/PLANE, 4
HIT/BASIC, NORMAL, <249.378, 228.517, -744.602>, <-0.0007254, -0.00
HIT/BASIC, NORMAL, <249.389, 183.984, -744.66>, <-0.0007254, -0.001
HIT/BASIC, NORMAL, <186.836, 197.119, -744.69>, <-0.0007254, -0.001
HIT/BASIC, NORMAL, <198.993, 231.631, -744.63>, <-0.0007254, -0.001
ENDMEAS/
KRUH1
=FEAT/CIRCLE, CARTESIAN, IN, LEAST_SQR
THEO/<220.962, 204.767, -771.286>, <0, 0, 1>, 52.104
ACTL/<49.505, 205.27, -774.701>, <0, 0, 1>, 52.072
MEAS/CIRCLE, 4, ZPLUS
HIT/BASIC, NORMAL, <246.844, 207.573, -771.294>, <-0.9941737, -0.10
HIT/BASIC, NORMAL, <215.667, 230.296, -771.284>, <0.2030725, -0.979
HIT/BASIC, NORMAL, <194.932, 204.559, -771.282>, <0.9999681, 0.0079
HIT/BASIC, NORMAL, <222.554, 178.745, -771.281>, <-0.0610763, 0.998
ENDMEAS/
KRUH2
=FEAT/CIRCLE, CARTESIAN, IN, LEAST_SQR
THEO/<287.572, 201.274, -747.176>, <0, 0, 1>, 11.768
ACTL/<116.095, 204.661, -749.516>, <0, 0, 1>, 11.65
MEAS/CIRCLE, 4, ZPLUS
HIT/BASIC, NORMAL, <286.142, 206.983, -747.187>, <0.2429726, -0.970
HIT/BASIC, NORMAL, <293.149, 203.144, -747.174>, <-0.9481378, -0.31
HIT/BASIC, NORMAL, <290.329, 196.074, -747.171>, <-0.4684443, 0.883
HIT/BASIC, NORMAL, <281.726, 200.615, -747.173>, <0.9937041, 0.1120
ENDMEAS/
A1
=ALIGNMENT/START, RECALL:STARTUP, LIST=YES
ALIGNMENT/LEVEL, ZPLUS, ROVINA1
ALIGNMENT/ROTATE_CIRCLE, XPLUS, TO, KRUH1, AND, KRUH2, ABOUT, ZPLUS
ALIGNMENT/TRANS, ZAXIS, ROVINA1
ALIGNMENT/TRANS, XAXIS, KRUH1
ALIGNMENT/TRANS, YAXIS, KRUH1
ALIGNMENT/END
MODE/DCC
MOVE/POINT, NORMAL, <67.000, 0.000, 10.000>

```

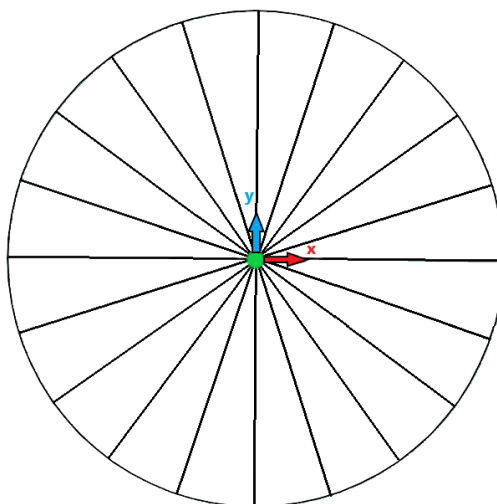
Obrázek 54 Programovací okno uživatelského rozhraní

Při měření jsou pohyby sondy a již změřené prvky vykreslovány v reálném čase v grafickém okně uživatelského rozhraní, s jehož náhledem lze libovolně rotovat pro přehlednost při nastavování požadovaných poloh jednoho prvku vůči jinému, jako jsou různé vzdálenosti, rozteče a výšky. Lze také manuálně zadat, o jaký prvek má jít v případě řešení složitějších měření.



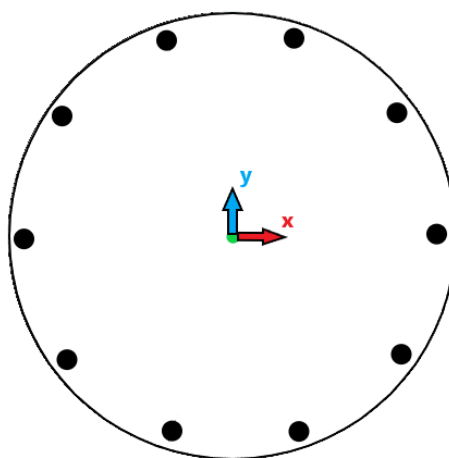
Obrázek 55 Grafické okno uživatelského rozhraní

Měřené rozměry v této práci jsou především průměry a výšky. Pro měření průměru bylo využito 20 dotyků polárně pootočených o 18° po obvodu každého průměru. Jejich vzdálenosti vůči sobě a středu definují jednotlivé průměry a jejich úchyly.



Obrázek 56 Grafické řešení měřeného průměru

V případě výšek je využito deset dotyků rozmístěných polárně a pootočených o 36° na každou měřenou plochu, a jejich vzdálenosti vůči rovině základního vyrovnání.



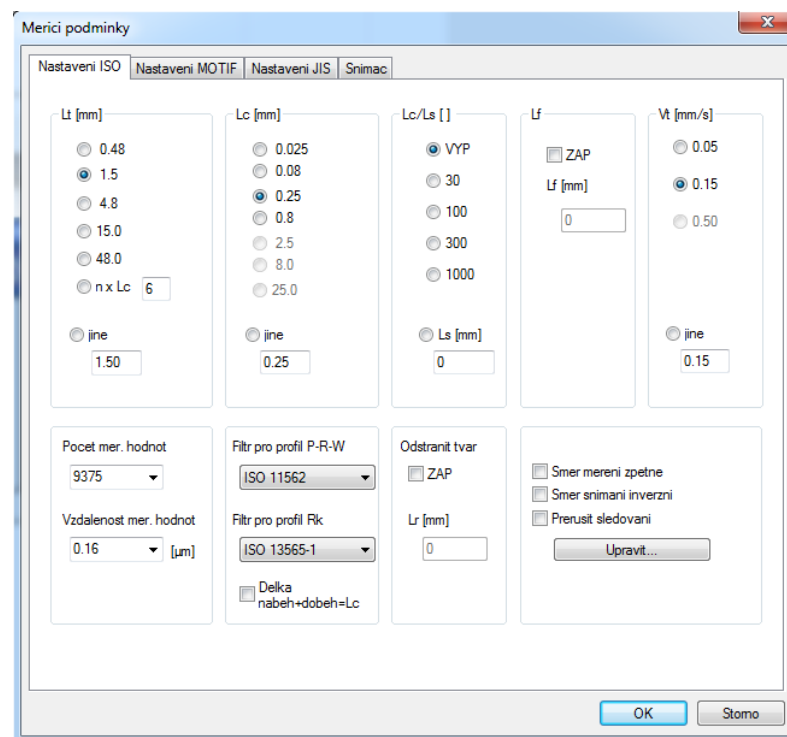
Obrázek 57 Grafické řešení měření výšek

Po automatickém změření všech bodů hledaných veličin stačí už jen vybrat jaké parametry mají být vyhodnoceny, a jejich hodnoty se zobrazí v programovacím okně, případně jsou vytisknuty ve formě protokolu.

6.2.4 Měření drsnosti

Při měření drsnosti je nutné vizuálně zkontrolovat povrch měřené plochy, která nesmí být poškozena v místě měření. V případě jakýchkoliv defektů je zvolena jiná část povrchu určeného k měření.

Po spuštění programu na měření drsnosti je zahájen start referenční jízdy, která nastaví přístroj do nulové polohy, a je možné zvolit parametry měření, jako jsou délka měřicí dráhy L_t a rychlost posunu V_t . Dále filtr pro oddělení drsnosti a vlnitosti L_c a normy ISO, dle kterých se má měřit.

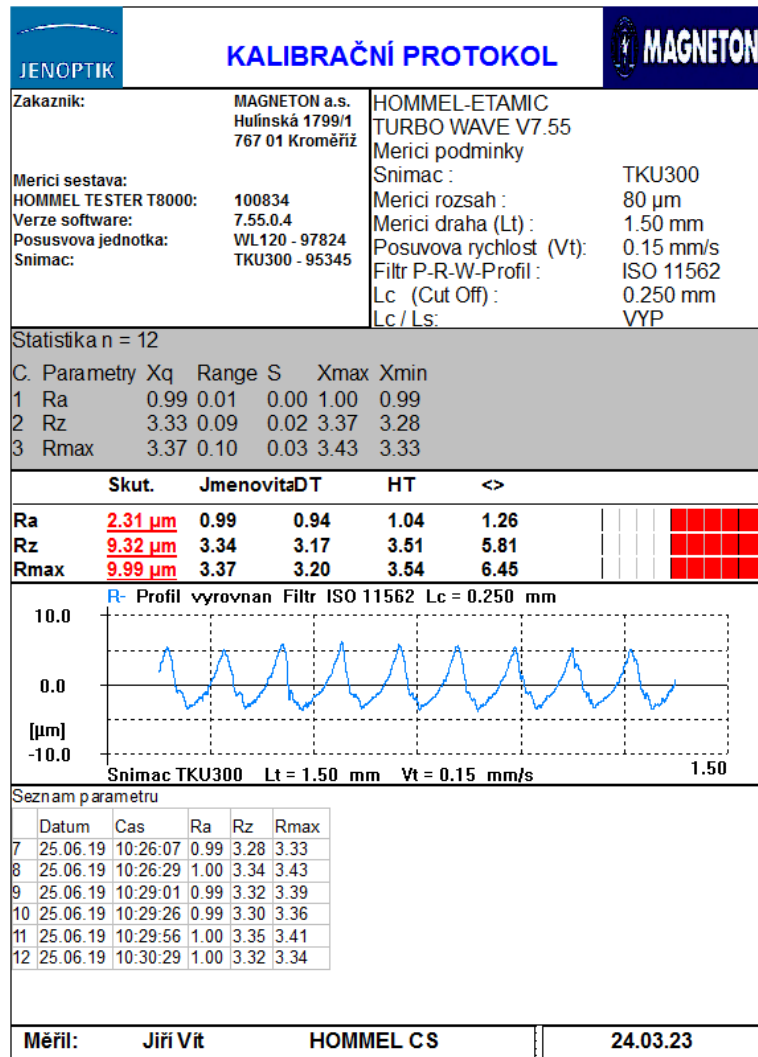


Obrázek 58 Tabulka s výběrem parametrů měření drsnosti

Po následovném upnutí se najede hrotem do požadovaného místa a hrot se nechá sjet do nulové polohy, tím je nachystán na měření. Při spuštění samotného měření se hrot pohybuje po dráze ve směru měřicího ramena stroje, a v reálném čase se graficky vykresluje drsnost zkoumaného povrchu na monitoru. Měření je ukončeno po ujetí příslušné dráhy hrotu.

V případě dalšího pokračování měření ve stejné dráze je opět nutné hrot vynulovat, pro změnu dráhy měření je nutné s hrotem vyjet, opět víko upnout dle požadavků měření, a celý proces zopakovat.

Po změření požadovaného místa jsou výsledky zobrazeny graficky pro případnou hlubší analýzu, ale také ve formě protokolu, kde jsou zobrazeny číselné hodnoty měření.



Obrázek 59 Protokol s výsledky měření drsnosti Ra

Takto získané výsledky jednotlivých vík jsou zapsány do tabulky pro následné vyhodnocování.

6.3 Vyhodnocení dat

Po změření všech vík je z dat vyhotovena tabulka, kde je uveden průměr, medián a směrodatná odchylka z deseti měření každého víka, na základě nichž je porovnáváno deset vík z každé série. Pro lepší vizualizaci měřené hodnoty a mezních hodnot jsou z těchto měření vyhotoveny grafy pro každou sérii.

Kontrolní míry jsou pro přehlednost označeny v ilustrativním výkrese graficky a jsou jim připsány hodnoty X1 – X8.

X1 – $\Phi 65G7 (65^{+0,04}_{+0,1})$ [mm]

X5 – $38^{+0,2}_0$ [mm]

X2 – $\Phi 52,1J8 (52,1^{+0,028}_{-0,018})$ [mm]

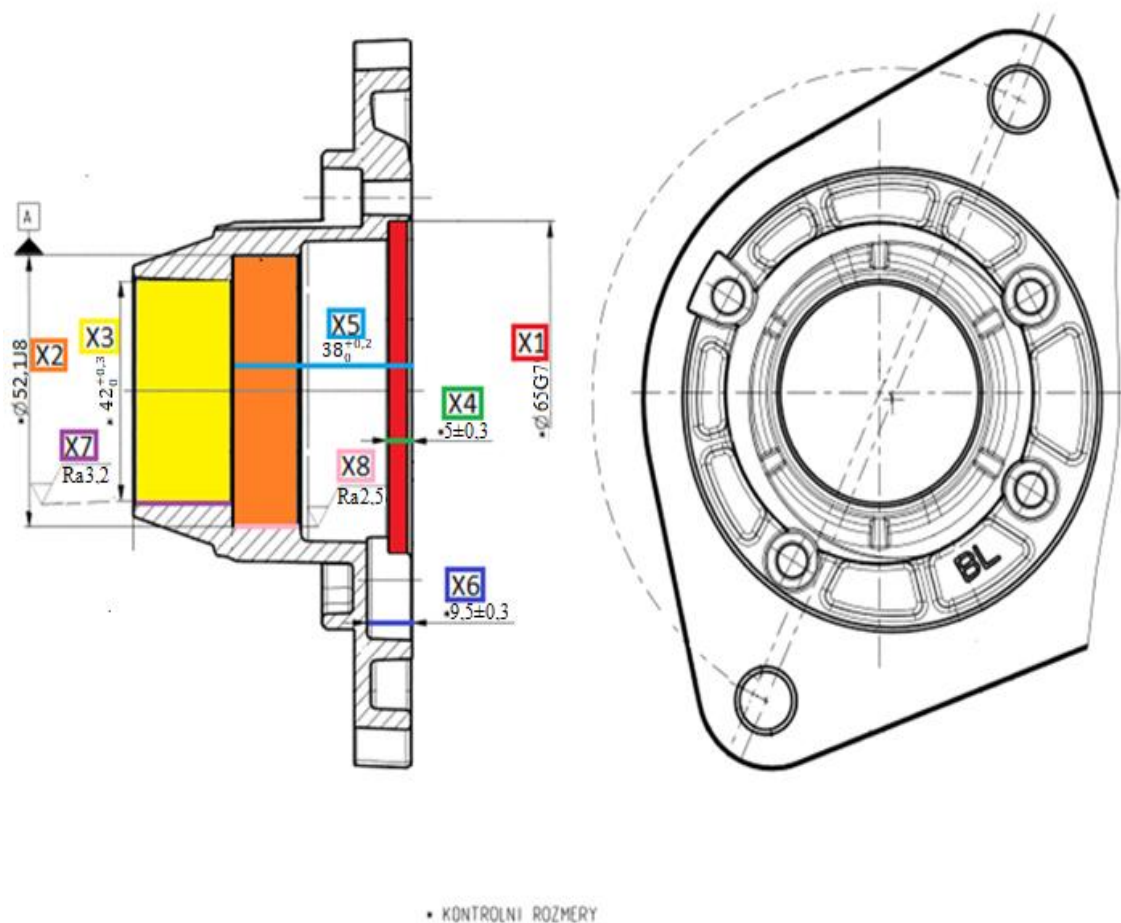
X6 – $9,5\pm 0,3$ [mm]

X3 – $\Phi 42^{+0,3}_0$ [mm]

X7 – Ra 3,2 [μm]

X4 – $5\pm 0,3$ [mm]

X8 – Ra 2,5 [μm]

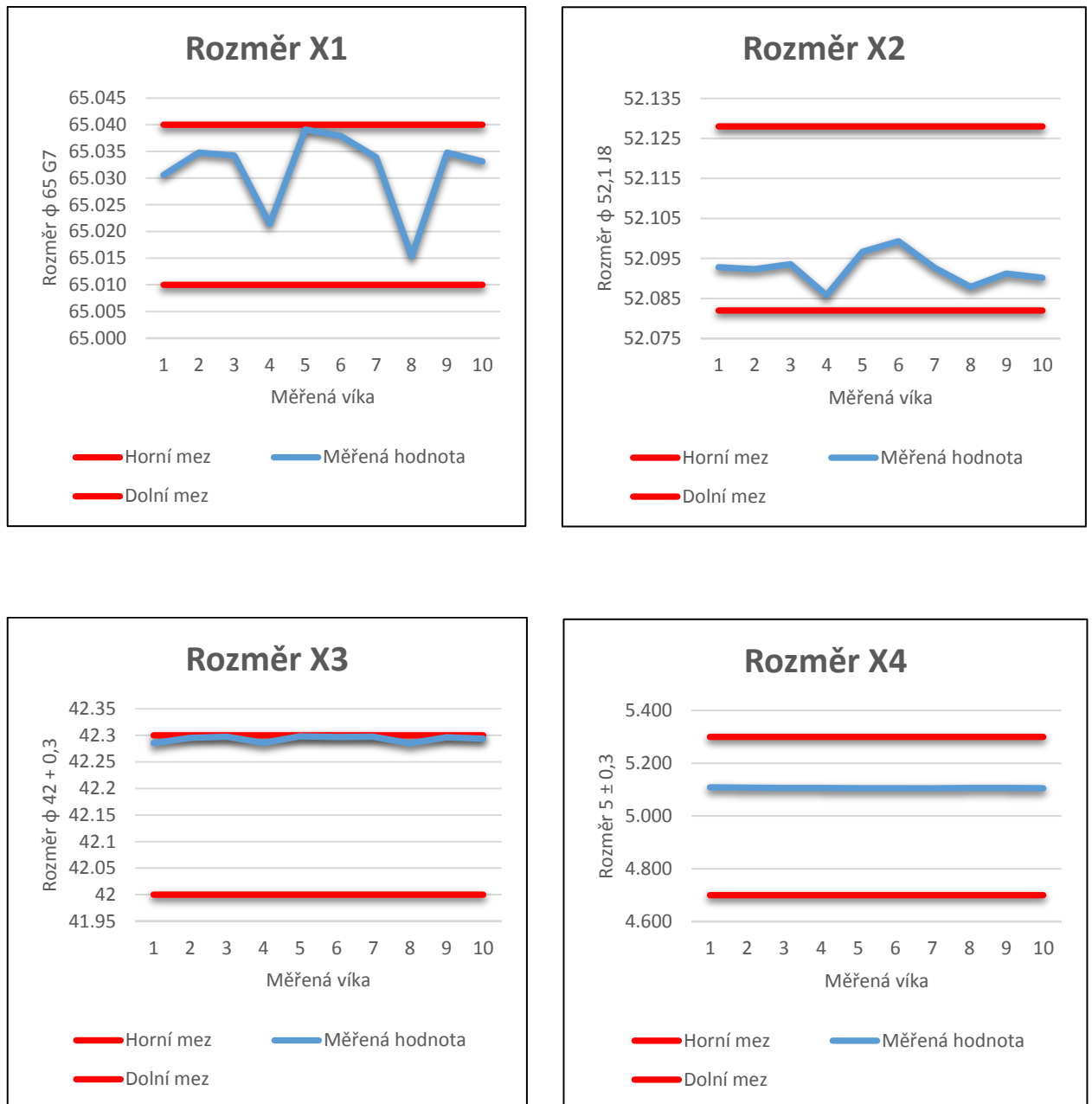


Obrázek 60 Přehledný popis měřených hodnot v ilustračním výkrese hliníkových vík

6.3.1 Naměřené hodnoty první série

Tabulka 8 Výsledky měření deseti vík první série

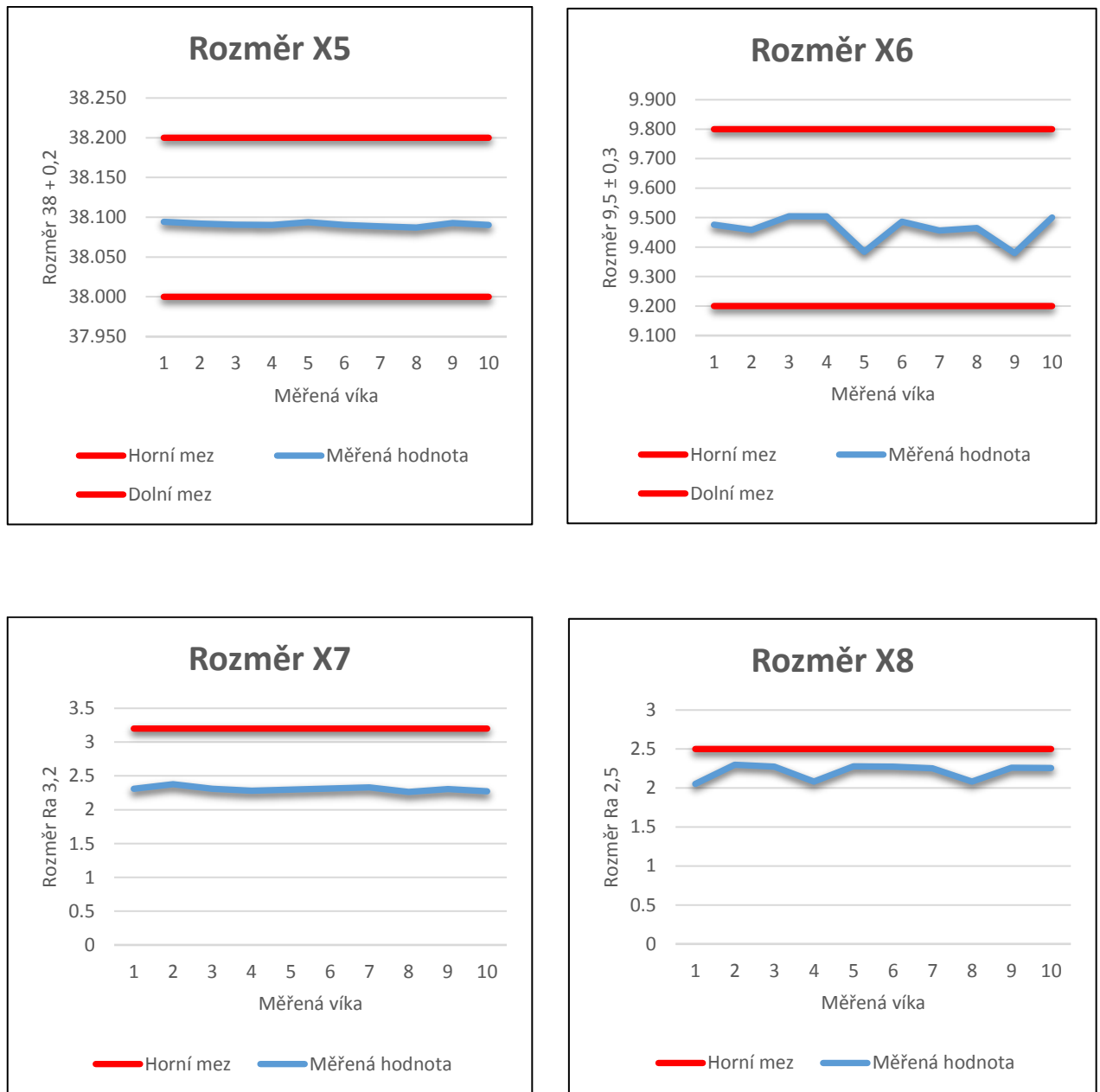
Víko	Výsledek	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
1.	průměr	65,03	52,09	42,28	5,109	38,09	9,476	2,308	2,052
	medián	65,03	52,08	42,28	5,109	38,09	9,476	2,310	2,050
	sm. odch.	0,012	0,018	0,030	0,002	0,003	0,010	0,041	0,030
2.	průměr	65,03	52,09	42,29	5,107	38,09	9,458	2,377	2,298
	medián	65,03	52,09	42,29	5,107	38,09	9,461	2,375	2,295
	sm. odch.	0,001	0,025	0,026	0,002	0,003	0,011	0,047	0,037
3.	průměr	65,03	52,09	42,29	5,107	38,09	9,505	2,311	2,273
	medián	65,03	52,09	42,29	5,107	38,09	9,506	2,310	2,270
	sm. odch.	0,003	0,007	0,007	0,002	0,003	0,013	0,028	0,032
4.	průměr	65,02	52,08	42,28	5,107	38,09	9,504	2,282	2,082
	medián	65,02	52,08	42,28	5,107	38,09	9,506	2,280	2,080
	sm. odch.	0,004	0,009	0,006	0,002	0,002	0,013	0,048	0,033
5.	průměr	65,03	52,09	42,29	5,105	38,09	9,384	2,298	2,278
	medián	65,03	52,09	42,29	5,104	38,09	9,384	2,315	2,275
	sm. odch.	0,004	0,014	0,012	0,003	0,002	0,014	0,052	0,025
6.	průměr	65,03	52,09	42,29	5,106	38,09	9,486	2,312	2,274
	medián	65,03	52,09	42,29	5,106	38,09	9,487	2,320	2,280
	sm. odch.	0,005	0,018	0,016	0,003	0,003	0,011	0,033	0,032
7.	průměr	65,03	52,09	42,29	5,105	38,08	9,456	2,328	2,254
	medián	65,03	52,09	42,30	5,105	38,08	9,456	2,325	2,260
	sm. odch.	0,006	0,012	0,015	0,003	0,003	0,012	0,035	0,026
8.	průměr	65,01	52,08	42,28	5,106	38,08	9,465	2,263	2,081
	medián	65,01	52,09	42,28	5,106	38,08	9,463	2,270	2,075
	sm. odch.	0,012	0,014	0,013	0,002	0,008	0,009	0,028	0,050
9.	průměr	65,03	52,09	42,29	5,107	38,09	9,380	2,306	2,260
	medián	65,03	52,09	42,29	5,108	38,09	9,380	2,305	2,260
	sm. odch.	0,012	0,03	0,022	0,003	0,003	0,009	0,062	0,055
10.	průměr	65,03	52,09	42,29	5,106	38,09	9,501	2,274	2,255
	medián	65,03	52,09	42,29	5,106	38,09	9,502	2,275	2,260
	sm. odch.	0,010	0,026	0,022	0,002	0,003	0,014	0,033	0,025



Obrázek 61 Grafy rozměrů X1 – X4 desíti vík první série

Naměřené hodnoty X1, X2 a X3 uvedené v grafu modrou barvou označují průměry děr $\Phi 65 G7$, $\Phi 52,1J8$ a $\Phi 42+0,3$, včetně jejich horní a dolní tolerance, které jsou vyznačeny červenými čarami.

Naměřená hodnota X4 uvedená v grafu modrou barvou označuje vzdálenost $5\pm 0,3$ dvou obrobených ploch. Červené čáry označují horní a dolní meze tolerance.



Obrázek 62 Grafy rozměrů X5 – X8 desíti vík první série

Naměřena hodnoty X5 uvedená v grafu modrou barvou označuje vzdálenost $38+0,2$ mezi dvěma obroběnými plochami. Naměřená hodnota X6 uvedená v grafu modrou barvou označuje vzdálenost $9,5\pm 0,3$ mezi obroběnou a neobroběnou plochou. Červené čáry vyznačují horní a dolní meze tolerance.

Naměřená hodnota X7 a X8 uvedená modrou v grafu modrou barvou označuje drsnost povrchu Ra 3,2 a Ra 2,5. Dolní mezí tolerance je 0, proto není v grafu uvedena.

6.3.2 Analýza naměřených hodnot první série

Na výsledné geometrické rozměry má vliv několik faktorů, jako jsou opotřebení nástroje, možné vibrace obráběcího stroje, správné upnutí víka do obráběcího stroje, geometrická přesnost odlitku víka určeného k obrábění a také nastavení programu obráběcího stroje seřizovačem.

Žádný z měřených rozměrů nepřekračuje stanovené tolerance, a proto je možné víka vyhodnotit jako způsobilá pro další montáž, avšak lze pozorovat různé odchylky hodnot mezi jednotlivými víky v sérii.

Průměry:

- Rozměr X1 nabývá hodnot spíše vyšších rozmezí tolerance což je zapříčiněno nastavením hodnot programu stroje. V případě vzorku číslo 5 je dokonce na pomezí horní hranice tolerance, naopak vzorky číslo 4 a 8 spadají hluboko pod průměrnou naměřenou hodnotu. To může být způsobeno především špatným upnutím víka do čelistí obráběcího stroje, které má vliv na vyosení, případně to mohou způsobovat geometrické nedokonalosti samotného odlitku víka.
- Rozměr X2 vykazuje podobné výkyvy, avšak nastavení stroje je spíše v nižší hodnoty tolerančního pole.
- Rozměr X3 vykazuje stabilitu při obrábění, jeho hodnoty jsou těsně u horní hranice tolerančního pole. Tento rozměr je volnější kvůli větší vůli vůči pohyblivému pastorku, aby se nezadrhával.

Každý z obráběného průměru vykazuje nižší stabilitu při špatném upnutí, čím je ve větší vzdálenosti od upínacích čelistí stroje.

Výšky:

- Rozměry X4 a X5 označující vzdálenost dvou rovin vykazují stabilní chování, jelikož se jedná o vzdálenost dvou obráběných rovin, které jsou programem určeny v přesně stanovené vzdálenosti od sebe.
- Výjimkou je rozměr X6, který vykazuje méně stabilní chování, protože je zde měřena vzdálenost dvou ploch, z nichž jedna je obrobená a druhá ne.

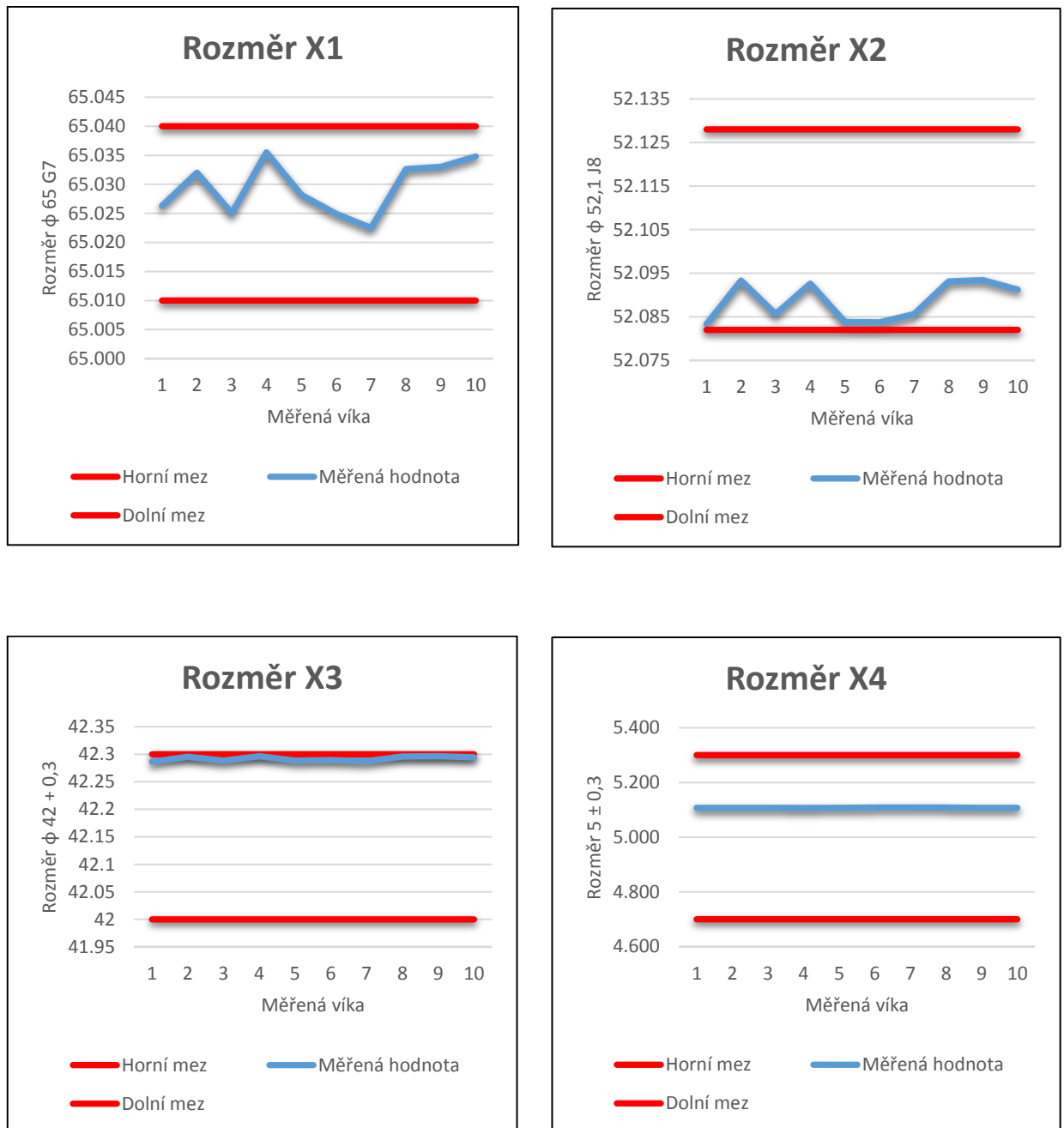
Drsnost povrchu:

- Rozměry X7 a X8 označující drsnost obrobených funkčních ploch jsou závislé na nástroji, kterým jsou tyto plochy upravovány soustružením a místě měření. Vzhledem k tomu, že tyto plochy jsou upravovány stejným nástrojem, je i drsnost těchto ploch velmi podobná.

6.3.3 Naměřené hodnoty druhé série

Tabulka 9 Výsledky měření deseti vík druhé série

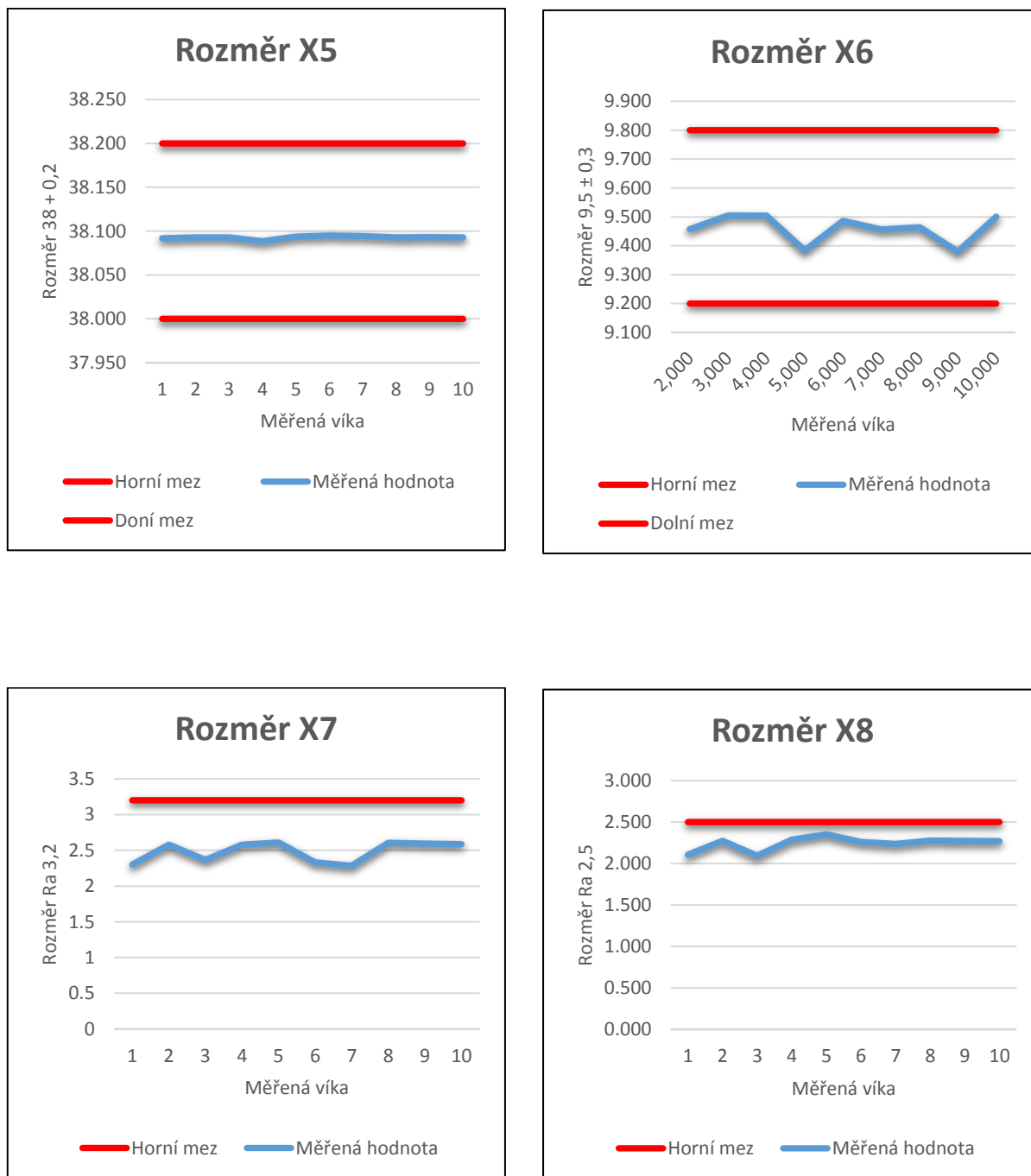
Víko	Výsledek	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
1.	průměr	65,026	52,083	42,286	5,108	38,092	9,443	2,300	2,105
	medián	65,029	52,084	42,287	5,108	38,093	9,442	2,295	2,100
	sm. odch.	0,010	0,024	0,027	0,002	0,002	0,009	0,028	0,028
2.	průměr	65,032	52,093	42,296	5,107	38,093	9,358	2,580	2,273
	medián	65,032	52,093	42,298	5,107	38,093	9,359	2,575	2,260
	sm. odch.	0,006	0,011	0,012	0,002	0,002	0,010	0,042	0,037
3.	průměr	65,025	52,086	42,289	5,107	38,093	9,404	2,367	2,094
	medián	65,026	52,086	42,289	5,107	38,093	9,410	2,370	2,095
	sm. odch.	0,001	0,011	0,015	0,002	0,002	0,015	0,054	0,027
4.	průměr	65,036	52,093	42,296	5,107	38,089	9,467	2,578	2,287
	medián	65,035	52,098	42,296	5,107	38,088	9,473	2,570	2,290
	sm. odch.	0,002	0,017	0,020	0,003	0,002	0,015	0,046	0,043
5.	průměr	65,028	52,084	42,288	5,108	38,094	9,403	2,609	2,351
	medián	65,030	52,087	42,289	5,108	38,094	9,402	2,610	2,345
	sm. odch.	0,009	0,027	0,028	0,002	0,003	0,011	0,039	0,028
6.	průměr	65,025	52,084	42,289	5,108	38,095	9,418	2,329	2,259
	medián	65,026	52,081	42,288	5,108	38,095	9,415	2,335	2,255
	sm. odch.	0,002	0,014	0,018	0,003	0,002	0,011	0,035	0,041
7.	průměr	65,023	52,086	42,287	5,108	38,095	9,446	2,284	2,236
	medián	65,023	52,089	42,289	5,107	38,095	9,450	2,290	2,240
	sm. odch.	0,005	0,021	0,024	0,002	0,002	0,014	0,042	0,043
8.	průměr	65,033	52,093	42,296	5,108	38,093	9,488	2,605	2,275
	medián	65,032	52,099	42,299	5,108	38,093	9,486	2,605	2,275
	sm. odch.	0,008	0,015	0,017	0,002	0,002	0,006	0,031	0,028
9.	průměr	65,033	52,093	42,297	5,108	38,093	9,391	2,595	2,273
	medián	65,033	52,098	42,298	5,108	38,093	9,392	2,605	2,265
	sm. odch.	0,007	0,015	0,014	0,002	0,002	0,010	0,042	0,023
10.	průměr	65,035	52,091	42,295	5,108	38,093	9,450	2,587	2,269
	medián	65,035	52,091	42,295	5,108	38,093	9,451	2,580	2,270
	sm. odch.	0,011	0,029	0,033	0,002	0,002	0,015	0,038	0,011



Obrázek 63 Grafy rozměrů X1 – X4 desíti vík druhé série

Naměřené hodnoty X1, X2 a X3 uvedené v grafu modrou barvou označují průměry děr $\Phi 65 G7$, $\Phi 52,1J8$ a $\Phi 42+0,3$, včetně jejich horní a dolní tolerance, které jsou vyznačeny červenými čarami.

Naměřená hodnota X4 uvedená v grafu modrou barvou označuje vzdálenost $5\pm 0,3$ dvou obrobenech ploch. Červené čáry označují horní a dolní meze tolerance.



Obrázek 64 Grafy rozměrů X5 – X8 desíti vík druhé série

Naměřena hodnoty X5 uvedená v grafu modrou barvou označuje vzdálenost 38+0,2 mezi dvěma obroběnými plochami. Naměřená hodnota X6 uvedená v grafu modrou barvou označuje vzdálenost 9,5±0,3 mezi obroběnou a neobroběnou plochou. Červené čáry vyznačují horní a dolní meze tolerance.

Naměřená hodnota X7 a X8 uvedená modrou v grafu modrou barvou označuje drsnost povrchu Ra 3,2 a Ra 2,5. Dolní mezí tolerance je 0, proto není v grafu uvedena.

6.3.4 Analýza naměřených hodnot druhé série

Všechna víka v druhé sérii mají také rozměry v rozmezí stanovených tolerancí, a lze je uvolnit pro další montáž. Z grafu naměřených hodnot lze také pozorovat mírné výkyvy.

Průměry:

- Rozměry X1 až X2 mají podobný rozptyl hodnot v grafu jako v případě první série. Jejich průměry jsou menší, což je způsobeno novým nastavením stroje seřizovačem před zahájením úprav každé nové série vík. Hodnota X2 se u pár vík přibližuje spíše hodnotám blížícím se dolní mezi tolerance, ale nepřekračuje ji.
- Rozměr X3 zůstává téměř beze změny, opět při horní mezi tolerance.

Výšky:

- X4 a X5 označující vzdálenosti dvou obrobených ploch zůstávají beze změny.
- X6 označující vzdálenost mezi obrobenou plochou a neobrobenou plochou má stále proměnlivé hodnoty vzhledem k nerovnostem neobrobené plochy a jsou závislé na místě měření.

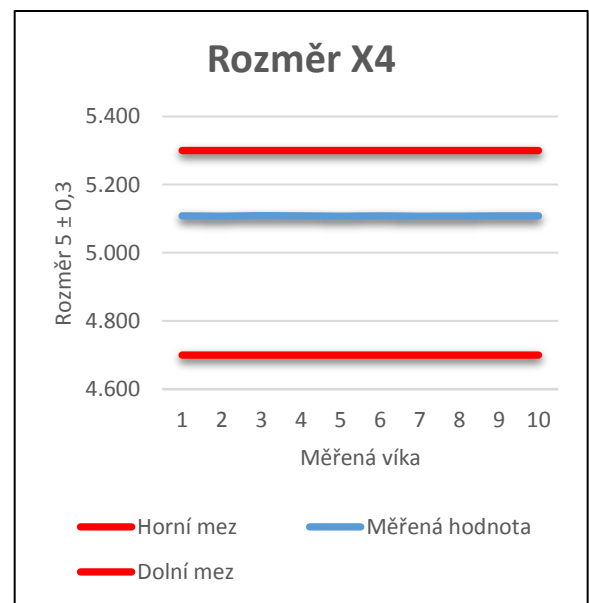
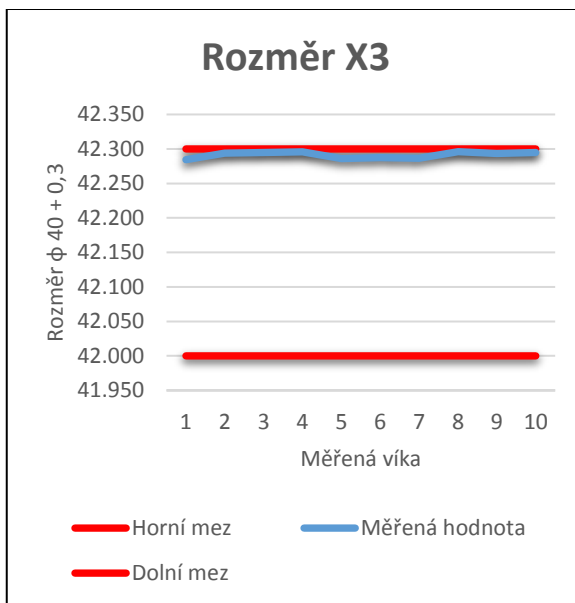
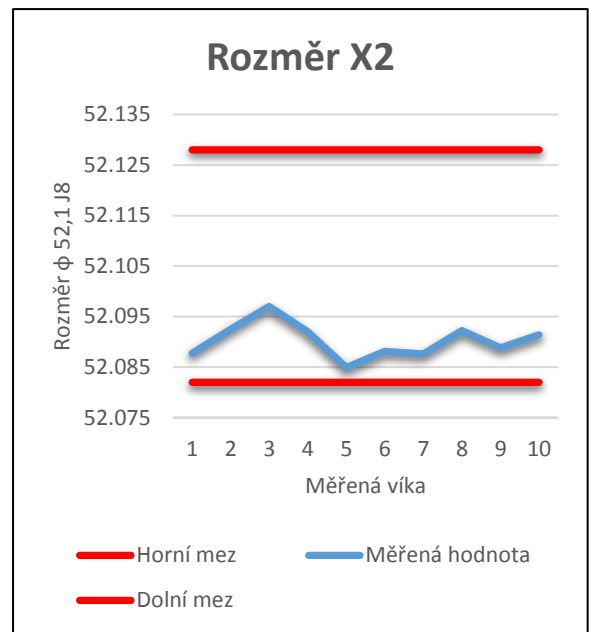
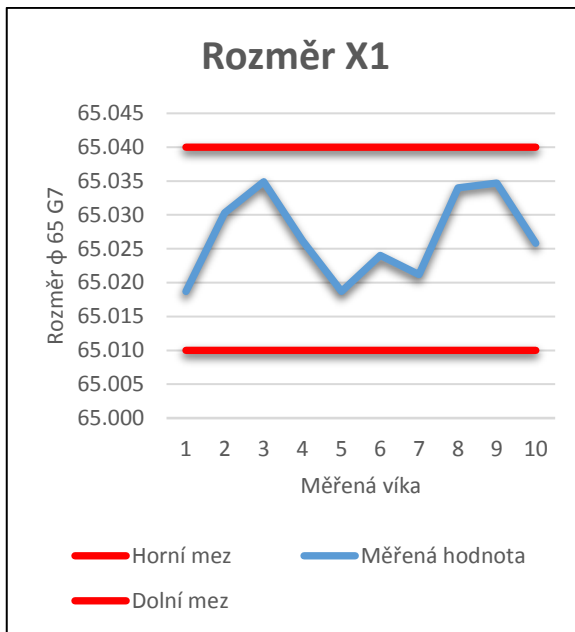
Drsnost povrchu:

- Rozměry X7 a X8 označující drsnost obrobených ploch zůstávají podobné, protože je využíván stejný nástroj.

6.3.5 Naměřené hodnoty třetí série

Tabulka 10 Výsledky měření deseti vík třetí série

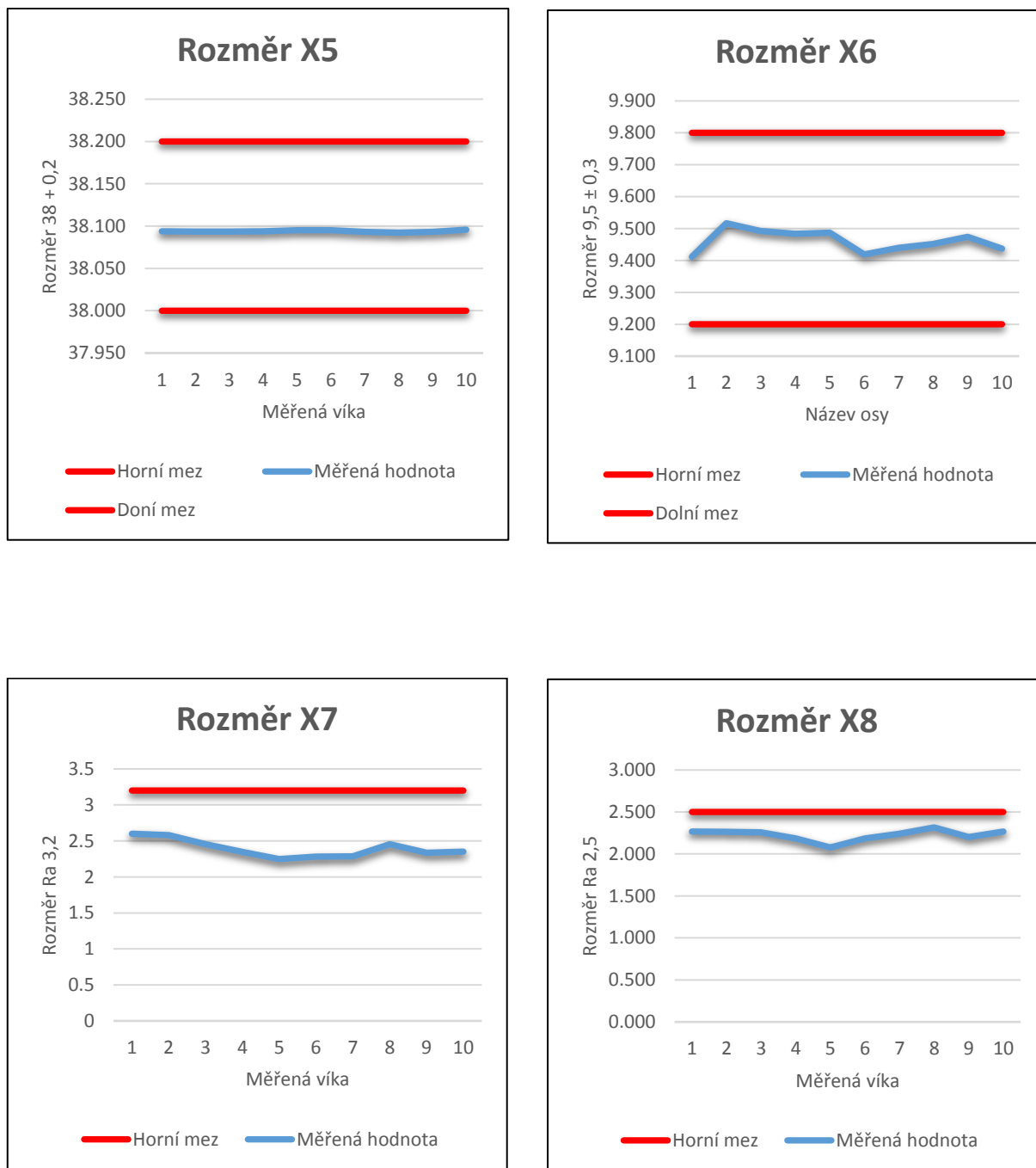
Víko	Výsledek	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
1.	průměr	65,019	52,088	42,284	5,108	38,094	9,412	2,600	2,267
	medián	65,018	52,087	42,286	5,108	38,094	9,414	2,605	2,260
	sm. odch.	0,002	0,010	0,016	0,002	0,002	0,012	0,036	0,025
2.	průměr	65,030	52,093	42,294	5,108	38,093	9,517	2,582	2,264
	medián	65,029	52,101	42,297	5,108	38,093	9,517	2,575	2,255
	sm. odch.	0,008	0,020	0,024	0,003	0,002	0,008	0,032	0,040
3.	průměr	65,035	52,097	42,295	5,109	38,094	9,492	2,454	2,258
	medián	65,035	52,101	42,298	5,09	38,094	9,494	2,450	2,260
	sm. odch.	0,005	0,013	0,010	0,002	0,001	0,007	0,027	0,022
4.	průměr	65,026	52,092	42,296	5,109	38,094	9,484	2,347	2,186
	medián	65,027	52,096	42,299	5,109	38,094	9,485	2,345	2,190
	sm. odch.	0,009	0,016	0,010	0,003	0,002	0,008	0,034	0,052
5.	průměr	65,019	52,085	42,286	5,108	38,095	9,487	2,248	2,077
	medián	65,017	52,088	42,287	5,108	38,095	9,486	2,245	2,085
	sm. odch.	0,011	0,012	0,019	0,003	0,002	0,010	0,021	0,028
6.	průměr	65,024	52,088	42,288	5,108	38,095	9,419	2,284	2,184
	medián	65,023	52,089	42,287	5,109	38,096	9,418	2,285	2,185
	sm. odch.	0,006	0,018	0,025	0,003	0,002	0,013	0,026	0,021
7.	průměr	65,021	52,088	42,287	5,107	38,093	9,440	2,286	2,241
	medián	65,021	52,091	42,289	5,108	38,094	9,445	2,285	2,245
	sm. odch.	0,007	0,011	0,020	0,002	0,002	0,015	0,025	0,027
8.	průměr	65,034	52,092	42,296	5,107	38,092	9,451	2,453	2,316
	medián	65,034	52,096	42,295	5,108	38,092	9,450	2,455	2,315
	sm. odch.	0,004	0,020	0,018	0,002	0,002	0,007	0,035	0,022
9.	průměr	65,035	52,089	42,294	5,108	38,093	9,474	2,337	2,201
	medián	65,036	52,092	42,294	5,109	38,093	9,473	2,340	2,200
	sm. odch.	0,007	0,028	0,031	0,002	0,002	0,012	0,034	0,024
10.	průměr	65,026	52,091	42,295	5,109	38,096	9,437	2,352	2,267
	medián	65,025	52,094	42,297	5,109	38,096	9,436	2,355	2,265
	sm. odch.	0,003	0,014	0,023	0,002	0,003	0,010	0,025	0,024



Obrázek 65 Grafy rozměrů X1 – X4 desíti vík třetí série

Naměřené hodnoty X1, X2 a X3 uvedené v grafu modrou barvou označují průměry děr $\Phi 65 G7$, $\Phi 52,1J8$ a $\Phi 42+0,3$, včetně jejich horní a dolní tolerance, které jsou vyznačeny červenými čarami.

Naměřená hodnota X4 uvedená v grafu modrou barvou označuje vzdálenost $5\pm 0,3$ dvou obrobených ploch. Červené čáry označují horní a dolní meze tolerance.



Obrázek 66 Grafy rozměrů X5 – X8 desíti vík třetí série

Naměřena hodnoty X5 uvedená v grafu modrou barvou označuje vzdálenost 38+0,2 mezi dvěma obrobenými plochami. Naměřená hodnota X6 uvedená v grafu modrou barvou označuje vzdálenost 9,5±0,3 mezi obrobenou a neobrobenou plochou. Červené čáry vyznačují horní a dolní meze tolerance.

Naměřená hodnota X7 a X8 uvedená modrou v grafu modrou barvou označuje drsnost povrchu Ra 3,2 a Ra 2,5. Dolní mezí tolerance je 0, proto není v grafu uvedena.

6.3.6 Analýza naměřených hodnot třetí série

Žádné z vík třetí série nepřekračuje stanovené meze tolerance a jsou tedy způsobilá pro další operaci.

Průměry:

- Rozměr X1 má opět větší rozptyl hodnot, ale žádná se příliš nepřibližuje horní nebo dolní mezi tolerance.
- Rozměr X2 má opět podobný rozptyl hodnot jako v případě předchozích sérií, dolní meze tolerance se přibližuje nejvíce víko číslo 5, avšak jeho hodnoty jsou spíše stabilní.
- Rozměr X3 je opět volnější a nastaven k horním mezím tolerance.

Výšky:

- Rozměry X4 a X5 označující vzdálenost mezi dvěma obrobenými plochami nabývají opět podobných hodnot a jsou stálé u všech deseti vík.
- Rozměr X6 označující vzdálenost mezi obrobenou a neobrobenou plochou vykazuje podobný rozptyl hodnot jako v případě předchozích sérií.

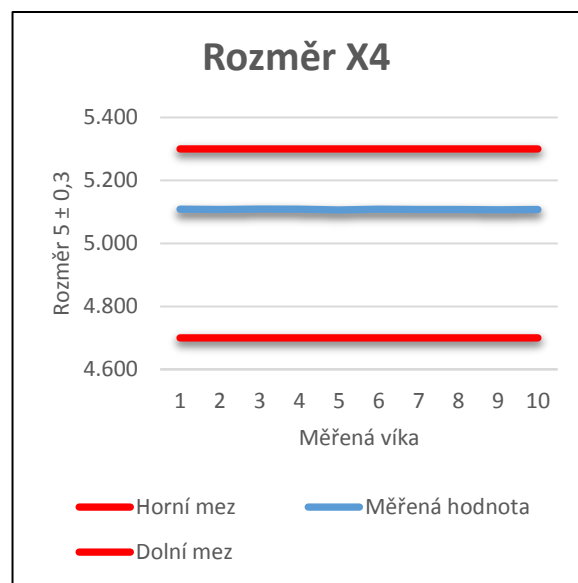
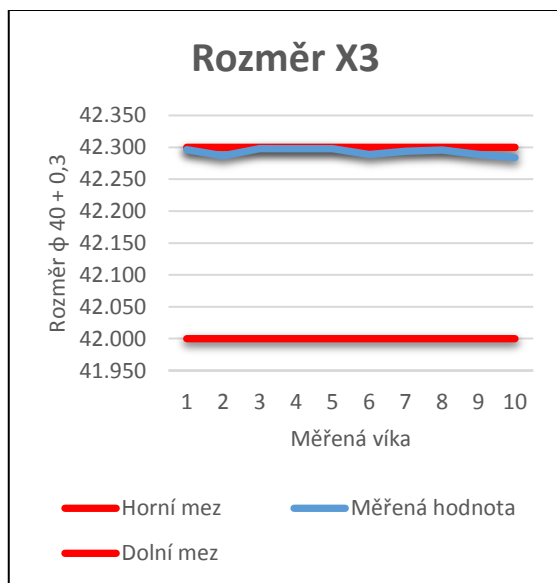
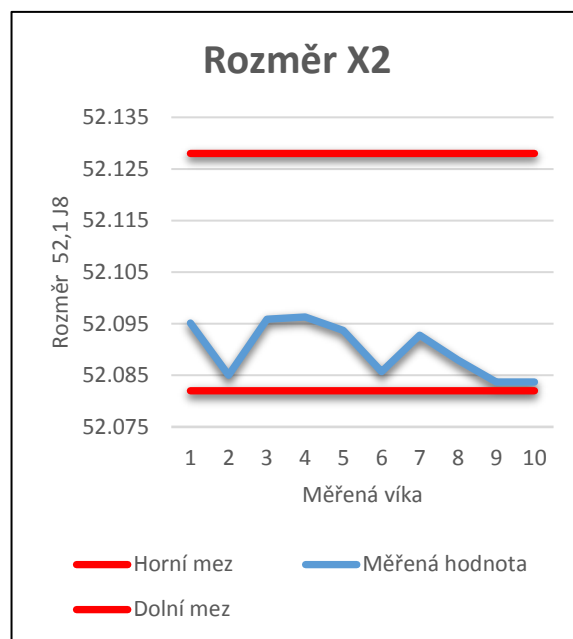
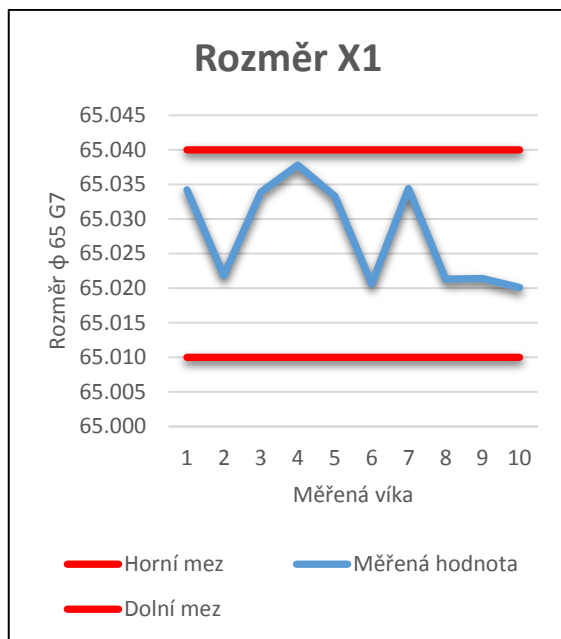
Drsnost povrchu:

- Rozměry X7 a X8 označující drsnost funkčních ploch zůstávají v podobných hodnotách jako v případě předchozích sérií, ovšem jejich rozptyl hodnot je větší. To může být způsobeno větší opotřebovaností břitu nástroje, kterým jsou tyto povrchy obráběny.

6.3.7 Naměřené hodnoty čtvrté série

Tabulka 11 Výsledky měření deseti vík čtvrté série

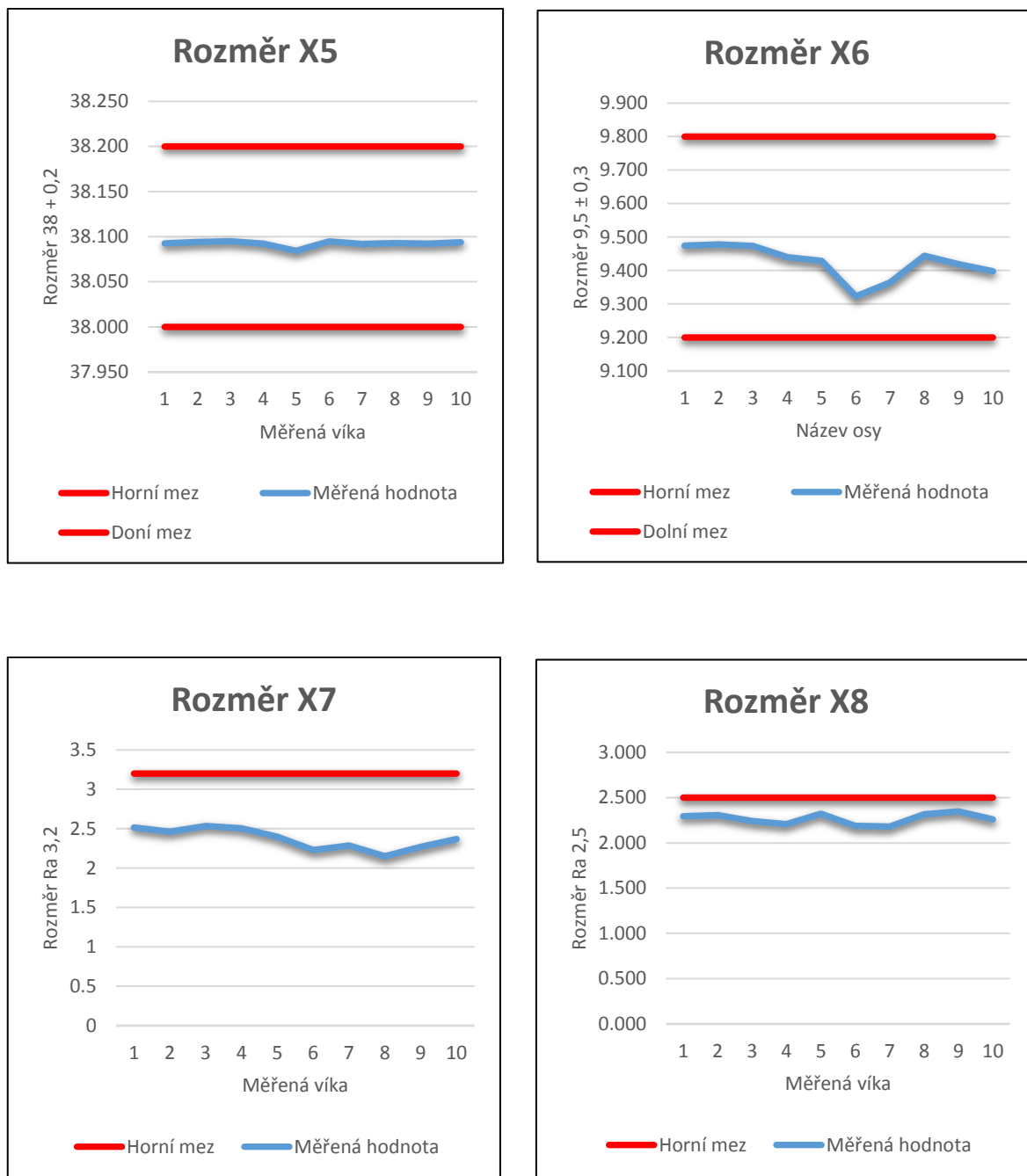
Víko	Výsledek	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
1.	průměr	65,034	52,095	42,298	5,109	38,093	9,474	2,516	2,294
	medián	65,034	52,098	42,297	5,109	38,092	9,475	2,515	2,295
	sm. odch.	0,005	0,014	0,015	0,002	0,002	0,006	0,025	0,021
2.	průměr	65,022	52,085	42,287	5,108	38,094	9,478	2,460	2,307
	medián	65,022	52,087	42,287	5,108	38,094	9,479	2,465	2,305
	sm. odch.	0,005	0,008	0,020	0,003	0,001	0,010	0,026	0,020
3.	průměr	65,034	52,096	42,298	5,09	38,095	9,473	5,534	2,242
	medián	65,035	52,096	42,298	5,109	38,095	9,476	2,530	2,245
	sm. odch.	0,003	0,009	0,003	0,002	0,002	0,011	0,023	0,017
4.	průměr	65,038	52,096	42,298	5,108	38,092	9,440	2,504	2,206
	medián	65,038	52,097	42,298	5,109	38,092	9,441	2,510	2,210
	sm. odch.	0,003	0,013	0,014	0,002	0,002	0,009	0,032	0,029
5.	průměr	65,033	52,094	42,298	5,106	38,084	9,429	2,396	2,321
	medián	65,033	65,095	42,298	5,107	38,085	9,430	2,390	2,320
	sm. odch.	0,002	0,011	0,009	0,003	0,003	0,009	0,022	0,037
6.	průměr	65,021	52,086	42,289	5,108	38,095	9,323	2,231	2,189
	medián	65,021	52,089	42,291	5,108	38,095	9,322	2,235	2,185
	sm. odch.	0,009	0,017	0,013	0,003	0,003	0,011	0,030	0,027
7.	průměr	65,034	52,093	42,294	5,108	38,092	9,365	2,285	2,180
	medián	65,036	52,097	42,298	5,108	38,092	9,365	2,285	2,175
	sm. odch.	0,007	0,013	0,011	0,002	0,001	0,007	0,033	0,027
8.	průměr	65,021	52,088	42,296	5,108	38,093	9,444	2,150	2,317
	medián	65,022	52,093	42,289	5,108	38,093	9,444	2,145	2,320
	sm. odch.	0,007	0,014	0,016	0,002	0,002	0,018	0,038	0,032
9.	průměr	65,021	52,084	42,289	5,107	38,092	9,419	2,269	2,348
	medián	65,022	52,084	42,288	5,108	38,092	9,421	2,265	2,345
	sm. odch.	0,005	0,005	0,010	0,003	0,002	0,009	0,034	0,024
10.	průměr	65,020	52,084	42,284	5,108	38,094	9,398	2,368	2,259
	medián	65,019	52,089	42,286	5,108	38,094	9,396	2,365	2,255
	sm. odch.	0,007	0,019	0,021	0,002	0,001	0,011	0,024	0,033



Obrázek 67 Grafy rozměrů X1 – X4 desíti vík čtvrté série

Naměřené hodnoty X1, X2 a X3 uvedené v grafu modrou barvou označují průměry děr $\Phi 65 G7$, $\Phi 52,1J8$ a $\Phi 42+0,3$, včetně jejich horní a dolní tolerance, které jsou vyznačeny červenými čarami.

Naměřená hodnota X4 uvedená v grafu modrou barvou označuje vzdálenost $5\pm 0,3$ dvou obrobeneých ploch. Červené čáry označují horní a dolní meze tolerance.



Obrázek 68 Grafy rozměrů X5 – X8 desíti vík čtvrté série

Naměřena hodnoty X5 uvedená v grafu modrou barvou označuje vzdálenost $38+0,2$ mezi dvěma obrobenými plochami. Naměřená hodnota X6 uvedená v grafu modrou barvou označuje vzdálenost $9,5\pm 0,3$ mezi obrobenou a neobrobenou plochou. Červené čáry vyznačují horní a dolní meze tolerance.

Naměřená hodnota X7 a X8 uvedená modrou v grafu modrou barvou označuje drsnost povrchu Ra 3,2 a Ra 2,5. Dolní meze tolerance je 0, proto není v grafu uvedena.

6.3.8 Analýza naměřených hodnot čtvrté série

I v poslední měřené sérii prošly všechny měřená víka a jejich rozměry jsou v mezích předepsaných tolerancí.

Průměry:

- Rozměr X1 má rozptýl hodnot podobně velký jako v předešlých sériích, víko číslo 4 se dostává k horní mezi tolerance, ale nepřekračuje ji.
- Rozměr X2 je opět spíše těsnější a drží se dolních mezi tolerance, víka číslo 2, 6, 9 a 10 jsou této dolní mezi nejbliže.
- Rozměr X3 opět volnější, a je stále nastaven blízko k horní mezi tolerance s ohledem na vůli mezi dírou a průměrem.

Výšky:

- Rozměry X4 a X5 označující vzdálenost mezi dvěma obrobenými plochami zůstávají ve stejných hodnotách, avšak X5 již má mírný výkyv u víka číslo 5.
- Rozměr X6 označující vzdálenost obrobené a neobrobené plochy vykazuje standartní chování v závislosti na měřeném místě neobrobené plochy a její geometrii.

Drsnost povrchu:

- Rozměry X7 a X8 označující drsnost povrchu funkčních rozměrů odpovídají svým grafem třetí sérii. Třetí a čtvrtá série byly měřeny s časovým rozestupem od druhé a první série.

6.3.9 Celkové hodnocení měření všech sérií

Všechna měřená víka odpovídají požadovaným tolerančním rozměrům a splňují předpoklady pro uvolnění pro následující operaci montáže sestavy.

Každá série měřených vík vykazuje větší či menší odchylky hodnot, které jsou zapříčiněny mnoha faktory. Rozhodující vliv na změny mezi sériemi má nastavení rozměrů při programování stroje seřizovačem před každou započatou sérií.

Na rozměry týkající se průměrů děr má největší vliv správnost upnutí víka do čelistí obráběcího stroje a také geometrie samotného odlitku. V obou případech může mít mírné vyosení obráběných průměrů víka vliv na jejich rozměry, které se projevují v závislosti na vzdálenosti od místa upnutí víka. Při deseti opakovaných měřeních každého víka, ze kterých je počítána průměrná hodnota těchto rozměrů dokonce vyplývá, že rozměry nabývají mírně odlišných hodnot, které jsou symetrické, to poukazuje na zvýšenou hodnotu kruhovitosti daného průměru.

Rozměry týkající se vzdáleností ploch se se příliš neodchylují od nastavených rozměrů seřizovačem. Pouze vzdálenost obrobené plochy a plochy která obrobená není, vykazuje větší rozptyl hodnot. To je způsobeno ne tak dokonalou geometrií neobrobené plochy, a záleží na místě, kde byl kontakt hrotem sondy proveden.

Rozměry týkající se drsnosti povrchu funkčních ploch závisí na opotřebení břitu nástroje, a především je ovlivňuje, ve kterých místech byla tato měření provedena.

Všechny kontrolní rozměry vík jsou konstrukcí navrženy vzhledem k jejich účelu, a jejich tolerance nejsou tak přísné, jako v případě jiných částí použitých v celkové sestavě. I přesto dochází výpadkům způsobeným špatnou kvalitou odlitku, špatnou obsluhou při výrobě, nebo nevhodnou manipulací. Proto je kontrola kvality v celém procesu výroby velmi důležitá.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo zaměřit se především na geometrickou přesnost a kvalitu hliníkových vík používaných ve výrobě. S tím samozřejmě souvisí i proces výroby, pomocí kterého jsou víka upravována, i způsoby posuzování jejich kvality a způsobilosti pro jejich další použití ve výrobě, za které zodpovídá kontrola kvality. K tomu jsou potřeba teoretické znalosti z oblasti metrologie, ale také jejich praktické využití v provozu. Z toho důvodu byla velká část této práce věnována právě těmto důležitým a pro výrobní průmysl nepostradatelným oblastem.

Hlavním úkolem však bylo pomocí vhodných měřících metod, za pomoci využitých měřících přístrojů, tyto požadované rozměry změřit. Takto získané hodnoty analyzovat a dokázat jejich opakující se charakter. Využity přitom byly vhodné podmínky metrologické laboratoře, i zkušenosti nabyté při vykonávání v této pracovní pozici. Díky tomu bylo možné i poskytnout tyto údaje úseku kvality a technologie, na základě čehož se dá zaměřit více na tyto rozměrové odchylky, a při budoucí výrobě je brát v úvahu, případně je eliminovat.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

podle použité citační normy

- [1] GRABE, Michael Grabe. *Truth and Traceability in Physics and Metrology: Measurement uncertainties*. 20181001. San Rafael: Morgan & Claypool Publishers, 2018. ISBN 9781643270968. Dostupné z: doi:10.1088/978-1-64327-096-8
- [2] ČSN ISO 14253-2. *ČSN ISO 14253-2: Geometrické specifikace produktu (GPS) - Kontrola obrobků a měřicího vybavení měřením - Část 2: Návod pro odhad nejistoty měření v GPS, při kalibraci měřicího vybavení a při ověřování výrobku*. 12. Český normalizační institut: SVÚM, a.s., Praha, 2011.
- [3] ČSN ISO 5725. *ČSN ISO 5725-1: Přesnost (pravdivost a preciznost) metod a výsledků měření*. 09. Český normalizační institut: SVÚM, a.s., Praha, 2018.
- [4] CROWDER, Stephen, Collin DELKER, Eric FORREST a Nevin MARTIN. *Introduction to Statistics in Metrology*. New Mexico: Springer Nature Switzerland AG, 2020. ISBN 978-3-030-53329-8.
- [5] DIECK, Ronald H. *Measurement Uncertainty: Methods and Applications*. 4th ed. New York: ISA - The Instrumentation, Systems and Automation Society, 2007. ISBN 1-55617-915-4.
- [6] O'HAGAN, Anthony a Maurice COX. Simple informative prior distributions for Type A uncertainty evaluation in metrology. *Metrologia*. BIPM, 2023, 2023(60), 16. Dostupné z: doi:10.1088/1681-7575/acb93d
- [7] VOLEK, František. *Základy pružnosti a pevnosti*. Univerzita Tomáše Bati, 2004.
- [8] ČSN EN ISO 8501-1. *ČSN EN ISO 8501-1: Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu - Část 1: Stupně zarezavění a stupně přípravy ocelového podkladu bez povlaku a ocelového podkladu po úplném odstranění předchozích povlaků*. 11. Český normalizační institut: SVÚM, a.s., Praha, 2007.
- [9] HENZOLD, Georg. *Geometrical Dimensioning and Tolerancing for Design, Manufacturing and Inspection: A Handbook for Geometrical Product Specification Using ISO and ASME Standards*. Third Edition. Oxford: Butterworth Heinemann, 2020. ISBN 978-0-12-824061-8. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1016/C2020-0-01081-9
- [10] KLETEČKA, , a Petr FOŘT. *Technické kreslení*. Druhé. Brno: Computer Press, 2012. ISBN 978-80-251-1887-0.
- [11] ČSN ISO 2768-1 (014240). *ČSN ISO 2768-1: Všeobecné tolerance. Nepředepsané mezní úchytky délkových a úhlových rozměrů*. 1. Český normalizační institut: SVÚM, a.s., Praha, 1992.
- [12] DRASTÍK, František. *Přesnost a tolerování rozměrů ve strojírenství*. Praha: Verlag Dashöfer, 2017. ISBN 978-80-87963-30-2.
- [13] ČSN EN ISO 17450-1. *ČSN EN ISO 17450-1: Geometrické specifikace produktu (GPS) - Obecné pojmy - Část 1: Model pro geometrickou specifikaci a ověření*. 07. Český normalizační institut: SVÚM, a.s., Praha, 2022.
- [14] VÁVRA, Pavel a Jiří LEINVEBER. *Strojnické tabulky*. 2021. Praha: ALBRA, 2021. ISBN 978-80-7361-124-8.

- [15] FAULKNER, Lynn a James MEADOWS. *Geometric Dimensioning and Tolerancing* [online]. 1st Edition. New York: Routledge, 2017 [cit. 2022-11-23]. ISBN 9780203753507.
- [16] SVOBODA, Pavel a Jan BRANDEJS. *Základy konstruování*. 8. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2020. ISBN 9788076230347.
- [17] ČSN EN ISO 1101. *ČSN EN ISO 1101: Geometrické specifikace produktu (GPS) - Geometrické tolerování - Tolerance tvaru, orientace, umístění a házení*. 03. Český normalizační institut: SVÚM, a.s., Praha, 2020.
- [18] ČSN EN ISO 22081. *ČSN EN ISO 22081: Geometrické specifikace produktu (GPS) - Geometrické tolerování - Obecné geometrické specifikace a obecné rozměrové specifikace*. 06. Český normalizační institut: SVÚM, a.s., Praha, 2022.
- [19] ČSN EN ISO 5459. *ČSN EN ISO 5459: Geometrické specifikace produktu (GPS) - Geometrické tolerování - Základny a soustavy základen*. 07. Český normalizační institut: SVÚM, a.s., Praha, 2022.
- [20] ČSN EN ISO 21920-2. *ČSN EN ISO 21920-2: Geometrické specifikace produktu (GPS) - Struktura povrchu: Profil - Část 2: Termíny, definice a parametry struktury povrchu*. 07. Český normalizační institut: SVÚM, a.s., Praha, 2022.
- [21] DAVIM, J. Paulo. *Surface Integrity in Machining*. XII. University of Aveiro: University of Aveiro, 2010. ISBN 978-1-84882-873-5.
- [22] AZARHOUSHANG, Bahman, Ioan MARINESCU, W. ROWE, Boris DIMITROV a Hitoshi OHMORI. *Tribology and Fundamentals of Abrasive Machining Processes. Third Edition*. United States: William Andrew Publishing, 2022. ISBN 978-0-12-823777-9.
- [23] *Dodavatelský manuál revize 05: Proces schvalování vzorků*. Kroměříž, 2021.
- [24] *Řízení neshody revize - 05*. Kroměříž, 2019.
- [25] ČSN EN ISO 10360. *Geometrické požadavky na výrobky: Přejímací a periodické zkoušky souřadnicových měřicích strojů (CMM) - Část 2: Souřadnicové měřicí stroje používané pro měření lineárních rozměrů*. 2. Český normalizační institut, 2010.
- [26] ČSN ISO 16610-21. *Geometrické specifikace produktu: Filtrace - Část 21: Lineární profilové filtry: Gaussovy filtry*. 21. Český normalizační institut: SVÚM, a.s., Praha, 2012.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Příklad zápisu mezních úchylek	19
Obrázek 2 Příklad zápisu mezních rozměrů	19
Obrázek 3 Příklad zápisu toleranční značky	19
Obrázek 4 Toleranční pole.....	21
Obrázek 5 Příklad uložení s vůlí.....	21
Obrázek 6 Příklad uložení s přesahem.....	22
Obrázek 7 Příklad přechodného uložení	22
Obrázek 8 Uložení v soustavě jednotné díry	23
Obrázek 9 Uložení v soustavě jednotného hřídele.....	24
Obrázek 10 Tolerance přímosti.....	25
Obrázek 11 Tolerance rovinnosti.....	25
Obrázek 12 Tolerance kruhovitosti.....	25
Obrázek 13 Tolerance válcovitosti	26
Obrázek 14 Tolerance rovnoběžnosti	26
Obrázek 15 Tolerance kolmosti	26
Obrázek 16 Tolerance sklonu	27
Obrázek 17 Tolerance souososti a soustřednosti	27
Obrázek 18 Tolerance souměrnosti	27
Obrázek 19 Tolerance polohy prvku	28
Obrázek 20 Tolerance házení kruhového čelního.....	28
Obrázek 21 Tolerance celkového házení	28
Obrázek 22 Tolerance tvaru profilu.....	29
Obrázek 23 Tolerance tvaru plochy.....	29
Obrázek 24 Příklad značky geometrické základny.....	30
Obrázek 25 Profil povrchu.....	31
Obrázek 26 Profil drsnosti	32
Obrázek 27 Doporučené hodnoty drsnosti povrchu	32
Obrázek 28 Značka struktury povrchu.....	33
Obrázek 29 Značka označující povrch obrobený i neobrobený	33
Obrázek 30 Značka označující povrch obrobený	33
Obrázek 31 Značka označující povrch neobrobený.....	33
Obrázek 32 Statistická přejímka pro kontrolu materiálu	38
Obrázek 33 Sada měřících trnů.....	39
Obrázek 34 Výškoměr značky Mitutoyo	39

Obrázek 35 Průvodka materiálu sledující všechny prováděné operace.....	40
Obrázek 36 Obráběcí stroj Mazak Nexus 200 - II.....	40
Obrázek 37 Kalibr pro měření vnitřního opracovaného průměru 65G7.....	41
Obrázek 38 Kalibr pro měření vnějšího opracovaného průměru 88,8h9.....	42
Obrázek 39 Příklad kontrolní návodky nařizující kontrolu daných rozměrů a měřidel k tomu určených.....	42
Obrázek 40 Používané lístky pro uvolňování, pozastavení nebo zákaz výroby.....	43
Obrázek 41 Zjednodušený výkres hliníkových vík označující kontrolní rozměry.	44
Obrázek 42 Teploměr analyzující teplotu v metrologické laboratoři.	45
Obrázek 43 Sonda připravená na kalibraci a kalibrační kulička	47
Obrázek 44 Okno nastavení kalibračních údajů.	47
Obrázek 45 Okno výsledků interní kalibrace s datem a časem měření.	48
Obrázek 46 Souřadnicový měřicí stroj DEA GLOBAL PERFORMANCE	49
Obrázek 47 Rubínová kulička doteku sondy	50
Obrázek 48 Drsnoměr Waveline T8000 využitý při měření drsnosti.	50
Obrázek 49 Upnutí víka ve sklíčidle při měření pomocí souřadnicového měřicího stroje..	51
Obrázek 50 Upnutí víka ve svěráku při měření pomocí drsnoměru.	52
Obrázek 51 Ilustrační obrázek zobrazující referenční vyrovnávací prvky a souřadnicový systém X,Y.....	53
Obrázek 52 Softwarové nastavení základního vyrovnání a souřadnicového systému X,Y.	53
Obrázek 53 Joystick využívaný pro ovládání ramena souřadnicového měřicího stroje.....	54
Obrázek 54 Programovací okno uživatelského rozhraní	55
Obrázek 55 Grafické okno uživatelského rozhraní.....	55
Obrázek 56 Grafické řešení měřeného průměru	56
Obrázek 57 Grafické řešení měření výšek	56
Obrázek 58 Tabulka s výběrem parametrů měření drsnosti	57
Obrázek 59 Protokol s výsledky měření drsnosti R_a	58
Obrázek 60 Přehledný popis měřených hodnot v ilustračním výkresu hliníkových vík	59
Obrázek 61 Grafy rozměrů X1 – X4 desíti vík první série.....	61
Obrázek 62 Grafy rozměrů X5 – X8 desíti vík první série.....	62
Obrázek 63 Grafy rozměrů X1 – X4 desíti vík druhé série	66
Obrázek 64 Grafy rozměrů X5 – X8 desíti vík druhé série	67
Obrázek 65 Grafy rozměrů X1 – X4 desíti vík třetí série.....	70
Obrázek 66 Grafy rozměrů X5 – X8 desíti vík třetí série.....	71
Obrázek 67 Grafy rozměrů X1 – X4 desíti vík čtvrté série	74
Obrázek 68 Grafy rozměrů X5 – X8 desíti vík čtvrté série	75

seznam TABULEK

Tabulka 1 Tabulka koeficientu k_A , pro menší počet měření než 10.....	13
Tabulka 2 Mezní úchytky délkových rozměrů	17
Tabulka 3 Mezní úchytky zkosení a zaoblení.....	18
Tabulka 4 Mezní úchytky úhlových rozměrů	18
Tabulka 5 Příklady dalších tolerancí polohy a tvaru.	24
Tabulka 6 Výsledky měření souřadnicového měřicího stroje při pravidelné extérní kalibraci.	46
Tabulka 7 Výsledky měření drsnosti při pravidelné extérní kalibraci.....	48
Tabulka 8 Výsledky měření deseti vík první série	60
Tabulka 9 Výsledky měření deseti vík druhé série.....	65
Tabulka 10 Výsledky měření deseti vík třetí série	69
Tabulka 11 Výsledky měření deseti vík čtvrté série.....	73