

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství

Studijní zaměření: Katedra technologie obrábění

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Charakteristické činnosti pracoviště technické kontroly

Autorka: **Petra Frková**

Vedoucí práce: **Ing. Jiří Vyšata, Ph.D.**

Akademický rok 20014/20015

## **Prohlášení o autorství**

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

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který jsou součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne: .....

.....

podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji panu Ing. Jiřímu Vyšatovi, Ph.D. za velmi užitečnou metodickou pomoc, kterou mi poskytl při zpracování mé bakalářské práce.

# ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTORKA</b>	<b>Příjmení</b> Frková	<b>Jméno</b> Petra		
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	B2301 – strojní inženýrství			
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Ing. Vyšata, Ph.D.	<b>Jméno</b> Jiří		
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST - KTO			
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Charakteristické činnosti pracoviště technické kontroly			

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KTO	<b>ROK ODEVZD.</b>	2015
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

## POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	40	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	34	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	6
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p><b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b></p> <p><b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b></p>	<p>Tato práce obsahuje návrh činností kontrolního metrologického pracoviště s průměrnou deskou. Jsou zde vytipovány a popsány charakteristické činnosti, potřebné pomůcky. Dále je zde návrh a popis několika úloh k procvičení a pracovní postupy k těmto úlohám ve formě návodek.</p>
<p><b>KLÍČOVÁ SLOVA</b></p> <p><b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b></p>	<p>Příměrná deska, metrologická kontrola, metrologické pracoviště, pupitast, číselníkový úchylkoměr, koncové měrky, posuvné měřítko, sinusové pravítko, kontrola výšky, kontrola přímosti, kontrola úhlů, chyby měření, návodka</p>

## SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Frková	Name Petra		
<b>FIELD OF STUDY</b>	B2301 - Manufacturing Processes – Technology of Metal Cutting			
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Vyšata, Ph.D.	Name Jiří		
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KTO			
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>	
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Characteristic activities work place of scrutineering			

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machining Technology	<b>SUBMITTED IN</b>	2015
----------------	------------------------	-------------------	----------------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	40	<b>TEXT PART</b>	34	<b>GRAPHICAL PART</b>	6
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	This work includes design activities of the control metrology department with surface plates. There are identified and described characteristic activities, and necessary aids. Then there is a design and description of the various tasks for practicing and working straight for these tasks as instruction cards.
<b>KEY WORDS</b>	Surface plates, metrological control metrology department, pupitast, dial indicator, end gauges, calipers, micrometers, sine ruler, measure the height, flatness, angle measurement, measurement errors, instruction cards

## Obsah

1	Úvod.....	9
1.1	Cíl práce a formulace požadavků .....	9
2	Analýza výchozího stavu .....	10
2.1	Metody měření.....	10
2.2	Chyby měření .....	11
3	Výběr charakteristických pomůcek .....	13
4	Specifikace pracovních pomůcek.....	15
4.1	Příměrná deska .....	15
4.2	koncové měřky .....	16
4.3	Číselníkový úchylkoměr.....	18
4.4	Číselníkový pupitast .....	19
4.5	Stojan.....	21
4.6	Sinusové pravítko .....	22
4.7	posuvné měřítko .....	23
5	Výběr charakteristických činností.....	24
6	Popis charakteristických činností .....	26
6.1	Měření výšky součásti .....	26
6.2	Měření přímosti .....	27
6.3	Měření úhlu.....	28
7	Aplikování charakteristických činností na konkrétní součásti.....	30
7.1	paralelogram .....	30
7.2	Čelist.....	31
7.3	Vodítko razníku .....	32
7.4	Matritze základ .....	33
7.5	Hranol .....	33
7.6	Rozdělení měření do úloh.....	34
8	Orýsování .....	35
8.1	Používané pomůcky.....	35
8.2	Popis orýsování s nádrhem .....	37
9	Závěr.....	38
10	Bibliografie.....	40

## Seznam obrázků

Obr. 1 – Odstranění chyby paralaxou [2] .....	12
Obr. 2 – Průměrná deska [5] .....	15
Obr. 3 – Otisky ploch průměrných desek jednotlivých tříd přesnosti [6] .....	16
Obr. 4 – Koncové měřky [7] .....	16
Obr. 5 – Číselníkový úchylkoměr [8] .....	18
Obr. 6 – Schéma číselníkového úchylkoměru [4] .....	19
Obr. 7 – Číselníkový pupitast [9] .....	19
Obr. 8 – Schéma fungování pupitastu [2] .....	20
Obr. 9 – Stojan pro číselníkový úchylkoměr a pupitast [10] .....	21
Obr. 10 – Sinusové pravítko [11] .....	22
Obr. 11 – Posuvné měřítko s přesností 0,02mm [13] .....	23
Obr. 12 - Vyhodnocení přímosti .....	27
Obr. 13 – Používání sinusového pravítka [12] .....	29
Obr. 14 - Paralelogram .....	30
Obr. 15 - Čelist .....	31
Obr. 16 - Vodítko razníku .....	32
Obr. 17 - Matritze - základ .....	33
Obr. 18 - Hranol .....	34
Obr. 19- Rýsovací jehla [5] .....	35
Obr. 20 - Stojánkový nádrh [16] .....	36
Obr. 21 - Kružidlo [5] .....	36
Obr. 22 - Důlčik [17] .....	37

## Seznam příloh

Příloha č. 1 – Zadání úlohy – Kontrola celkové výšky paralelogramu (všité do vazby)
Příloha č. 2 – Zadání úlohy – Kontrola výšky těla paralelogramu (všité do vazby)
Příloha č. 3 – Zadání úlohy – Kontrola úhlu na paralelogramu (všité do vazby)
Příloha č. 4 – Zadání úlohy – Kontrola přímosti drážky paralelogramu (všité do vazby)
Příloha č. 5 – Zadání úlohy – Kontrola šířky čelisti (všité do vazby)
Příloha č. 6 – Zadání úlohy – Kontrola úhlu čelisti (všité do vazby)
Příloha č. 7 – Zadání úlohy – Kontrola přímosti boku čelisti (všité do vazby)
Příloha č. 8 – Zadání úlohy – Kontrola celkové výšky vodítka razníku (všité do vazby)
Příloha č. 9 – Zadání úlohy – Kontrola výšky těla vodítka razníku (všité do vazby)

- Příloha č. 10 – Zadání úlohy – Kontrola šířky těla vodítka razníku (všité do vazby)
- Příloha č. 11 – Zadání úlohy – Kontrola přímosti vybrání vodítka razníku (všité do vazby)
- Příloha č. 12 – Zadání úlohy – Kontrola celkové výšky Matritze - základ (všité do vazby)
- Příloha č. 13 – Zadání úlohy – Kontrola výšky příruby Matritze - základ (všité do vazby)
- Příloha č. 14 – Zadání úlohy – Kontrola přímosti horní plochy hranolu (všité do vazby)
- Příloha č. 15 – Zadání úlohy – Kontrola přímosti boku hranolu - podélně (všité do vazby)
- Příloha č. 16 – Zadání úlohy – Kontrola přímosti boku hranolu - příčně (všité do vazby)
- Příloha č. 17 – Návodka na kontrolu výšky (všité do vazby)
- Příloha č. 18 – Návodka na kontrolu přímosti pomocí úchylkoměru (všité do vazby)
- Příloha č. 19 – Návodka na kontrolu přímosti pomocí pupitastu (všité do vazby)
- Příloha č. 20 – Návodka na kontrolu úhlu (všité do vazby)
- Příloha č. 21 – Návodka na sestavení koncových měrek (všité do vazby)
- Příloha č. 22 – Protokol z kontroly výšky (všité do vazby)
- Příloha č. 23 – Protokol z kontroly přímosti (všité do vazby)
- Příloha č. 24 – Protokol z kontroly úhlu (všité do vazby)
- Příloha č. 25 – Výkres paralelogramu (volně vložený)
- Příloha č. 26 – Výkres čelisti (volně vložený)
- Příloha č. 27 – Výkres vodítka razníku (volně vložený)
- Příloha č. 28 – Výkres Matritze - základ (volně vložený)
- Příloha č. 29 – Výkres hranolu (volně vložený)
- Příloha č. 30 – CD nosič se soubory práce i všech ostatních příloh (volně vložené)

## **Seznam použitých jednotek**

mm ... milimetr,

μm ... mikrometr,

° ... stupeň (úhlový),

′ ... vteřina (úhlová).



# 1 Úvod

Cílem této práce je vytipovat a popsat charakteristické činnosti kontrolního metrologického pracoviště s průměrnou deskou a vytvořit souhrn úloh k procvičení těchto činností. Pro správnou formulaci těchto úkolů je vhodné nejprve popsat všeobecný význam kontrolních pracovišť jako takových.

V souvislosti s požadavky kladenými v současné době na produkty strojírenské výroby stále roste význam kontrolního pracoviště, tak jak rostou nároky na kvalitu výrobků. Kontrola je operace, která u výrobku sice nevytváří žádné nové vlastnosti nebo plochy, ale přesto je nezbytně nutná. Bez této operace nelze zajistit požadovanou jakost součástí a na trh se poté mohou dostávat produkty v nevyhovující kvalitě.

Tam, kde se kladou vyšší požadavky na konečnou jakost výrobku, tam jsou přirozeně také vyšší nároky na přesnost, spolehlivost, a v případě složitých koncepcí výrobku i na sofistikovanost technických kontrol. Takové nároky ovšem zpravidla znamenají rovněž vyšší finanční zatížení a tak je vždy nutné hledat kompromis, mezi kvalitou a cenou kontrol.

Při metrologické kontrole se hodnotí, do jaké míry se dodržely požadované tolerance rozměrových, i geometrických prvků. To je velmi důležité, jelikož výrobek, který se odchyluje od požadovaného tvaru, je vadný kus a jeho další zpracovávání vede ke zbytečným finančním ztrátám. Z tohoto důvodu se kontrola doporučuje také před ekonomicky náročnou operací, nebo po operaci, při níž mohlo dojít k deformaci součásti. Pokud by vadný výrobek pronikl až na trh, byl by pravděpodobně důvodem reklamace, v krajním případě i havárie a následného ohrožení pracovníků, nebo veřejnosti. Náklady na opravu vadných kusů, které se dostaly již do oběhu, jsou vždy velmi vysoké a téměř vždy převyšují náklady výrobní. Nízká kvalita výrobků také kazí reputaci podniku a snižuje jeho důvěryhodnost na trhu.

Na kontrolních pracovištích se také analyzuje, jaké prvky na součásti způsobují při výrobě potíže. Nejčastějším problémem je nedodržení rozměrových a geometrických tolerancí, nebo drsností povrchu. Díky vhodně zvoleným kontrolám je možné analyzovat rizikové prvky na součásti a poukázat na možné příčiny vzniku odchylek od požadovaných parametrů. Hodnotí se také vliv proměnných faktorů na kvalitu výrobků. Těmito faktory mohou být například: otupení nástroje, teplota při obrábění, znečištění provozní kapaliny, vhodnost pracovníka k danému úkolu, nebo stav stroje. Získaná data se předávají technologickému úseku výroby, který podle nich vhodně upravuje parametry strojů, popřípadě celý pracovní postup, a tím může dojít k výraznému zlepšení produktivity práce a také ke zlepšení kvality výrobků.

Kontrola pomáhá rozumět, jaký vliv mají na kvalitu součásti jednotlivé pracovní podmínky. Pomáhá zhodnotit, které stroje jsou nejvhodnější pro daný typ výrobků, jaké řezné podmínky je potřeba použít, s jakými nástroji je výroba nejefektivnější i jací pracovníci jsou schopni dodržet potřebné požadavky.

## 1.1 Cíl práce a formulace požadavků

Praktické zkušenosti ve výuce pomáhají studentům k lepší orientaci v probírané látce a také přispívají k manuální zručnosti studentů. Většina lidí si také mnohem lépe a déle pamatuje právě ty informace, které si mohli sami prakticky vyzkoušet. Proto praktické zkušenosti nikdy nemohou být plně nahrazeny obrázkovou, ani video dokumentací. [1]

Pro předmět Strojírenská technologie obrábění je v plánu vytvořit soustavu specializovaných pracovišť, na kterých studenti získají manuální zkušenosti. Na pracovištích by studenti měli

Katedra technologie obrábění

Petra Frková

mít možnost vyzkoušet si například seřizování nástrojů, orýsování a technickou kontrolu, nebo montáže součástí. V ideálním případě by také mohly existovat k procvičení různé způsoby upínání obrobků do maket strojů. Má se tedy jednat o pracoviště, na kterých není použito strojů poháněných motory a díky tomu lze tyto pracoviště umístit do klasické učebny.

Cílem této práce je navrhnout jedno z těchto pracovišť, a to pracoviště metrologické kontroly s průměrnou deskou. Úkolem je vytipovat a popsat charakteristické činnosti na tomto pracovišti s ohledem na omezení pomůcek. Přičemž pomůcky mají být voleny především tak, aby pomohly pochopit provázanost jednotlivých úkolů a zároveň byly jednoduché a snadno dostupné. Hlavním výstupem této práce je série zadání úloh na konkrétních obrocích, při kterých si studenti vyzkoušejí vlastní měření. K těmto zadání musí být také zpracovány postupy řešení těchto úloh a vypracovány návodky a protokoly k těmto kontrolám. Posledním bodem zadání je specifikovat a podrobně popsat všechny pomůcky, které se při plnění zadaných úloh budou používat.

## 2 Analýza výchozího stavu

### 2.1 Metody měření

K charakterizování jednotlivých činností je také nutné brát v úvahu alespoň základní metrologické poznatky. Jedním z nich jsou bezesporu různé metody měření. Metody měření ovlivňují přesnost měření, potřebné pomůcky, způsob měření i odečítání výsledků a bez jejich znalostí nelze charakteristické činnosti důvěryhodně navrhnout. Při popisovaném měření se sice nepoužijí všechny zmíněné metody, ale uvedení úplného seznamu slouží k lepšímu začlenění měření vůči všeobecným poznatkům. Informace v této kapitole vycházejí z publikací uvedených v seznamu literatury. Jsou to [2], [3], [4]. Nejedná se přímo o citace, ale využití poznatků a jejich volně parafrázované shrnutí zde pro účel jejich využití při návrhu úloh a při tvorbě příslušných návodků. Měřicí metody se mohou dělit podle různých kritérií:

- a) Způsobu odečítání hodnoty,
- b) typu výstupu z měřidel,
- c) provázanosti jednotlivých rozměrů,
- d) technického provedení měřidel.

**add a)** Z měřidel se hodnoty mohou odečítat přímo, nebo nepřímo, popřípadě kombinací obou metod. U *přímé metody* měření není potřeba k určení veličiny dodatečný výpočet. To znamená, že naměřenou hodnotu je možno odečíst přímo z měřicího přístroje. Při *nepřímé metodě* měříme několik veličin, které jsou s požadovanou veličinou ve známém funkčním vztahu. Neznámá veličina se poté musí vypočítat. Výstupem z *kombinační metody* měření je určitý počet hodnot. Ty se vypočtou ze soustavy rovnic, která se skládá z hodnot naměřených přímou, i nepřímou metodou. Při tvorbě úloh k procvičení bude využívána pouze metoda přímá.

**add b)** Výstupem z měřidel může být buď hodnota absolutní, nebo relativní. Absolutní hodnota je taková, která odpovídá velikosti obrobku. Příkladem zde může být měření posuvným měřítkem, nebo mikrometrem. U relativní hodnoty je nula měření posunuta, zpravidla do jmenovitého rozměru součásti, a zjišťuje se pouze odchylka od této hodnoty.

Relativní hodnota se nejčastěji získává *Komparační (porovnávací) metodou*, které je prováděna porovnáváním měřených veličin se známými hodnotami stejných veličin. *Metoda měření s přímým porovnáváním* je typ komparační metody, kdy měřený rozměr porovnáváme přímo, bez nutnosti přepočtu pomocí známé funkce (například měření výšky součásti pomocí číselníkového úchylkoměru a koncových měrek). *Diferenční metoda* je další typ komparační

Katedra technologie obrábění

Petra Frková

metody. Zde se hodnotí pouze rozdíl mezi měřenou veličinou a málo se lišící známou hodnotou téže veličiny. V procvičovacích úlohách bude využíváno jak metody absolutní, tak i relativní.

**add c)** Dalším dělením měřících metod je dělení na komplexní a dílčí měření. Při *komplexní metodě* se neměří jednotlivé rozměry, ale hodnotí se funkční tvar součásti jako celek (například měření závitu pomocí závitového kalibru). U *dílčího měření* se určí pouze jeden rozměr z několika veličin určených k měření. Jednotlivé rozměry se zde měří samostatně a nelze tedy určit závislosti mezi nimi. Vzhledem k povaze měření se v níže popsanych úlohách budou vyskytovat pouze měření dílčí.

**add d)** Metody lze také dělit podle technického provedení měřidel.

Méně přesnou, ale využívanější metodou, je *dotykové měření*. Zde se měřené součásti dotýkáme pomocí doteku měřicího přístroje. Díky tomu ale dochází k různým chybám měření popsaných v kapitole „Chyby měření“. U *bezdotykového měření* nedochází k dotyku měřicího přístroje s obrobkem a k deformaci obrobku vlivem sil v kontaktu s měřidlem, a tak je toto měření mnohem přesnější. Jeho nevýhodou je ale vyšší cena, větší nároky na pracovní prostředí a pomalejší měření. Patří sem například měření optické, elektrické a pneumatické. Bezdotykové metody jsou více náročné na obsluhu i na požadavky prostředí, a tak se při řešení vytvořených úloh bude využívat pouze metoda dotyková.

## 2.2 Chyby měření

Aby naměřené hodnoty mohly být považovány za platné, je nutné si uvědomit, že žádné měření není sto procentně přesné, vždy se při něm vyskytuje chyba způsobená různými faktory. Proto je znalost problematiky chyb měření nutná i při tvorbě praktických příkladů a při stanovování metodiky jejich řešení. Více informací o chybách měření se lze dozvědět v literatuře uvedené v seznamu literatury. V tomto odstavci jsou použity informace získané z pramenů [2], [3], [4].

Rozdíl mezi naměřenou a skutečnou hodnotou se nazývá chyba měření a udává se nejčastěji v jednotkách veličiny, ke které se daná chyba vztahuje. Někdy je potřeba znát také relativní chybu. Tu získáme, pokud rozdíl naměřené a jmenovité hodnoty podělíme hodnotou jmenovitou. Pokud relativní chybu vynásobíme stem, vznikne chyba procentní.

*Systematické chyby* jsou takové, které jsou při měření ve shodných podmínkách stále stejné. Dají se rozpoznat změnou měřících podmínek (změna prostředí, pracovníka, měřidla, metody měření a podobně). Známé systematické chyby lze odstranit korekcí, neboť mají známou hodnotu i znaménko. Korekce se provádí tak, že od naměřené hodnoty se odečte, nebo přičte hodnota chyby (vždy opačné znaménko, než má chyba). U neznámé systematické chyby nelze určit, zda je kladná, či záporná a tak u ní nelze provést korekci. Při určování nejistoty měření se s neznámými systematickými chybami pracuje stejně jako s chybami náhodnými.

Systematické chyby mohou vzniknout různými vlivy. Nejčastěji se jedná o:

- a) Chyby přístroje,
- b) chyby normálu,
- c) chyby způsobené pozorováním,
- d) chyby způsobené vlivem měřicí síly a tlaku,
- e) chyby způsobené vlivem měřené součásti,
- f) chyby způsobené vlivem okolí.

**add a)** Tyto chyby vznikají výrobní nepřesností, opotřebením přístrojů, i nevhodností k používání měřidel. U přístrojů, kde je měřená součást řazena vůči měřicí stupnici paralelně

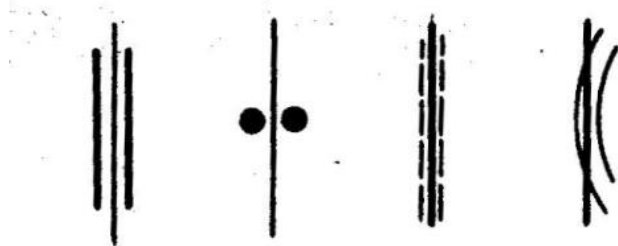
Katedra technologie obrábění

Petra Frková

dochází k chybě prvního řádu (například posuvné měřítko). Ta je způsobena vychýlením měřicích čelistí kvůli nezbytné vůli ve vedení. K zamezení této nepřesnosti musí být dodržen Abbeho komparátorový princip: „K vyloučení chyb 1. řádu musí být součást a normál uspořádány v jedné ose za sebou.“<sup>1</sup> Chyba druhého řádu vzniká u měřidel, kde je měřená součást se stupnicí řazena sériově (například mikrometr). Tato chyba je způsobena kupříkladu vůlí závitu v matici, a dosahuje mnohem menší hodnoty, než chyba řádu prvního. Dovolená nepřesnost měřicího přístroje by měla být vždy uvedena přímo na měřidle.

**add b)** Normál slouží ke kalibraci přístroje. Je vyroben velmi přesně, ale ani tak nelze zajistit jeho dokonalost. Velikost této chyby se zjišťuje porovnáním daného normálu s normálem vyšší přesnosti. Pokud toto nelze provést, hodnotí se tato chyba jako chyba systematická neznámá.

**add c)** Tato chyba je způsobena nedbalostí, neopatrností a nepozorností měřicího pracovníka, nebo nedokonalostí jeho smyslů. Velmi častá chyba je zde způsobena paralaxou. To znamená, že, pracovník nekouká na měřítko kolmo, ale pod úhlem a výslednou hodnotu vidí zkresleně. K odstranění tohoto problému se využívá zdvojení odečítací rysky, nebo použití dvou bodů. Tento princip je možné vidět na obrázku 1. V jeho pravé krajní části je tento princip aplikován i na odečítání úhlu natočení pomocí Archimédovy spirály. Dalším problémem je snaha lidského mozku zaokrouhlovat na „hezčí“ čísla. Velkou roli zde také hraje únava očí, způsobená nesprávným světlem, či barvou podsvícení. Optické přístroje proto bývají podsvíceny zeleně, jelikož tato barva namáhá zrak nejméně.



**Obr. 1 – Odstranění chyby paralaxou [2]**

**add d)** Dotek měřidla působí na součást silou, která je důležitá pro správný kontakt měřicího přístroje se součástí. Tato síla ale může mít za následek plastickou, nebo trvalou deformaci měřeného tělesa a tím je výrazně ovlivněna přesnost měření. Aby nedocházelo k otláčení součásti, doporučuje se používat bodový dotyk (například u rovinné desky se používá dotek ve tvaru kuličky). Měřicí síla by se měla pohybovat v rozmezí 0,5 až 2,5 N.

**add e)** Má-li těleso větší hmotnost, nebo velmi malou tuhost, může u něj při měření dojít k deformaci vlastní vahou. K zamezení této deformace se rizikové součásti podpírají.

**add f)** Největší vliv na nepřesnost měření způsobenou vlivem prostředí, má teplota, jelikož každý materiál s měnící se teplotou mění své rozměry. Aby měření mohlo být považováno za přesné, je nutné zajistit, aby teplota měřidel i součástí byla ustálená a stejná. Nelze tedy měřit právě přivezené součásti, ale vždy se musí počkat, až se teplota v celém tělese vyrovná. Ideální teplota pro měření je  $20 \pm 0,5$  °C. Při jiných teplotách je nutné provést korekci. Vliv na přesnost měření může mít také vlhkost (rosení přístrojů), osvětlení (lesklost měřidel), hluchnost (klid na práci), prašnost (optické přístroje), vibrace a elektromagnetické záření.

<sup>1</sup> Citace ze zdroje [2]

Katedra technologie obrábění

Petra Frková

*Náhodné chyby* jsou ty, jejichž hodnoty, ani orientace nelze předem předpokládat. Jsou způsobeny spoustou různých proměnných faktorů, mezi které například patří: schopnosti, nebo psychické rozpoložení pracovníka, či neznámý vliv okolí. Odstranění náhodných chyb je často dosti náročné, až nemožné. K zamezení jejich vlivu na přesnost měření se obvykle daná součást měří několikrát a výsledek měření se získá pomocí statistiky. Ve strojírenství se hustota pravděpodobnosti výskytu náhodných chyb řídí nejčastěji Gaussovo rozdělením. To znamená, že se předpokládá mnohem větší výskyt malých chyb, než velkých a přibližně stejný výskyt chyb kladných i záporných.

Pro určení skutečné hodnoty rozměru je nejprve nutné vypočítat výběrový aritmetický průměr z naměřených hodnot:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

- $\bar{x}$  ... výběrový aritmetický průměr,
- $n$  ... počet měření,
- $x_i$  ... jednotlivé naměřené hodnoty veličiny  $x$ .

Rozptyl naměřených hodnot se nejčastěji charakterizuje pomocí výběrové směrodatné odchylky:

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

- $s$  ... směrodatná odchylka,
- $n$  ... počet měření,
- $\bar{x}$  ... výběrový aritmetický průměr,
- $x_i$  ... jednotlivé naměřené hodnoty veličiny  $x$ .

Výsledek se následně zapisuje ve tvaru:  $\bar{x} \pm s$ .

*Hrubé chyby* mohou vzniknout z jakýchkoliv příčin. Mezi ty nejčastější patří například nepozornost při odečítání přístroje, špatné podmínky měření, nevhodný, nebo závadný měřicí přístroj, chybné měření, či nesprávné manipulování s přístrojem. Tyto chyby se vyznačují velkou odchylkou od požadované hodnoty. Do celkového zpracování výsledků se zpravidla nezařazují.

### 3 Výběr charakteristických pomůcek

Každou vlastnost výrobku je možné změřit několika způsoby, které se od sebe liší provedením, přesností, metodou měření, použitými pomůckami, nebo třeba stupněm automatizace. Hlavním požadavkem této práce je vytipovat takové úkony a pomůcky metrologického kontrolního pracoviště, které studentům co nejvíce pomůžou rozumět problematice, rozmanitosti a důležitosti kontroly.

Velké množství měřidel se dnes vyrábí s analogovým i s digitálním odečítáním hodnot. Digitální odečítání hodnot je sice rychlejší a jednodušší, ale také náročnější na údržbu neboť displeje jsou napájeny bateriemi, které se zpravidla vybijí v nejméně vhodný okamžik, a také měřidlo s displejem obsahuje více rozbitných součástí. Přechod z analogových přístrojů na digitální bývá zpravidla velmi jednoduchý, ale pokud je někdo zvyklý měřit pouze s digitálními přístroji, není mnohdy schopen obsluhy měřidel analogových. Proto se při řešení úloh budou využívat pouze analogové měřidla.

Katedra technologie obrábění

Petra Frková

Dalším kritériem pro výběr činností a pomůcek je, jaké vlastnosti součástí se budou měřit. Zde se musí řídit omezením, že se jedná o pracoviště s průměrnou deskou a tím pádem je nutné vybírat z těch pomůcek, které se používají právě na této desce. Nelze například navrhnout měření boční házivosti hřídele, jelikož základní pomůckou tohoto měření je hrotový upínač, nikoliv průměrná deska.

Například výšku součásti lze změřit pomocí výškoměru, koncových měrek a úchylkoměru, nebo kupříkladu na souřadnicovém měřicím stroji. Výškoměr ale pracuje na stejném principu, jako posuvné měřítko a tak jeho použitím studenti nezískají žádné nové poznatky. Dalším důvodem k vyřazení tohoto měřidla je, že na navrhovaném pracovišti budou prováděny měření porovnávací metodou, nikoliv absolutní měření, a tak by použití výškoměru narušovalo celkový koncept pracoviště. Měření na souřadnicovém stroji se používá spíše tam, kde je potřeba zjistit celkový tvar součástí. Navíc neodpovídá charakteristice navrhovaného pracoviště, ať už kvůli jiným požadavkům na pomůcky, tak i svojí složitostí. Proto je nejvhodnější změřit výšku součásti pomocí koncových měrek a číselníkového úchylkoměru. Kombinace těchto měřidel velmi dobře rozvíjí metrologické schopnosti, neboť si zde studenti procvičí obsluhu obou měřidel zároveň a pochopí jejich provázanost. Přestože se jedná o velmi přesnou kombinaci měřidel, v praxi se příliš nevyužívá. To je způsobeno zdoluhavou přípravou měření a nemožností využití pro velké objemy výroby. Koncové měrky totiž nemohou být dohromady složeny déle jak jednu hodinu, což je podrobněji vysvětleno v kapitole „Koncové měrky“.

Také úhly lze ve strojírenství měřit mnoha různými způsoby. Například s využitím optických polygonů, úhloměrem, nebo na sinusovém pravítku. Optické polygony se využívají jako pomůcky pro měření úhlů na optických přístrojích, a každý polygon lze využít pro měření pouze několika konkrétních úhlů, a tak jejich použití v této práci není vhodné. Úhloměr není do vybraných pomůcek zahrnut, protože měření úhloměrem se řadí mezi absolutní metody, nikoliv komparační a také k využívání tohoto měřidla není potřeba průměrné desky. Sinusové pravítko se využívá v kombinaci s koncovými měrkami a číselníkovým úchylkoměrem, což poskytuje další příležitost k využití této metody, jejíž přednosti byly zmíněny v předchozím odstavci. Navíc si u této metody studenti mohou procvičit práci se sinusovým pravítkem, ke kterému by se velmi pravděpodobně jinak nedostali, a tak je měření touto metodou pro navrhované pracoviště nejvhodnější.

Při navrhování pracoviště byl také kladen důraz na ekonomickou náročnost realizovatelnosti, a také na to, že úkolem pracoviště je pouze představit základní činnosti a význam obdobného pracoviště, nikoliv naučit všechny činnosti, které lze na tomto pracovišti provádět. Proto je zde počet pomůcek redukován na minimum. Příkladem může být nepoužití planparalelní desky. S pomocí této pomůcky by bylo možné měřit například rovinnost, nebo rovnoběžnost. Tato měření jsou ale nad rámec předmětu Strojírenská technologie obrábění a v případě zájmu si je studenti mohou vyzkoušet v jiných, specializovanějších předmětech.

Při volbě pomůcek je také nutné se zamyslet, jaký výstup z kontroly se požaduje. Pokud je žádoucí rozdělit dávku pouze na vadné a vyhovující kusy, nejefektivnější pomůckou pro měření se stávají kalibry. Je-li potřeba naměřené hodnoty zadat do počítače, vhodná jsou taková měřidla, která umožňují přímé propojení s počítačem. Pro měření velkého počtu stejných kusů se používají specializovanější nebo více automatizované pomůcky, než v kusové výrobě. Mikrometr se nebude používat tam, kde je požadovaná přesnost v milimetrech, nebo kde je postačující znát rozměr pouze orientačně. Na navrhovaném pracovišti je požadovaným výstupem získání praxe v měření a rozvinutí metrologického myšlení studentů. Proto se nejvhodnějšími pomůckami jeví takové, které se ovládají pouze



Katedra technologie obrábění

Petra Frková

mechanicky a hodnoty z měřidel se odečítají pomocí analogových stupnic. Na tomto pracovišti proto je vhodné použít:

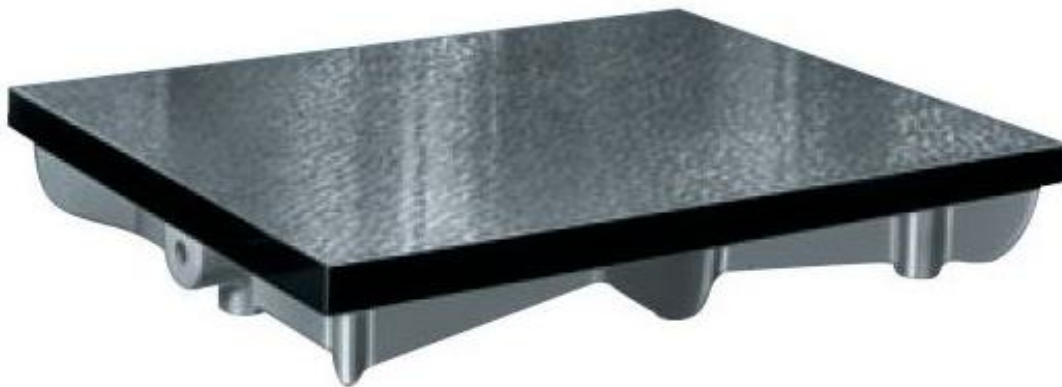
- Příměrnou desku,
- sadu koncových měrek,
- číselníkový úchylkoměr setinový,
- číselníkový pupitast setinový,
- nastavitelný stojan pro číselníkový úchylkoměr, nebo pupitast,
- sinusové pravítko,
- posuvné měřítko.

Všechny zmíněné pomůcky a měřidla jsou podrobně popsána v následující kapitole.

## 4 Specifikace pracovních pomůcek

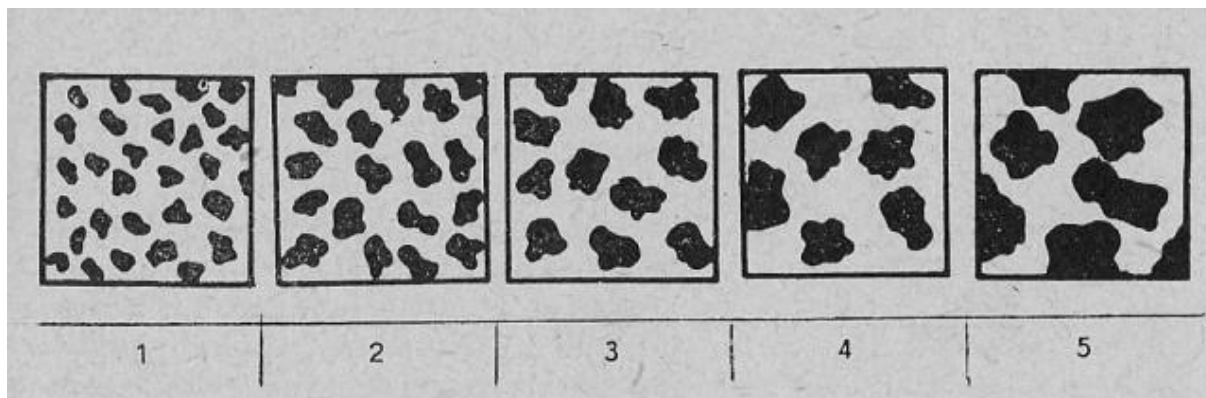
Pokud se navrhují činnosti, při kterých se budou používat rozličné pomůcky, vždy je nutné tyto pomůcky znát a vědět, jaká je jejich funkce a jak se používají. V této kapitole proto budou vysvětleny principy fungování jednotlivých měřidel a pomůcek. Jsou zde uvedeny rozsahy i přesnosti měřidel a na jednoduchých příkladech je zde vysvětlen princip používání jednotlivých pomůcek.

### 4.1 Příměrná deska



Obr. 2 – Příměrná deska [5]

Jak už samotný název navrhovaného pracoviště napovídá, je zde nejzákladnější pomůckou příměrná deska (viz obrázek 2). Jedná se o velmi přesně opracovanou desku, která se používá jako pevná základna pro měření. Nejčastěji bývá vyrobena z litiny, z granitu (žuly), nebo z keramiky. Litinová deska se vyrábí z šedé litiny a na požadovanou přesnost se obrábí zaškrabáváním. Zaškrabávání je nejpresnější a nejnáročnější ruční operace, při které je materiál odebírán pomocí škrabáku ve velmi tenkých třískách ( $0,005 \pm 0,01$  mm). Příměrné desky se vyrábějí v pěti stupních přesnosti. Hodnotícím prvkem je počet dotkových plošek k jiné, pokud možno přesněji obrobene, příměrné desce. Dotkové plošky se hodnotí na ploše čtverce  $25 \times 25$  mm a měly by být rozloženy přibližně rovnoměrně. Kontroluje se barvou (otisky ploch jednotlivých tříd lze vidět na obrázku 3). [6]



Obr. 3 – Otisky ploch průměrných desek jednotlivých tříd přesnosti [6]

## 4.2 koncové měrky



Obr. 4 – Koncové měrky [7]

Koncové měrky jsou sada přesně vyrobených hranolků a destiček různých, přesně daných, rozměrů. Vyrábějí se ve dvanácti různých sadách o celkovém počtu 153 druhů měrek od rozměrů 0,5 mm do 1000 mm. Klasickou sady měrek je možné vidět na obrázku 4. Koncové měrky jsou všeobecně uznávaným základem délkového měření ve strojírenství a jejich vynalezení umožnilo výrazně rozšířit spektrum měřených vlastností. [3]

Každá měrka obsahuje dvě rovinné rovnoběžné plochy, jejichž povrch je velmi jemně opracovaný, zpravidla lapovaný, a vykazuje velkou geometrickou i rozměrovou přesnost s velmi malou drsností. Díky tomuto povrchu dochází k velmi dobrému přilnutí dvou k sobě



Katedra technologie obrábění

Petra Frková

přiložených měrek, a tím je možné seskládání libovolného rozměru. Přilnutí měrek je způsobeno molekulárním filmem vznikajícím při styku kovově čistého povrchu se vzduchem. Měrky by k sobě neměly být přiloženy déle než jednu hodinu v kuse, protože by poté bylo jejich oddělení značně náročné a mohlo by dojít k destrukci měrek. [3]

Je-li jmenovitý rozměr měrky do 10 mm, jedná se o destičku s průřezem  $9 \times 30$  mm, měrky se jmenovitým rozměrem nad 20 mm jsou hranolky s průřezem  $9 \times 35$  mm. [3]

Základ pro kvalitní měrky je vhodně zvolený materiál. Tento materiál musí být rozměrově stálý, lešitelný, tvrdý, korozivzdorný, schopný přilnutí, homogenní, odolný proti oděru a dobře obrobitelný. Těmto požadavkům dobře vyhovuje nástrojová ocel 19 422. Nevýhodou této oceli je nižší korozivzdornost a tak je nutné ji správně chránit, což je popsáno níže. Dalšími, i když mnohem méně využívanými materiály jsou karbid wolframu (WC) a keramický materiál. Nejčastěji používanou keramikou je oxid zirkonu ( $ZrO_2$ ). [3] [4]

Aby si měrky zachovaly svojí jakost, je nutné jim věnovat speciální péči, zvláště, jsou-li vyrobeny z ocele. Manipulace s měrkami by měla probíhat v rukavicích, protože pokud má dělník agresivní pot (agresi potu lze změřit na speciálním přístroji), může brzy dojít k narušení lapovaného povrchu. Při skladování měrek je nutné jejich povrch chránit před pilinami, prachem, výraznými změnami teplot a před vlhkostí. Proto bývají uloženy ve speciálním kufříku a každá měrka je konzervována mazacím tukem. Tento tuk je před každým použitím nutné dokonale odstranit pomocí čistého hadříku a vatičky namočené v technickém benzínu. [3]

Své využití nacházejí v nastavování, ověřování a kalibraci různých měřidel, měřících přístrojů a přípravků. Mnohdy slouží také jako délkové etalony, nebo se využívají pro přímou kontrolu délkových rozměrů součástí. [4]

Při používání měrek je nejprve nutné zbavit povrch nečistot a konzervačního tuku. Měrka se očistí lněným, nebo bavlněným hadříkem, a zbylá mastnota se odstraní pomocí technického benzínu naneseného na vatičku. Jsou-li měrky připraveny, následuje seskládání požadovaného rozměru. Výběr měrek ze sady se provádí od nejmenšího řádu požadovaného rozměru a postupuje se k řádům vyšším. Například u rozměru 178,429 mm se jako první vybere měrka s rozměrem 1,009 mm a pokračuje se měrkami se jmenovitými rozměry: 1,02; 1,4; 75; 100. Tento princip zaručí, že vždy dojde ke složení požadovaného rozměru. Seskládání měrek probíhá tak, že se měrky na sebe podélně nasouvají, nebo se na sebe položí pod úhlem  $90^\circ$ , tak aby při pohledu shora tvořily „kříž“, a poté se vůči sobě pootáčejí tak, aby došlo k jejich přilnutí. [3]

I když měření tímto měřidlem je velmi přesná metoda, je zde také nutné počítat s možností vzniku chyb. Ty mohou být způsobeny vlastní chybou měrky (opotřebování, koroze, poškození vzniklé pádem), chybou způsobenou ve styku dvou měrek, nebo chybou vzniklou ve styku s plochou základny, nebo snímače. Velikost zmíněných chyb zpravidla nepřesahuje řád desetin mikrometrů. [4]

### 4.3 Číselníkový úchylkoměr



Obr. 5 – Číselníkový úchylkoměr [8]

Číselníkový úchylkoměr je komparační dotykové měřidlo s přímým odečítáním naměřené hodnoty. Velmi často se používá v kombinaci s dalšími pomůckami<sup>2</sup>, a tak je jeho využití velmi pestré, ale zpravidla se dá rozdělit do dvou kategorií: měření úchylek tvaru a polohy, a porovnávání měřeného rozměru se známým rozměrem (etalonem). Při měření bývá úchylkoměr zpravidla připevněn do speciálního stojanu popsáno níže, a dotekem se přejíždí po měřené součásti. Výstupem z tohoto měřidla je velikost odchylky. Tato odchylka může být zkoumána buď v absolutní hodnotě k pevně dané základně (etalon), nebo relativně. Druhého způsobu se využívá při měření již zmiňovaných úchylek tvaru a polohy, což je možné ukázat na příkladu měření házivosti. Dovolena házivost součásti je například 0,08 mm. To znamená, že žádný bod obvodu součásti nesmí ležet mimo mezikruží, kde vzdálenost mezi kružnicemi je 0,08 mm. Úchylkoměrem se poté dotýká po obvodě součásti a sleduje se, zda všechny rozměry leží ve zkoumaném mezikruží, bez ohledu na absolutní průměr součásti.

Tímto měřidlem lze s velkou přesností měřit velmi malé odchylky. Standardní rozsah úchylkoměru je 10, nebo 5 mm a v tomto rozsahu bývá zaručená přesnost 0,01 mm. Přesnější přístroje s rozsahem 1 mm vykazují přesnost i 1  $\mu\text{m}$ . [2]

V procvičovacích úlohách bude využíván úchylkoměr se setinovou přesností, a tak i další popis je věnovaný tomuto měřidlu.

Číselník úchylkoměru obsahuje dvě kruhové stupnice. Naměřená hodnota je na číselníku zobrazována pomocí ručiček. Každá stupnice obsahuje vlastní ručičku. Hlavní stupnice je rozdělena na 100 dílků a každý dílek odpovídá 0,01 mm. Vedlejší stupnice je rozdělena

---

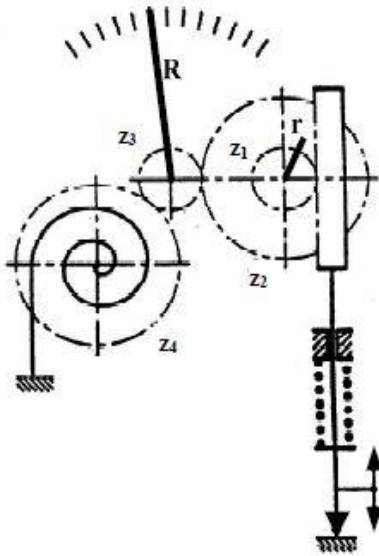
<sup>2</sup> Například koncové měřky a sinusové pravítka, hrotový upínač...

Katedra technologie obrábění

Petra Frková

po 1 mm a vlastně ukazuje, kolik celých otáček vykoná ručička na hlavní stupnici. Vzhled tohoto měřidla je možné vidět na obrázku 5. [2]

Číselníkový úchylkoměr pracuje na principu ozubeného převodu, jehož schéma lze vidět na obrázku 6. Na horní části tyčky doteku je zhotoven ozubený hřeben, nebo závit, který zabírá s pastorkem. Ten leží na společné ose s ručkou vedlejší stupnice. Na této ose se ještě nachází větší ozubené kolo, které zabírá s dalším kolem menších rozměrů, v jehož ose je upevněna ručička hlavní stupnice. S tímto kolem zabírá ještě jedno kolo, v jehož ose je upevněn konec ploché pružiny. Tato pružina zajišťuje vymezení vůle v ozubeném převodu a také po odlehčení vrací úchylkoměr do původní polohy. [3] [4]



Obr. 6 – Schéma číselníkového úchylkoměru [4]

#### 4.4 Číselníkový pupitast



Obr. 7 – Číselníkový pupitast [9]

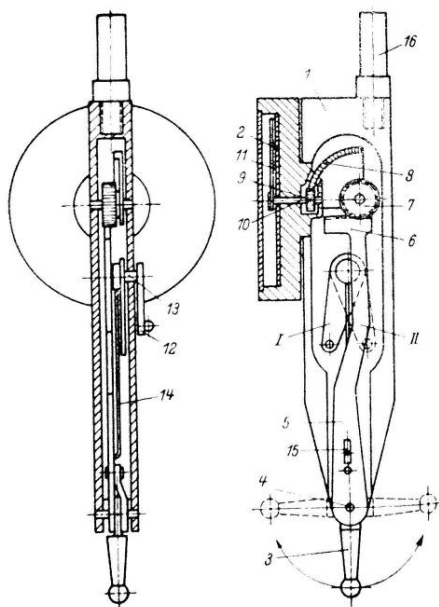
Katedra technologie obrábění

Petra Frková

Číselníkový pupitast, jinak také nazývaný páčkový úchylkoměr, je komparační měřidlo s přímým odečítáním hodnot a svým vzhledem i funkcí je velmi podobné číselníkovému úchylkoměru. Největší rozdíl mezi pupitastem a úchylkoměrem je v pohybu dotyku. Zatímco u úchylkoměru se sleduje výšková výchylka dotyku, a to pouze v jedné, kladné orientaci, u pupitastu se dotyk vychyluje do stran a zpravidla může dojít k vychýlení v obou směrech (kladném i záporném). [2]

Toto měřidlo se používá k měření geometrické přesnosti svislých, těžko dostupných, nebo zkosných stěn, zejména rovinnosti, přímosti, rovnoběžnosti a podobně. Praktickým příkladem použití pupitastu může být kontrola ustanovení a rovinnosti čelistí upnutých do saní frézky. Jeho rozsah bývá velmi malý, často pouze 0,8 mm, přičemž je tento rozsah symetricky rozdělen do obou směrů možné výchylky. To znamená, že v jedné orientaci lze změřit výchylku pouze 0,4 mm. Obvyklá přesnost u tohoto přístroje je 0,01 mm. Klasický pupitast je možné vidět na obrázku 7. [2]

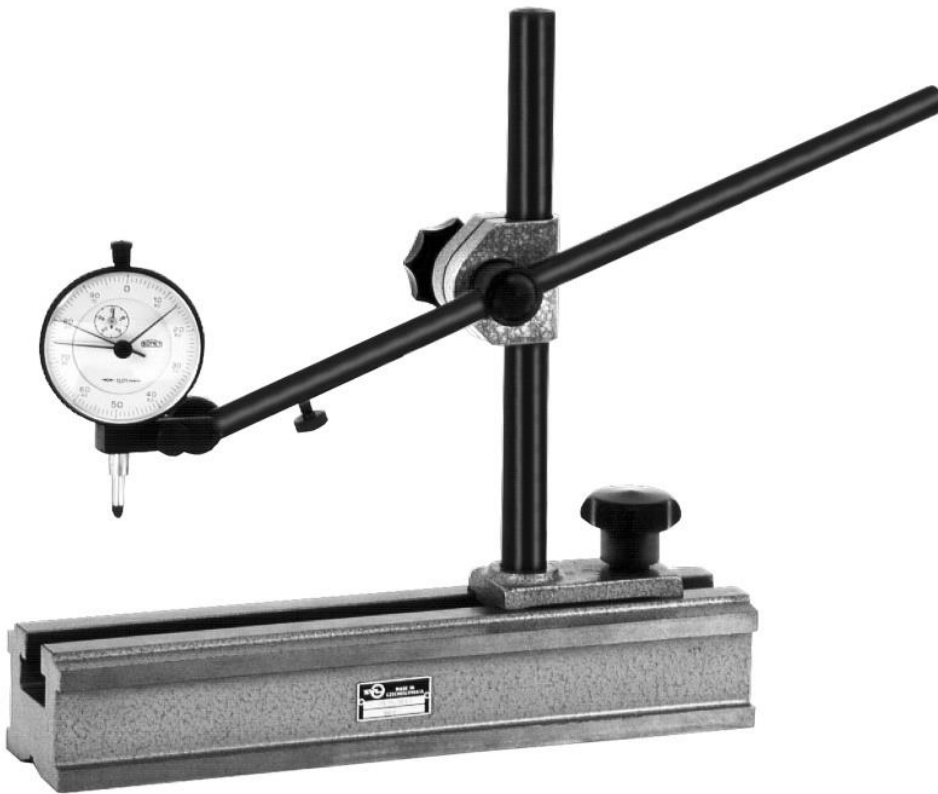
Pupitast funguje pomocí kombinace páčkového a ozubeného převodu a princip jeho fungování lze vidět na následujícím schématu (Obr. 8).



**Obr. 8 – Schéma fungování pupitastu [2]**

Přístroj se skládá z těla (1), ve kterém se nachází převodový mechanismus a číselník (2). Dotek (3) je pomocí čepu (4) spojen s pákou (5). Toto spojení je navrženo tak, že je schopno přenášet pouze malé tlaky. Díky tomu lze rukou vychýlit dotyk vůči páce do jakékoliv polohy v rámci 180° a tím umožnit změření i těžko přístupných ploch. Na páce (5) je umístěn ozubený segment (6), který zabírá s ozubeným kolem (7). Dále přes ozubený převod (7,8,9) dochází k natáčení osy (10) a na ní umístěné ručičce (11), která na jediné stupnici umístěné na ciferníku ukazuje velikost výchylky. [2]

## 4.5 Stojan



**Obr. 9 – Stojan pro číselníkový úchylkoměr a pupitast [10]**

Ke správnému a efektivnímu používání číselníkového úchylkoměru a pupitastu, je nutné jejich upnutí do speciálního stojanu (viz obrázek 9). Základem tohoto stojanu je stabilní základna, která brání převrnutí. Tato základna bývá často magnetická, což velmi usnadňuje přichycení stojanu k průměrné desce (je-li litinová). Z horní strany základny je umístěna drážka s podélnými saněmi. Na saních se nachází svislá tyč, po které se ve svislém směru může pohybovat kloub. Tímto kloubem prochází ještě jedna tyč, jejíž poloha je nastavitelná jak v příčném a podélném sklonu, tak i v délce vysunutí. Na konci této tyče se nachází držák, do kterého se umístí úchylkoměr, popřípadě pupitast. Na držáku je umístěn šroub, jehož povolováním/utahováním lze přesně nastavit nulu měřidla.

Díky výše popsanému důmyslnému mechanismu je možné nastavit používané měřidlo do téměř libovolné polohy a tuto polohu zajistit pomocí přitažení šroubů v kloubech stojanu.

## 4.6 Sinusové pravítko



Obr. 10 – Sinusové pravítko [11]

Měření sinusovým pravítkem je nepřímá metoda měření úhlů. Princip tohoto měření je velmi jednoduchý a efektivní. Přesto je k tomuto měření potřeba jistá manuální zručnost, neboť se při tomto měření pracuje také s číselníkovým úchylkoměrem a s koncovými měrkami. [2]

Toto měřidlo se skládá z velmi přesně vyrobeného a obroušeného hranolu, na který jsou připevněny dva opět velmi přesně obrobené válečky. Pro snížení hmotnosti může být hranol opatřen odlehčujícími otvory. Vzhled sinusového pravítka je možné vidět na obrázku 10. Válečky musí mít stejné rozměry. Jejich průměry se mohou lišit maximálně o 1  $\mu\text{m}$ . Rozteč těchto válečků je pevně daná a určuje celkovou velikost pravítka. Standardně se pravítka vyrábějí s roztečemi 100, 150, 200, nebo 400 mm. Přípustná nepřesnost rozteče mezi válečky je  $\pm 1 \mu\text{m}$ . Sinusovým pravítkem lze měřit úhly v rozsahu  $0^\circ$  až  $60^\circ$  při přesnosti  $5''$ . [2] [12]

Čím větší je rozteč válečků, tím vyšší je požadavek na tuhost destičky, jelikož při větších rozměrech pravítka by mohlo dojít k jeho prohnutí. K prohnutí také může dojít při přetížení pravítka, a proto je dalším důležitým parametrem dovolená hmotnost součásti. Pokud je ale součást na pravítku umístěna správně, nemusí průhyb pravítka znamenat znehodnocení výsledků měření, jelikož i při prohnutí zůstává sklon střední části pravítka víceméně rovnoběžný se spojnicí os válečků.

Toto měřidlo má dvě varianty použití, a jejich výběr záleží na vstupní informaci o měřeném úhlu. Pokud je velikost úhlu známá a výsledkem měření bude ověření jeho přesnosti, postupuje se následujícím způsobem: Nejprve se z níže uvedeného vzorce vypočítá potřebná výška ramene  $H$  a tato hodnota se seskládá pomocí koncových měrek. Poté se sinusové pravítko vloží jedním válečkem na průměrnou desku a druhým na rameno seskládané z koncových měrek. Součást se položí na pravítko tak, aby rameno měřeného úhlu leželo alespoň přibližně vodorovně. Následně se číselníkovým úchylkoměrem upnutým ve stojanu změří odchylka od vodorovné polohy a vyhodnotí se, zda je obrobek vyroben správně.

Pokud velikost úhlu není předem známá, je možno postupovat při měření tak, že se součást položí na pravítko a následně jsou koncové měrky vkládány pod jeden z válečků, čímž dochází ke zvedání jednoho konce pravítka. Také měřená součást se nachází pod zvyšujícím se sklonem vůči desce. Vkládání měrek je prováděno tak dlouho, dokud se druhé rameno



Katedra technologie obrábění

Petra Frková

měřeného úhlu nenachází ve vodorovné poloze. Poloha měřené plochy je zjišťována pomocí připraveného úchylkoměru. Nastavení pravítka se považuje za správné ve chvíli, kdy úchylkoměr při přejíždění zkosené plochy nevykazuje žádnou výchylku. Následně je odečtena použitá výška ramene seskládaná z koncových měrek a vypočítá se hodnota měřeného úhlu. Této metody se ale v praxi příliš nepoužívá kvůli její neefektivnosti.

Vzorec pro výpočet ramene vychází z goniometrické funkce:

$$H = L \cdot \sin \alpha$$

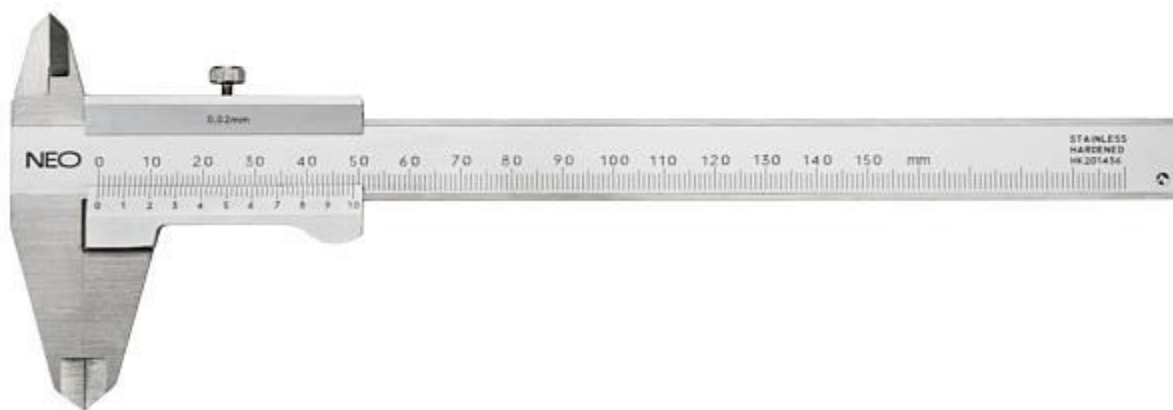
Odtud se jednoduchou úpravou dostane vzorec pro výpočet hledaného úhlu:

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{H}{L}\right)$$

- $\alpha$  ... hledaný, nebo kontrolovaný úhel [°],
- H ... výška ramene seskládaná pomocí koncových měrek [mm],
- L ... rozteč válečků pravítka [mm].

#### 4.7 posuvné měřítko

Posuvné měřítko sice nepatří k typickým měřidlům používaných s průměrnou deskou, ale v navrhovaných úlohách bude využíváno pro orientační měření výšek součástí. Při měření výšky součásti pomocí číselníkového úchylkoměru a koncových měrek je nutné také kontrolovat ručičku na vedlejší stupnici. Na to se ale velmi často zapomíná, a tak se může stát, že součást, která je sice v řádu setin milimetru vyrobená dobře, ale celkově je například o 2 mm kratší, tímto měřením projde. Proto je vhodné součást nejprve orientačně změřit pomocí méně přesného měřidla, například posuvného měřítka.



Obr. 11 – Posuvné měřítko s přesností 0,02mm [13]

Posuvné měřítko, slangově též zvané „posuvka“, nebo „šuplera“, je kovové, jednoduché měřidlo délek s přímým odečítáním hodnot. [3]

Skládá se z pevné a posuvné části. Pevná část tvoří tělo posuvky a nachází se na ní pevné měřicí čelisti (pro vnější a vnitřní rozměry), a hlavní stupnice. Po pevné části se posouvá jezdec, na kterém se nachází posuvné čelisti (pro vnější a vnitřní rozměr), které přesně doléhají k čelistem pevným. K jezdcí je připojen hloubkoměr, který se při oddálení čelistí vysouvá z konce posuvky. Tuhost tohoto hloubkoměru je poměrně malá, a tak se využívá spíše pro orientační měření hloubky. Na těle jezdece se nachází pomocné měřítko – nonius. Skrz jezdece velmi často prochází šroubek, který slouží k zajištění polohy jezdece a tím zabraňuje jeho posuvu při odečítání hodnoty. Stavbu posuvného měřítka je možné vidět na obrázku 11. [3]

Katedra technologie obrábění

Petra Frková

Posuvná měřítka se standardně vyrábějí v rozsahu 150 (nejčastější) až 300 mm, ale pro dílenské potřeby existují posuvky s rozsahem i 3000 mm. Přesnost těchto měřidel záleží na provedení posuvky a může být 0,1; 0,05 a 0,02 mm. Větší přesnosti zde nelze dosáhnout, protože je součást při měření řazena paralelně s měřicí stupnicí, a tak zde vzniká chyba prvního řádu (podrobněji popsána v kapitole „Chyby měření“). Hlavní stupnice znázorňuje celé milimetry. Velikost jednotlivých dílků na vedlejší stupnici odpovídá přesnosti posuvky a rozsah této stupnice je vždy 1 mm. Je-li tedy přesnost 0,1 mm, na vedlejší stupnici se bude nacházet pouze 10 dílků a každý bude symbolizovat rozsah 0,1 mm. Při přesnosti 0,02 mm obsahuje vedlejší stupnice 50 dílků, z nichž každý dílek symbolizuje právě 0,02 mm. [3]

Měření pomocí tohoto měřidla je velmi jednoduché a zde bude vysvětleno na měření vnějších rozměrů součásti. Součást se vloží mezi čelisti, jejichž poloha se pomocí jezdců nastaví tak, aby se součásti dotýkali z obou stran rovnoběžných stěn, mezi kterými se nachází kontrolovaný rozměr. Poté se pomocí šroubku zajistí jezdec proti posunutí. Nyní je nutné správně odečíst naměřenou hodnotu. Na hlavní stupnici se odečte počet celých milimetrů. To znamená počet celých dílků, které leží nalevo od počátku vedlejší stupnice. Nyní je potřeba najít takovou rysku na vedlejší stupnici, která se co nejlépe překrývá s libovolnou ryskou stupnice hlavní. Počet dílků vedlejší stupnice k této ryse značí hodnotu desetin a setin milimetru naměřené hodnoty. [3]

## 5 Výběr charakteristických činností

Na kontrolním pracovišti se provádí mnoho různých činností, ke kterým jsou potřeba různé pomůcky. Mohou se zde například používat různé kalibry, které slouží k rychlé a efektivní kontrole, pomocí elektrického 3D ramena se může skenovat a hodnotit tvar i složitých součástí, a mnoho dalšího. Na navrhovaném pracovišti je ale omezen počet pomůcek na základě výše provedeného výběru, a tak i výběr činností nebude příliš rozsáhlý.

Charakteristické činnosti je možné volit několika různými způsoby. Může se postupovat buďto od obrobku k pracovišti, od pracoviště k obrobku, nebo od požadovaných typů měření k pracovišti i k obrobku. Pokud se postupuje od obrobku k pracovišti, prozkoumá se nejprve několik vytipovaných součástí. Určí se u nich vlastnosti, které se na těchto součástech dají změřit na určitém pracovišti (například drsnost, průměr, délka, rovinnost) a k tomu se specifikují potřebné pomůcky. Čím více součástí se do tohoto průzkumu zapojí, tím se získá větší množství měřitelných vlastností a následujícím tříděním lze vhodněji vybrat právě ty vlastnosti, které jsou použitelné pro dané pracoviště. Například na pracovišti s průměrnou deskou není dobré měřit příliš velké, ani velmi malé obrobky, a tak je vhodné z vytipovaných součástí volit ty s průměrnou velikostí. Tato metoda je vhodná například při zakládání nového podniku, kde je zřejmé, jaké výrobky se v provozu budou vyrábět, a úkolem navrhovaného pracoviště bude tyto výrobky zkontrolovat. Výhodou zde je, že je pracoviště přizpůsobeno vybraným součástem, a tak je minimální riziko, že pro měření konkrétní vlastnosti obrobku nebudou k dispozici potřebné pomůcky.

Zkoumané součásti lze získat několika způsoby. Mohou se například prozkoumat dostupné vzorky na katedře. Pokud by k těmto obrobkům nebyl dostupný výkres pro porovnání rozměrů, může být cílem zadaného úkolu výrobní náčrt se základními změřenými rozměry. Dalším způsobem získání součástí je jejich kompletní navržení, nebo výroba podle výkresů použitých při dřívějších pracích.

Při postupu od pracoviště k obrobku, je vstupem seznam použitelných měřících pomůcek a charakteristika pracoviště. Zde je nutné se zamyslet, jaké vlastnosti se těmito pomůckami dají změřit, protože jedna pomůcka se zpravidla může použít při více měřeních. Příkladem



Katedra technologie obrábění

Petra Frková

zde mohou být koncové měřky. Ty se dají použít jako pomůcka při měření úhlu pomocí sinusového pravítka, nebo jako samotné měřidlo pro určení rozměru drážky s rovnoběžnými stěnami. Důraz se také klade na rozměry a přesnost měřidel. Například nelze změřit rozměr 150,18 mm na posuvném měřítku s rozsahem měření do 150 mm, přestože některá měřidla mají stupnici delší, než maximální rozsah. Na tomto přesahu ale není zaručená přesnost měření, jelikož s rostoucím rozměrem roste také vliv systematické chyby přístroje. Tato metoda může být využívána například při rozšiřování výroby v podniku, protože při konstruování nových součástech musí být jasné, zda nový výrobek bude podnik schopen nejen vyrobit, ale také zkontrolovat.

Také může nastat situace, kdy jsou hlavním výstupem z měření získané zkušenosti. Vychází se tedy od požadovaných druhů měření a postupuje se současně jak k pracovišti, tak i k obrobku. Nejprve se vytipují takové vlastnosti součástí, jejichž měření se požaduje, dále se nalezne součást, která tuto vlastnost obsahuje a měřidlo, kterým bude nejvhodnější danou vlastnost změřit. Například se určí, že je potřeba si vyzkoušet měření výšky součástí. K tomuto měření se nejvíce hodí taková součást, která disponuje dostatečně širokými rovnoběžnými plochami, mezi kterými bude měření provedeno. Důvodem je, aby při měření součást dobře stála a nedocházelo k jejímu převrácení, a zároveň nahoře byla dostatečně široká plocha pro opření dotyku měřidla. Jako měřidlo se při měření výšky součástí může použít výškoměr, číselníkový úchylkoměr s koncovými měrkami nebo například optické přístroje. Záleží na vybavenosti dílny, velikosti součástí, i na požadavcích na přesnost. Tato metoda se v praxi příliš nepoužívá, ale je velmi vhodná při tvorbě úloh pro studentské účely.

Výběr charakteristických činností pro procvičovací úlohy byl omezen hned několika faktory. Největší roli zde hrál fakt, že se musí jednat o pracoviště s průměrnou deskou. Dále byl kladen důraz na využití výše popsaných pomůcek a především na to, že výstupem z tohoto měření jsou hlavně získané zkušenosti. Pro výběr charakteristických činností byla proto využita kombinace výše popsaných metod: „od pracoviště k obrobku“ a „od požadovaného typu měření k pracovišti i obrobku“. Nejprve byly vytipovány pomůcky, které se běžně používají v kombinaci s průměrnou deskou a zároveň se vybraly činnosti, které by bylo z procvičovacího hlediska vhodné na tomto pracovišti provádět. Po tomto výběru byly vybrány následující operace a pomůcky:

- Kontrola rovinnosti pomocí číselníkového úchylkoměru, či pupitastu,
- kontrola úhlu zkosení na sinusovém pravítku (za pomoci koncových měrek a číselníkového úchylkoměru,
- kontrola rovinnosti s využitím planparalelní desky,
- kontrola přímosti pomocí číselníkového úchylkoměru, nebo pupitastu,
- kontrola rovnoběžnosti s využitím planparalelní desky a číselníkového úchylkoměru, nebo pupitastu,
- kontrola výšky součástí při využití koncových měrek a číselníkového úchylkoměru.

Následně byly tyto činnosti zredukovány. Kritérii zde byly použité pomůcky, jejichž výběr je podrobně popsán v kapitole „výběr charakteristických pomůcek“, a také vhodnost a přínosnost činnosti vzhledem k povaze pracoviště. U druhého kritéria byl kladen důraz převážně na to, že prováděné úkony by měly být jednoduché a nepřilíh rozsáhlé, jelikož úkolem tohoto pracoviště není rozvinout metrologické myšlení studentů, ale spíše ukázat, že součástí výroby musí být také kontrola vyrobených rozměrů a ukázat způsob, jak je toto měření realizováno. Jako příklad lze použít nahrazení původně plánovaného měření rovinnosti měřením přímosti. Rovinnost má sice lepší vypovídající schopnost o tom, jestli je obrobek správně vyroben a schopen vykonávat funkci, pro kterou byl určen, ale přímost je na měření o hodně jednodušší a pro představu, jakým způsobem probíhá měření

Katedra technologie obrábění

Petra Frková

geometrické přesnosti, je měření přímosti postačující. Po prostudování a zhodnocení výše popsaných kritérií byly k navrhovanému pracovišti vybrány tyto operace:

- Kontrola výšky součásti pomocí koncových měrek a číselníkového úchylkoměru,
- kontrola přímosti součásti pomocí číselníkového úchylkoměru,
- kontrola přímosti součásti pomocí číselníkového pupitastu,
- kontrola úhlu zkosení na sinusovém pravítku (za pomoci koncových měrek a číselníkového úchylkoměru.

Všechny vybrané činnosti jsou podrobně rozepsány v následující kapitole.

## 6 Popis charakteristických činností

Aby bylo možné vytvořit návody, je nejprve nutné popsat postupy činností, které byly vybrány podle kritérií popsaných výše. Tyto postupy jsou zpravidla všeobecně známé a pro účely této práce bylo čerpáno ze zkušeností získaných během studia, z literatury a také z rad lidí, které se tímto měřením zabývají. Následující popisy činností slouží k vytvoření podrobných návodů k jednotlivým typům kontrol.

### 6.1 Měření výšky součásti

Jak již bylo zmíněno, výšku součásti lze změřit více způsoby, například pomocí výškoměru, koncovými měrkami a číselníkovým úchylkoměrem, souřadnicovými stroji, nebo pomocí optických měřidel. Vzhledem k povaze navrhovaného pracoviště je v úlohách k procvičení využito koncových měrek a číselníkového úchylkoměru.

Každé měření je potřeba začít důkladným očištěním všech využitých pomůcek. Nejprve je nutné řádně očistit průměrnou desku, aby na ní mohly být pokládány další očištěné pomůcky. Vedle toho je potřeba zbavit obrobek hrubších nečistot pomocí jemného brousku a také musí být přebroušeny hrany měřené plochy, aby případné ořepky nemohly ovlivnit výsledky měření. Použití brousku musí být prováděno v takové poloze, aby odletující třísky nemohly ušpinit již očištěnou průměrnou desku. Toto čištění je tedy nutné provádět buď mimo pracoviště, nebo alespoň zády k desce. Poté se musí očistit obrobek od vzniklých třísek pomocí hadříku a následně je nutné tyto plochy ještě otřít čistým hadříkem s čisticím přípravkem. Také stojan musí být zbaven nečistot, jelikož by mohly ohrozit přesnost číselníkového úchylkoměru a při pohybu stojanu by mohlo dojít k poškození průměrné desky nečistotami, které by zůstaly na spodní straně. Nyní je nutné ze sady koncových měrek vybrat takové měrky, aby součet jejich hodnot přesně odpovídal jmenovité výšce měřené součásti. Koncové měrky je nutné vybírat tak, aby byl požadovaný rozměr skládán od nejmenších řádů. To znamená, že nejprve se vybírají takové měrky, aby součet jejich rozměrů složil požadované setiny (tisíciny) milimetru, poté se přidávají měrky ke složení desetiny a jako poslední dochází k vyrovnání celých milimetrů. Vybrané měrky musí být důkladně zbaveny mazacího tuku, který je chrání před vlivy vnějšího prostředí. Přitom nesmí být poškozen jejich lapovaný povrch. Proto se měrky musí očistit pomocí čistého bavlněného, nebo lněného hadříku a jejich funkční plochy se odmastí vatičkou namočenou v technickém lihu. První očištěnou měrku je nutné položit na podložku, protože pokud by byla položena na průměrnou desku, došlo by k přilnutí povrchů.

Koncová měrka se uchopí za boky měrky a vsune se pomalu podélně na jinou měrku tak, aby došlo k přilnutí měrek. Tento postup je nutné opakovat tak dlouho, dokud měrky netvoří požadovaný rozměr. Sloupec měrek je třeba postavit na očištěnou průměrnou desku vedle součásti, na které bude provedeno měření. Stojan je zapotřebí umístit vedle obrobku a sloupec

Katedra technologie obrábění

Petra Frková

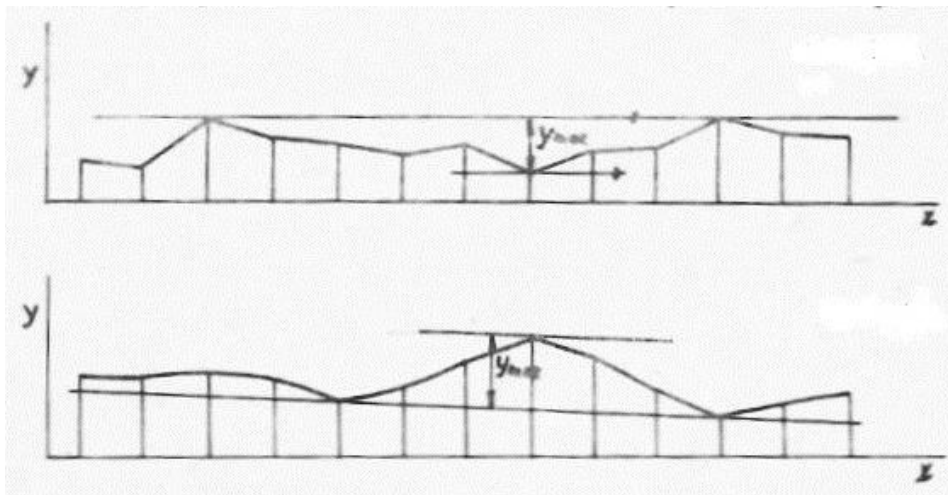
z měrek. Číselníkový úchylkoměr je nutné vložit do stojanu, pokud do něj dosud nebyl vložen. Pomocí kloubů na stojanu se musí nastavit úchylkoměr tak, aby při doteku sloupce byl předepjatý alespoň o 1, nebo 2 mm (aby bylo možno změřit i zápornou výchylku). Při tomto předepjetí ale musí být výchylka na hlavní stupnici nulová, čehož lze dosáhnout pomocí šroubu na stojanu. Poté se stojanem pohybuje po desce tak, aby se úchylkoměrem najelo nad měřenou součást. Při tomto najíždění se nesmí pohnout šrouby ve stojanu, ale dotek úchylkoměru se zvedne pomocí táhla umístěného shora úchylkoměru, aby nedošlo k jeho poškození při případném nárazu do boku součásti. Dotek se opět spustí, až se bude nacházet nad měřenou součástí. Poté se odečte velikost odchylky vůči sloupci složeného z měrek. Při této metodě je na vedlejší stupnici úchylkoměru nutné sledovat, zda odchylka nepřekročí řád milimetrů, na což se velmi často zapomíná. Proto je vhodné měřenou výšku nejprve orientačně zkontrolovat například pomocí posuvného měřítka.

Po ukončení měřidla se musí uklidit všechny pomůcky a rozebrat sloupec složený z koncových měrek. Jednotlivé měrky je nutné vůči sobě opatrně vysunout, nebo vytočit, poté je namazat konzervačním tukem a uložit do speciálního kufříku.

## 6.2 Měření přímosti

Ve skriptech [2] se o definici přímosti píše: „Podle nové normy ČSN 014403 jsou úchyly přímosti definovány takto: „Úchylka přímosti je největší naměřená vzdálenost skutečné čáry od obalové přímky, kde: obalová přímka je geometrická přímka položena tečně k přímému profilu plochy tak, aby největší vzdálenost skutečné přímky od obalové byla co nejmenší.““

Obalová přímka se může skutečného profilu dotýkat ve dvou nejvyšších bodech (poté má skutečný profil vydutý tvar) a změřená rovinnost odpovídá vzdálenosti nejnižšího bodu od obalové přímky. Pokud je tvar skutečného profilu vypuklý, dotýká se obalová přímka skutečného profilu v jednom nejvyšším bodě a je rovnoběžná se spojnicí dvou nejnižších bodů skutečné čáry. V tomto případě odpovídá měřená přímost vzdálenosti těchto dvou rovnoběžných čar. Oba zmíněné způsoby lze vidět v následujícím obrázku. [2]



Obr. 12 - Vyhodnocení přímosti [2]

Vzhledem k tomu, že úkolem navrhovaného pracoviště je pouze seznámit studenty s možnostmi kontroly, mělo by být zhodnocení výsledků zjednodušeno. Výslednou rovinnost není vhodné hodnotit dle výše popsaných grafů, ale je vhodnější ji vyhodnotit jako rozsah naměřených hodnot:

$$r = r_{max} - r_{min}$$

Katedra technologie obrábění

Petra Frková

- $r$  ... výsledná rovinnost,
- $r_{max}$  ... největší naměřená hodnota,
- $r_{min}$  ... nejmenší naměřená hodnota.

Pro měření přímosti je možné použít buď číselníkový úchylkoměr, nebo číselníkový pupitast. Kritérii pro výběr z těchto dvou pomůcek jsou dostupnost měřené plochy a její poloha. Zatímco číselníkový úchylkoměr potřebuje ke svému měření dostatek prostoru nad měřenou plochou, pupitast je díky svému výkyvně uloženému doteku vhodný pro měření hůře přístupných ploch, nebo tam, kde je potřeba změřit stěny uložené svisle (kolmo na průměrnou desku). Pokud je stěna uložena svisle, je nutné zajistit, aby se měřidlo pohybovalo přesně rovnoběžně s měřenou plochou. K tomu jsou ale potřeba další pomůcky, a proto se tato varianta v navrhovaných úlohách nevyskytuje.

Před měřením je opět nutné důkladně očistit všechny použité pomůcky. Nejprve je vhodné očistit čistým hadrem průměrnou desku, aby se na ní mohly umisťovat ostatní očištěné pomůcky. Měřené plochy se musí zbavit hrubých nečistot jemným brouskem. Tímto brouskem se také musí zarovnat hrany měřených ploch, protože by na nich mohly být otřepy negativně ovlivňující přesnost měření. Čištění brouskem musí být provedeno mimo průměrnou desku, aby nedošlo k jejímu opětovnému ušpinění. Po očištění brouskem je nutné ještě obrobek očistit hadříkem od třísek a následně ještě čistým hadříkem s čisticím přípravkem od mastnoty a jemných nečistot.

Na průměrnou desku se musí umístit obrobek tak, aby měřená plocha byla přístupná. Vedle součásti je nutné položit očištěný stojan. Poté je potřeba hadříkem očistit pupitast, nebo úchylkoměr a upevnit jej do stojanu. Je-li používán pupitast, je nutné jeho dotek opatrně vychýlit ze svislé polohy tak, aby nový směr doteku byl téměř rovnoběžný s měřenou plochou (pokud je měřená plocha svislá, dotek se nevychyluje). Dotekem měřidla je zapotřebí najet na měřenou plochu poblíž okraje a tuto polohu zajistit pomocí šroubů v kloubech stojanu. V této poloze není potřeba nastavovat nulu měřidla, protože výsledná přímost bude vypočítána jako rozsah hodnot měření, nikoliv odchylka od pevně stanoveného bodu. Je ale nutné, aby měření mohlo být uskutečněno jak do kladných, tak i do záporných hodnot. Hodnotu ukazující ciferník je vhodné zapsat do tabulky jako hodnotu prvního měření. Následně se se stojanem, a tím i s dotekem měřidla pohybuje v požadovaném směru po součásti. Do připravené tabulky se zaznamenávají polohy jednotlivých bodů při měření. Z těchto hodnot se vypočte rozsah těchto hodnot a vyhodnotí se, zda se změřená přímost nachází v požadované toleranci. Po skončení měření je nutné opět uklidit všechny použité pomůcky.

### 6.3 Měření úhlu

Měření úhlu pomocí sinusového pravítka je nutné provádět nadvakrát. Nejprve se musí zjistit, zda je skutečný úhel menší, než maximální povolený, poté je potřeba zjistit, zda je skutečný úhel větší, než minimální úhel dovolený na výkrese. Při měření úhlu je nejprve nutné vypočítat výšku sloupce z koncových měrek, kterým bude podložen jeden konec sinusového pravítka. Tento rozměr se vypočte ze vzorce vycházejícího z goniometrické funkce, který je uveden u popisu sinusového pravítka, a musí se vypočítat jak pro minimální, tak i pro maximální dovolený úhel uvedený na výkrese. Před měřením je ještě nutné pečlivě očistit všechny používané pomůcky. Nejprve je vhodné očistit průměrnou desku, aby na ní mohly být pokládány ostatní očištěné pomůcky. Následně by měl být očištěn obrobek. A to nejprve pomocí brousku (pouze stěny, které se budou účastnit měření a jejich hrany). Toto očištění je nutné provádět v poloze, aby odletující třísky nemohly ušpinit již očištěnou průměrnou desku. Poté je vhodné očistit celou součást hadříkem od třísek vzniklých

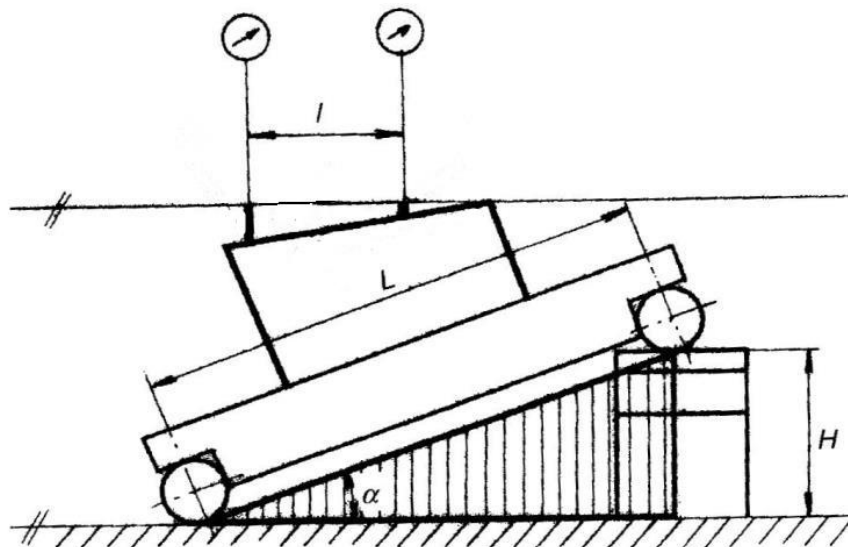
Katedra technologie obrábění

Petra Frková

broušením a následně se musí obrobek očistit čistým hadrem s čisticím přípravkem. Následně se musí ještě očistit číselníkový úchylkoměr a stojan, do kterého je nutné úchylkoměr vložit.

Zvláštní pozornost se musí věnovat přípravě koncových měrek. Nejprve je nutné vybírat v boxu takové měrky, aby jejich součet odpovídal hodnotě nejmenšímu řádu u skládaného rozměru. Stejným způsobem se poté vybírají měrky pro řády vyšší, dokud nedojde ke složení celého požadovaného rozměru, přičemž jako poslední se skládají hodnoty celých milimetrů. Každou měrku je nutné důkladně zbavit mazacího tuku. Nejprve se očistí hadříkem, poté se funkční plochy odmastí pomocí vatičky namočené v technickém lihu. Očištěnou měrku je nutné položit na podložku, protože pokud by byla měrka položena na průměrnou desku, došlo by k nežádoucímu přilnutí. Měrky se na sebe skládají tak, že se po jedné na sebe pomalu nasouvají, aby k sobě vzájemně dobře přilnuly. Přitom se měrky uchopují pouze za boky, aby nedošlo k narušení jejich funkčních ploch. Tímto způsobem je nutné složit sloupec jak pro dolní mezní úhel, tak i pro horní mezní úhel. Vzhledem k tomu, že některé měrky může být potřeba použít v obou skládaných sloupcích, je vhodnější skládat sloupec pro dolní mezní úhel až po rozložení sloupce pro horní mezní úhel.

Složené sloupce je nutné umístit na očištěnou průměrnou desku. Poté se umístí sinusové pravítko tak, aby jeden jeho váleček ležel na průměrné desce a druhý na sloupci z koncových měrek pro maximální dovolený úhel. Součást se musí položit jedním ramenem měřeného úhlu na pravítko. Druhé rameno musí být alespoň přibližně ve vodorovné poloze. Číselníkovým úchylkoměrem je nutné přejet měřenou součást. Pokud je úhel menší, než maximálně dovolený, bude se horní plocha součásti svažovat ve stejném směru, jako se svažuje sinusové pravítko (viz obrázek 13).



**Obr. 13 – Používání sinusového pravítka [12]**

Dále je potřeba zkontrolovat, zda skutečný úhel je větší, než minimální dovolený úhel. Při měření musí být použit sloupec z měrek složený pro minimální dovolený rozměr. Sinusové pravítko je nutné umístit tak, aby jeden váleček ležel na průměrné desce a druhý na sloupci složeném z měrek. Součást musí být opět položena tak, aby jedna stěna tvořící rameno ležela na sinusovém pravítku a druhá se nacházela přibližně ve vodorovné poloze. Skutečný úhel je větší, než minimální dovolený, pokud se „vodorovná“ plocha svažuje na druhou stranu, než se svažuje sinusové pravítko, což se zjistí přejetím úchylkoměru po horní ploše obrobku.



Katedra technologie obrábění

Petra Frková

Pokud součást vyhověla oběma měření, je úhel vyroben v požadované toleranci. Po skončení měření je opět nutné uklidit všechny použité pomůcky, přičemž důraz musí být kladen na správné ošetření koncových měrek. Ze složeného sloupce se postupně opatrně vysouvají jednotlivé měrky, dokud nedojde k jeho celkovému rozložení. Poté je nutné každou měrku naimpregnovat mazacím tukem a vložit do speciálního boxu.

## 7 Aplikování charakteristických činností na konkrétní součásti

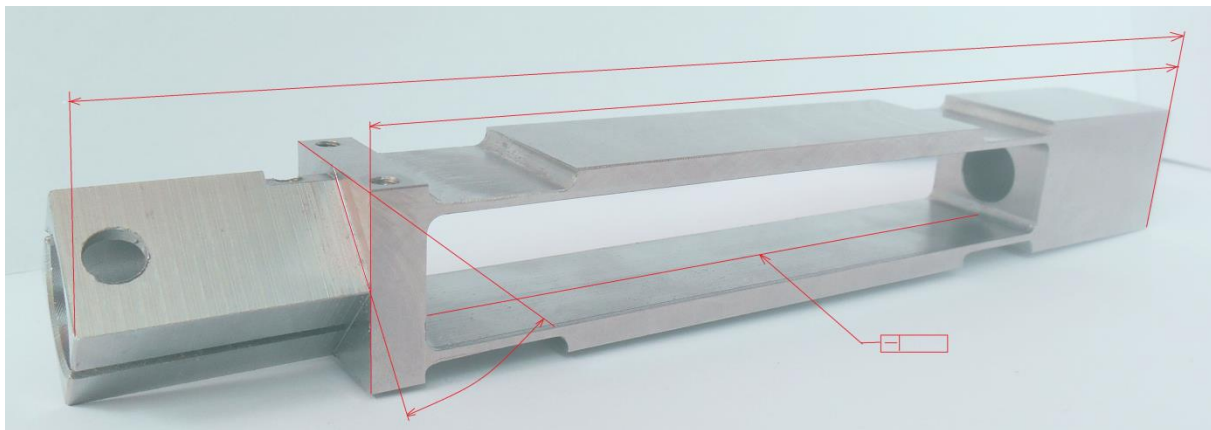
Procvičovací úlohy by v budoucnu měly sloužit studentům k procvičení výše vybraných a popsaných charakteristických činností. Pro tyto činnosti se podařilo nashromáždit několik součástí, které byly poskytnuty místní dílnou. Vzhledem k charakteristice a vybavenosti pracoviště nejsou v úlohách řešeny všechny tolerované rozměry uvedené na výkrese. Z tolerovaných rozměrů byly pro řešení úloh vybrány takové, aby byly změřitelné na navrhovaném pracovišti a pokud možno studentům přinesly nové poznatky. Pro řešení těchto úloh by měly sloužit návodky, zadání úloh a protokoly měření. Vytvoření těchto dokumentů je jedním z hlavních úkolů předložené práce.

V následujících odstavcích bude popsáno a vysvětleno, které vlastnosti budou měřeny na jednotlivých obrobkách. Dále je zde uvedeno, v jaké poloze se při jednotlivých kontrolách mají součásti nacházet. Poznátka rozepsaná v těchto kapitolách jsou využity pro tvorbu zadání úloh k procvičení výše popsaných charakteristických činností.

### 7.1 paralelogram

Úkony prováděné na paralelogramu (viz kóty v obrázku 14):

- Kontrola celkové výšky,
- kontrola výšky bez hranolové, pootočené části,
- kontrola přímosti vnitřní plochy drážky,
- kontrola úhlu těla paralelogramu a pootočené, hranolové části.



Obr. 14 - Paralelogram

Součást vykazuje dobrou stabilitu, i když je orientována „na výšku“ a proto ji v této poloze je vhodné použít pro procvičení kontroly výšky. Kontrolu výšky je zde možné použít dvakrát, přičemž u obou je nutné umístit paralelogram na čtvercovou podstavu obrobku. U prvního měření by měla být zkontrolována celková výška součásti, u druhého měření je vhodné kontrolovat výšku obrobku bez vrchní, pootočené části. Kontrola výšky na tomto obrobku se od ostatního liší tím, že součást je dosti dlouhá v porovnání s ostatními používanými

Katedra technologie obrábění

Petra Frková

výrobky, a tak si studenti mohou procvičit seskládání většího rozměru z koncových měrek, než u jiných poskytnutých součástí.

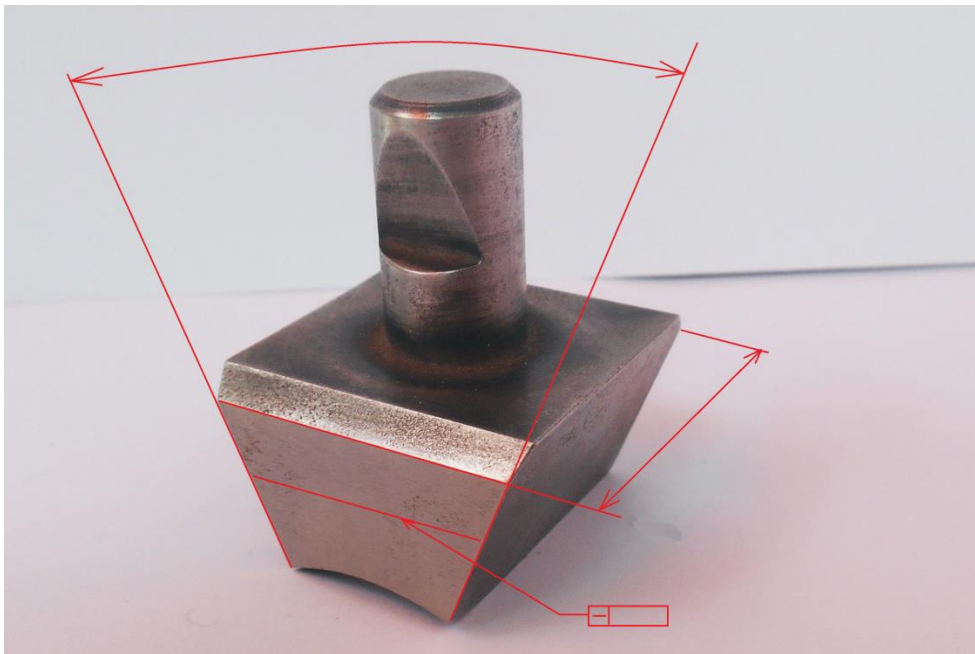
Kontrolu přímosti si na této součásti lze procvičit na vnitřních plochách drážky. Tyto plochy byly vybrány, protože kvůli jejich horší dostupnosti nelze k jejich měření použít číselníkový úchylkoměr. To poskytuje příležitost k použití méně obvyklého měřidla – pupitastu. Při této kontrole je nutné umístit obrobek tak, aby kontrolovaná plocha byla ve vodorovné poloze a shora přístupná. Pupitastem lze sice kontrolovat i přímost na plochách uložených svisle, ale při této kontrole je nutné zajistit, aby se stojan s pupitastem posouval přesně rovnoběžně k měřené ploše, a to by s pomůckami na tomto pracovišti bylo značně obtížné.

Na paralelogramu si studenti mohou procvičit také kontrolu úhlu. K tomuto měření je vhodné použít úhel mezi tělem součásti a pootočenou, hranolovou částí. Obrobek je nutné umístit bokem, bez průchozího vybrání na horní plochu sinusového pravítka tak, aby jeho podélná osa svírala s podélnou osou pravítka pravý úhel. Při pohledu shora by spolu paralelogram a sinusové pravítko měly tvořit „kříž“. Číselníkovým úchylkoměrem musí být najížděno na nerozříznutou plochu pootočené části. Při této kontrole je obtížnější manipulace s pomůckami, protože součást bude nutné na sinusovém pravítku správně uložit a udržet, aby nesklouzla. Proto je vhodnější provádět tuto kontrolu ve dvou lidech.

## 7.2 Čelist

Úkony prováděné na čelisti (viz kóty na obrázku 15):

- Kontrola přímosti boční plochy,
- kontrola šířky součásti,
- kontrola úhlu čelisti.



Obr. 15 - Čelist

Na boční ploše čelisti, na straně drážky umístěné na stopce, je potřeba zkontrolovat přímost. Při této kontrole je nutné umístit součást na příměrnou desku tak, aby měřená plocha ležela ve vodorovné poloze a byla shora přístupná. Kontrola by měla být provedena číselníkovým úchylkoměrem, protože kontrolovaná plocha je volně přístupná, a nad ní se nachází dostatek prostoru pro využití tohoto měřidla.

Katedra technologie obrábění

Petra Frková

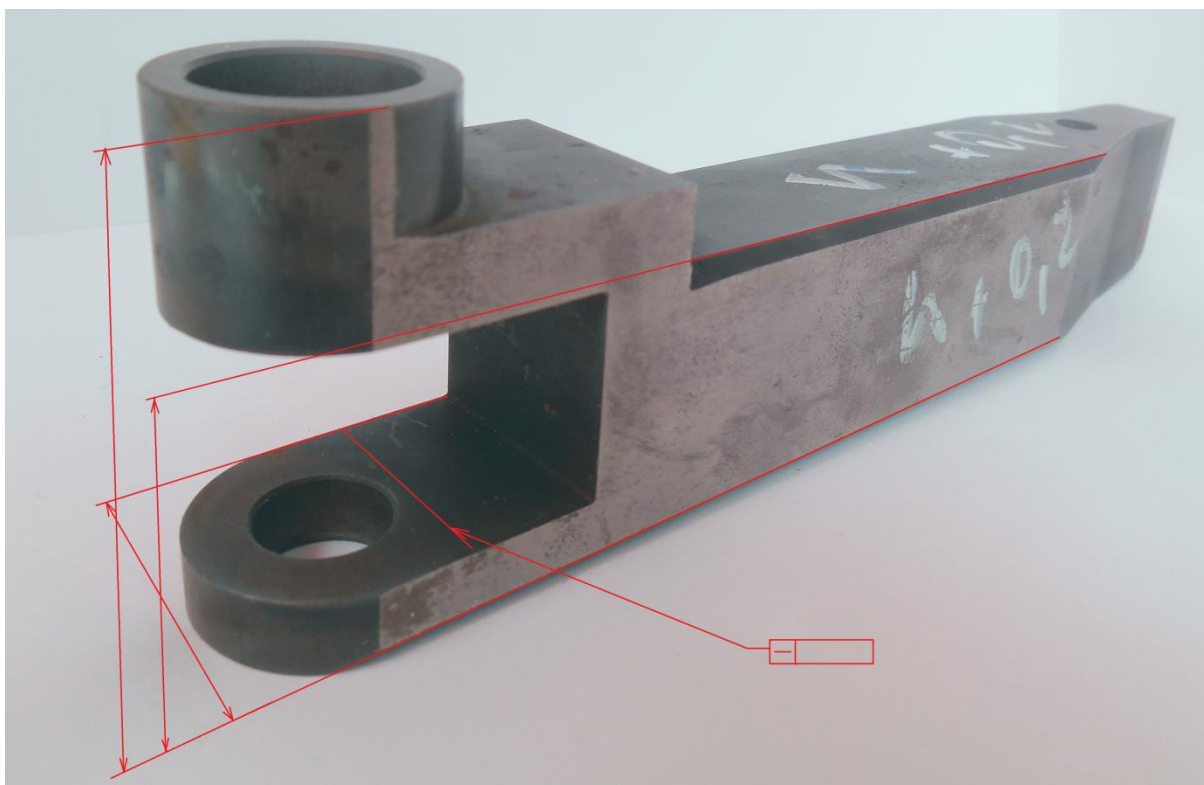
Šířku součásti je s ohledem na vybavenost pracoviště nutné kontrolovat jako výšku. U této kontroly musí být čelist položena na průměrné desce bokem čelisti (stejná poloha jako při kontrole přímosti). Tolerance tohoto rozměru není na výkrese zadána číselně, ale pomocí tolerančního pole g6, a tak si u této kontroly mohou studenti procvičit vyhledávání číselných hodnot tolerančního pole v příslušných tabulkách.

Na tomto obrobku je vhodné zkontrolovat také úhel čelisti. Při této kontrole musí být součást umístěna tak, aby jedno rameno úhlu leželo na sinusovém pravítku a druhé se nacházelo ve vodorovné poloze a bylo shora volně přístupné.

### 7.3 Vodítko razníku

Úkony prováděné na vodítku razníku (viz kóty na obrázku 16):

- Kontrola šířky těla,
- kontrola celkové výšky součásti,
- kontrola výšky těla,
- kontrola přímosti vodorovné plochy vybrání.



Obr. 16 - Vodítko razníku

Na tomto obrobku je vhodné provést celkem tři kontroly výšky, protože šířku vodítka je vzhledem k vybavenosti pracoviště nutné kontrolovat také jako výšku. U kontroly celkové výšky i výšky těla vodítka je nutné umístit součást na nejdelší stěnu s dvěma kruhovými otvory. Pro kontrole šířky těla se musí součást umístit na boční stěnu (plocha bez otvorů). Kontrola výšky a šířky těla vodítka se od jiných měření liší tím, že tyto rozměry nejsou na výkrese tolerovány číselně, ale pomocí uložení h6. Studenti si tak mimo měření mohou také procvičit vyhledávání hodnot tolerancí v příslušných tabulkách, jež se naučili v jiných předmětech.



Katedra technologie obrábění

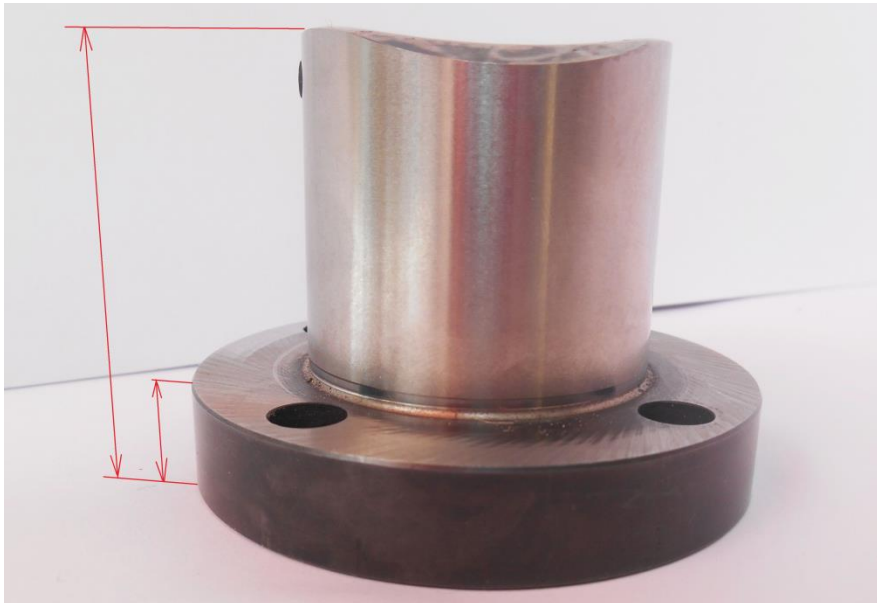
Petra Frková

Na vodorovné ploše vybrání je nutné zkontrolovat přímost. Tuto kontrolu je třeba provést pupitastem, protože nad plochou není dostatek místa pro použití číselníkového úchylkoměru. Při této kontrole je nutné umístit součást na nejdelší stěnu s dvěma kruhovými otvory, což je stejná poloha jako u kontroly výšky.

#### 7.4 Matritze základ

Úkony prováděné na této součásti (viz kóty na obrázku 17):

- Kontrola celkové výšky,
- kontrola výšky příruby.



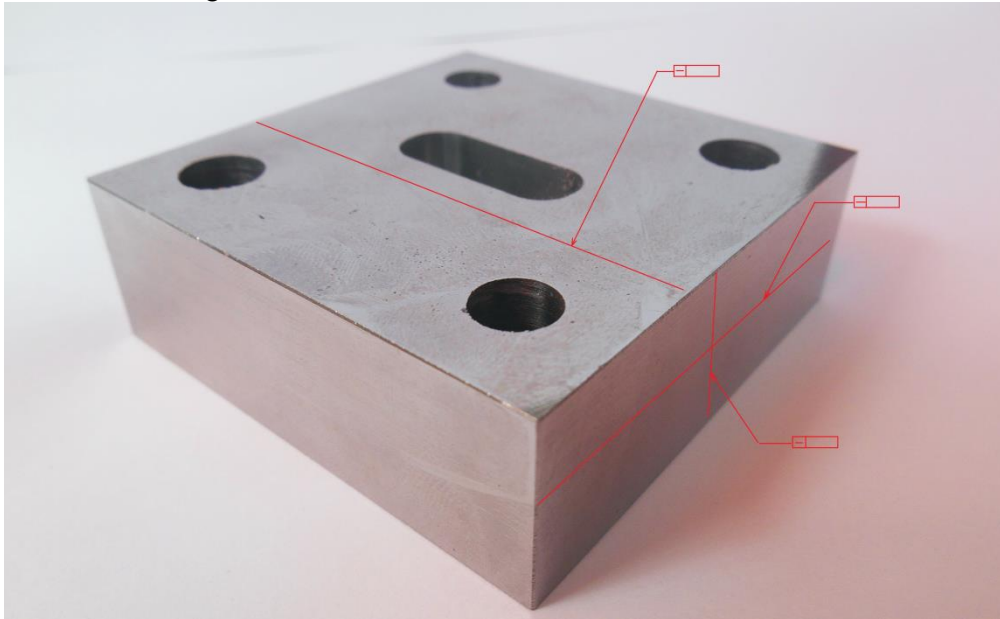
Obr. 17 - Matritze - základ

Tato součást je rotační, a tak ne všechny tolerované rozměry lze zkontrolovat na navrhovaném pracovišti. Například pro kontrolu průměru lze využít různé kalibry, či mikrometrická měřidla. Tyto pomůcky ale na navrhovaném pracovišti nejsou používány, a tak na této součásti lze provést pouze kontrolu výšky. Při této kontrole je nutné součást postavit na čelo přírubové části. Kontrolovat by se měla výška přírubové části a celková výška součásti. Při kontrole celkové výšky součásti je nutné řádně vyčíst z výkresu, na které stěny lze umístit dotek úchylkoměru, protože jen malá část horního čela je rovnoběžná s čelem přírubové části.

#### 7.5 Hranol

Úkony prováděné na této součásti (viz kóty na obrázku 18):

- Kontrola přímosti horní plochy,
- kontrola přímosti boční plochy – podélně,
- kontrola přímosti boční plochy – příčně.

**Obr. 18 - Hranol**

Tuto součást lze použít jak pro kontrolu jednotlivých rozměrů v podobě kontroly výšky, tak i pro kontrolu přímosti v různých polohách i směrech. Kontrola výšky součástí je ale hojně využíváno při kontrole ostatních vybraných výrobků, a tak by tyto kontroly nepřinesly žádné nové zkušenosti, či poznatky. Proto je u hranolu vhodné kontrolovat pouze přímosti.

Při kontrole přímosti horní plochy je nutné součást umístit na největší stěnu tak, aby bylo možné kontrolovat přímost na horní ploše obsahující drážku pro pero. Při kontrole přímosti boční plochy musí být součást umístěna „na výšku“ tak, aby se drážka pro pero nacházela ve svislé poloze. Při kontrole přímosti plochy podélně je nutné přejíždět číselníkovým úchylkoměrem podél šířky součásti (delší trasa), u kontroly přímosti plochy příčně musí být číselníkovým úchylkoměrem přejížděno kolmo na šířku součásti (kratší trasa).

## 7.6 Rozdělení měření do úloh

Na získaných obrocích bude celkem provedeno:

- Osm krát kontrola výšky součásti,
- čtyři krát kontrola přímosti pomocí číselníkového úchylkoměru,
- dva krát kontrola přímosti pomocí pupitastu,
- dva krát kontrola úhlu.

Původním záměrem bylo vytvořit na každý obrobek jednu procvičovací úlohu. Ovšem pokud by došlo k tomuto rozdělení, byly by úlohy svým rozsahem i obtížností velmi nesourodé. Následně bylo uvažováno o rozdělení kontrol do čtyř úloh po čtyřech kontrolách, z nichž každá by obsahovala dvě kontroly výšky a jednu kontrolu přímosti pomocí číselníkového úchylkoměru. Jako čtvrtá kontrola by u dvou úloh byla kontrola přímosti s využitím pupitastu a u zbylých dvou úloh kontrola úhlu s využitím sinusového pravítka. Tyto úlohy by sice byly srovnatelné svojí obtížností i rozmanitostí použitých pomůcek, ale chyběla by zde přizpůsobivost zadání konkrétní situaci, například menšího počtu studentů ve třídě. Proto nakonec bylo rozhodnuto, že každá kontrola bude mít své vlastní zadání, bez návaznosti na zadání ostatní.

## 8 Orýsování

Pracoviště vybavené příměrnou deskou lze využít také pro orýsování součástí. Vzhledem k tomu, že nebyly sehnány vhodné obrobky, na kterých by bylo možné orýsování provést, má tato část práce pouze popisný charakter, bez tvorby konkrétního zadání úlohy a návodky. Pokud by v budoucnu došlo k realizaci úloh s orýsováním, bylo by vhodné nahradit rýsovací jehlu tužkou, aby součásti používané pro orýsování mohly být používány opakovaně. Více informací o orýsování lze nalézt v [12], [14], [15]. Z těchto literatur jsou také čerpány poznatky popsány v této kapitole.

Orýsování součásti vlastně znamená nakreslení výsledného tvaru, nebo jeho částí, na polotovar výrobku. Využívá se pouze v kusové výrobě, nebo při výrobě prototypů nových výrobků. Jedná se totiž o drahou ruční práci, a tak při větším počtu výrobků je vhodnější orýsování nahradit obráběním v přípravcích, nebo pomocí programu.

Orýsování může být buď plošné (rovinné), nebo prostorové. *Plošné orýsování* se používá k orýsování plochých součástí, nebo plechů. Při tomto typu orýsování se odměřuje od hran součástí, nebo od os souměrnosti. Při *prostorovém orýsování* se odměřuje od pevné základny, kterou nejčastěji bývá příměrná, nebo rýsovací deska. Aby bylo orýsování přesné, musí být povrch, kterým je součást položena na příměrnou desku, opracován. Pro nastavení správné polohy součásti se velmi často používají různé pomůcky, například úhelníky, hranoly, nebo podložky se zářezy. Pro toto orýsování se používá nádrh.

Pro lepší viditelnost čar se před orýsováním natírá povrch součásti speciálním roztokem. Pro litinové součásti se používá roztok práškové křídly ve vodě s přídavkem lihu. Ocelové součásti se potírají roztokem modré skalice, čímž dojde k pomědění povrchu. Po zaschnutí se na součásti vytvoří bílý (v případě křídového roztoku), nebo hnědý (po použití roztoku z modré skalice) povrch, na kterém jsou dobře viditelné i jemné rysky.

### 8.1 Používané pomůcky

Základní pomůckou při orýsování je *rýsovací jehla*, nebo rýsovací hrot osazený slinutými karbidy. Jehla je nejčastěji vyrobena z kalené ocele, ale pokud budou orýsovány tenkostěnné, či tvrzené obrobky, nebo materiál citlivý na vruby, je vhodnější použít jehlu mosaznou. Při orýsování plechů lze místo jehly použít také tužku. Jehla má velmi často na jedné straně hrot rovný, na druhé straně hrot ohnutý (viz obrázek 19). Druhého hrotu se využívá pro orýsování hůře dostupných míst. Hrot, který není používán, je vhodné zakrýt korkem, aby nedošlo ke zranění pracovníka, nebo k otupení hrotu. Při rýsování je jehla většinou vedena podél *kovových pravítek*, nebo *úhelníků*. Pokud je jehla umístěna do stojánku, vznikne *stojánkový nádrh* (k vidění na obrázku 20) sloužící k rýsování vodorovných čar při prostorovém orýsování.



Obr. 19- Rýsovací jehla [5]



**Obr. 20 - Stojánkový nádrh [16]**

Pro rýsování oblouků a kružnic se používá *hrotové kružidlo* (viz obrázek 21). Kružidlo se skládá ze dvou stejně dlouhých ramen spojených na jednom konci čepem tak, aby bylo možné nastavovat úhel mezi rameny a tím i vzdálenost hrotů umístěných na druhých koncích ramen. U čepu se nachází pružný element odtlačující ramena od sebe a přesná vzdálenost hrotů se nastavuje pomocí matice šroubu, která stahuje ramena k sobě. Tuto pomůcku lze také použít pro přenášení vzdálenosti odměřené na ocelovém pravítku.



**Obr. 21 - Kružidlo [5]**

K označení průběhu čar, především polohy středů a rohů se využívají *důlčíky* (viz obrázek 22). Důlčíky jsou z jedné strany opatřeny rovnou plochou, do které se klepe kladivem. Na druhé straně se nachází kalený hrot, jehož špička je standardně  $60^\circ$ . Středový děr se označují silněji, a tak se pro toto označování používají důlčíky s více špičatým hrotem (přibližně  $90^\circ$ ), aby bylo jednodušší chycení středu díry vrtákem. Po opracování podél orýsování by v rozích měli zůstat viditelné části důlků. Při vyrážení důlku musí být důlek umístěn kolmo k ploše, aby byl důlek pravidelný a přesný.



Obr. 22 - Důlčík [17]

## 8.2 Popis orýsování s nádrhem

Stejně jako u měření, je i u orýsování nejprve nutné pečlivě připravit a očistit všechny pomůcky. Nejprve je vhodné očistit průměrnou desku, aby na ní mohly být pokládány další připravené pomůcky. Obrobek je třeba připravit mimo očištěnou desku. Nejprve je nutné ho zbavit hrubých nečistot a otřepů pomocí jemného brousku. Poté se musí očistit hadříkem od vzniklých třísek a následně ještě omýt hadříkem s čisticím přípravkem. Následně je třeba stěnu, na které bude orýsování provedeno, potřít speciálním roztokem, jak je uvedeno výše. Po zaschnutí roztoku je vhodné obrobek přemístit na připravenou průměrnou desku.

Vzdálenost rysky od základny (průměrné desky) lze zjistit několika způsoby. Lze například použít nádrh s digitálním ukazatelem, nebo odměřit vzdálenost z kovového měřítka upnutého ve speciálním stojanu, popřípadě se lze hrotem jehly, nebo tužky dotknout sloupce složeného z koncových měrek. U použití kovového měřítka upnutého do stojanu by bylo nutné většího počtu pomůcek, než u zbylých dvou zmiňovaných metod, a tak se tato metoda pro účely pracoviště nejeví, jako nejvhodnější. Při použití digitálního ukazatele je nutné nastavit nulu měření dotekem hrotu jehly (tužky) průměrné desky. Nulu je také možné nastavit v jakékoliv poloze, nebo lze rozměry od jednotlivých bodů odečítat, nebo přičítat<sup>3</sup>. Vzhledem k povaze navrhovaného pracoviště ale není vhodné používat digitální přístroje, a tak bylo vybráno odměřování pomocí dotyku hrotu na sloupec z koncových měrek.

Dalším krokem postupu je tedy složení sloupce o potřebné výšce z koncových měrek. Nejprve je vhodné vybrat takovou měrku, jejíž hodnota odpovídá hodnotě nejmenšího řádu. Tuto měrku je nutné zbavit mazacího tuku a její funkční plochy otřít vatičkou namočenou v technickém lihu. Očištěná měrka se musí položit na podložku, protože kdyby byla položena na průměrnou desku, došlo by k nežádoucímu přilnutí povrchů. K první měrce jsou následně vybírány jiné měrky tak, aby byla složena hodnota dalšího nejmenšího řádu. Každá měrka musí být také zbavena mazacího tuku a poté je nutné očistit její funkční plochy vatičkou namočenou v technickém lihu. Měrky se seskládají tak, že se na sebe podélně opatrně nasouvají, aby došlo k vzájemnému přilnutí. Výběr měrek a další popsané kroky je nutné opakovat tak dlouho, dokud nedojde ke složení požadovaného rozměru. Následně se musí sloupec z měrek umístit na průměrnou desku poblíž obrobku.

---

<sup>3</sup> Čerpáno ze zdroje [15]



Katedra technologie obrábění

Petra Frková

Vedle obrobku je nutné umístit očistěný nádrh. Jak je zmiňováno již výše, rýsovací jehlu je vhodné nahradit obyčejnou tužkou, aby součásti určené k orýsování, mohly být používány opakovaně. Hrotem jehly, nebo tužky je nutné se opatrně dotknout horní plochy sloupce složeného z měrek a tato poloha se musí zafixovat pomocí šroubů ve stojánku. Následně se nádrhem posune k obrobku a do natřené stěny je nutné udělat hrotem viditelnou rysku. Celý postup se musí opakovat pro každý rozměr, dokud není provedeno veškeré orýsování uvedené na výkrese.

Po dokončení této operace je opět nutné uklidit a ošetřit všechny použité pomůcky. Sloupec z měrek je potřeba rozebrat vysouváním jednotlivých měrek. Každá měrka se musí naimpregnovat mazacím tukem a vložit zpátky do boxu.

## 9 Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout pracoviště technické kontroly s průměrnou deskou. Bylo nutné vybrat a popsat několik činností charakteristických pro toto pracoviště. K těmto činnostem byly popsány potřebné pomůcky a vytvořena jednotlivá zadání úloh, která by měla sloužit studentům k procvičení popsaných činností. Také bylo nutné vytvořit k těmto činnostem návody a protokoly z měření.

Na začátku práce byl popsán význam kontrol jako takových. Bylo vysvětleno, proč je nutné kontroly provádět a jaký mají význam v celkovém technologickém procesu. V kapitole „Analýza výchozího stavu“ je uvedena základní teorie potřebná pro důvěryhodné navrhnutí a popsání charakteristických činností. Jsou zde popsány různé metody a chyby měření. U chyb měření je také popsáno, jak nejčastěji vznikají a jak lze s nimi pracovat, aby nedošlo k negativnímu ovlivnění výsledku.

Výběr charakteristických pomůcek ukazuje, jak se postupovalo při výběru jednotlivých měřidel a která kritéria byla pro tento výběr rozhodující. Popisuje například, proč není na navrhovaném pracovišti použito měřidel s digitálním odečítáním hodnot, nebo proč je počet pomůcek takto omezen. Následně jsou jednotlivé pomůcky podrobně popsány v kapitole „Specifikace pracovních pomůcek“ Zde jsou uvedeny principy fungování a popsány jednotlivé části všech použitých měřidel a pomůcek

Ve „výběru charakteristických činností“ jsou popsány metody, kterými se lze ubírat při navrhování kontrolního pracoviště a činností, které budou na tomto pracovišti prováděny. Následně je uvedeno, jakých metod bylo skutečně použito a jak bylo postupováno při výběru charakteristických činností pro toto konkrétní pracoviště.

Jednotlivé postupy činností jsou popsány v kapitole „Popis charakteristických činností“. Tyto postupy jsou většinou všeobecně známé a v této práci jsou popsány proto, že jsou podle nich vytvořeny návody obsažené v příloze této práce.

V další části je na získaných obrocích vysvětleno, které rozměry se budou kontrolovat, a proč zrovna ty. U každé kontroly je uvedeno, v jaké poloze by se součást měla při měření nacházet, a čím se toto měření liší od ostatních. Poznatky v této kapitole byly použity při tvorbě zadání pro jednotlivé kontroly obsažené v příloze práce.

Poslední kapitola práce se zabývá orýsováním. Tato operace je zde uvedena, protože z části využívá stejné pomůcky (průměrná deska, koncové měrky), jako jsou používány v navrhovaných kontrolách, a proto by bylo vhodné na navrhovaném pracovišti provádět také tyto činnosti. Vzhledem k tomu, že k orýsování nebyly sehnány vhodné obrobky, má tato část práce pouze popisný charakter.

Katedra technologie obrábění

Petra Frková

Příloha práce obsahuje celkem šestnáct zadání úloh, pět návodků a tři protokoly z měření. Tvorba těchto dokumentů byla hlavní náplní této práce a jsou určeny studentům, aby si pomocí nich mohli vyzkoušet měření na stanovišti technické kontroly. V příloze se také nachází pět výkresů součástí, podle kterých budou kontroly provedeny. Výkresy byly většinou poskytnuty spolu se součástmi a v rámci této práce bylo pouze lehce upraveno kótování a sjednoceno číslování výkresů.

Dokumenty jsou systematicky značeny jedním písmenem a dvěma číslicemi. Návodky mají před číselným značením písmeno „N“, protokoly jsou označeny písmenem „P“ a zadání úloh obsahují označení „Z“. Toto označení ulehčuje orientaci v dokumentech a jejich provázání.

V zadání úloh je vždy uvedeno, který výkres, protokol a jaké návodky je pro vyřešení úlohy nutné použít. Dále se zde nachází informace, v jaké poloze se musí při kontrole součást nacházet, a vzorce, které mají být při řešení úlohy použity. K orientaci v úloze by mělo přispět i vyobrazení součásti v zadání s vyznačením rozměru, který bude kontrolován. Také v návodkách je uvedeno, do kterého protokolu by se měly zaznamenat výsledky z kontroly a v případě nutnosti použití další návodky, je její označení na příslušném místě také uvedeno.

Hlavním přínosem této práce je zrealizování několika procvičovacích úloh, které pomohou studentům při orientaci probírané látky. Díky praktickým zkušenostem získaných při plnění úloh bude pro studenty mnohem jednodušší zapamatovat si probíranou látku.

## 10 Bibliografie

- [1] Ph.D. Mgr. HANUŠ, R., Ph.D. Mgr. CHYTILOVÁ, L. *Zážitkové pedagogické učení*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2009. ISBN 978-80-247-2816-2.
- [2] CSc, Doc. Ing. MLČOCH L. *Strojírenská metrologie (Kontrola a měření ve strojírenské výrobě)*. Praha : České vysoké učení technické v Praze, 1973.
- [3] MLČOCH, L., SLIMÁK, I. *Řízení kvality a strojírenská metrologie*. Praha : Nakladatelství technické literatury, 1987.
- [4] TICHÁ, Š. *Strojírenská metrologie, část 1*. Ostrava : Vysoká škola Báňská, 2004. ISBN 80-248-0671-1.
- [5] VZDĚLÁVACÍ 3D ENCYKLOPEDIÉ. *Učíme v prostoru*.  
[http://vvp3d.cz/drtic/?page\\_id=3258](http://vvp3d.cz/drtic/?page_id=3258). [Citace: 15. 1 2015.]
- [6] TUMLIKOVO METAL CUTTING TECHNOLOGIES  
<http://www.tumlikovo.cz/zaskrabavani-ploch-teorie/>. [Citace: 1. Prosinec 2014.]
- [7] JIRKA A SPOL, S.R.O.  
<http://www.jirkaspol.cz/koncove-merky.html>. [Citace: 8. 4 2015.]
- [8] MARKAGRO S.R.O.  
<http://www.markagro.cz/produkt/ciselnikovy-uchylkomer-narazuvzdorny-0-10-mm-512d-063>. [Citace: 14. 1 2015.]
- [9] METAL KOVIS.  
<http://web-trgovina.metal-kovis.hr/artikl.asp?item=pupitas-0-08-mm-insize&code=2381-08&cat=mjerni-alat>. [Citace: 14. 1 2015.]
- [10] MT NÁSTROJE.  
<http://www.mt-nastroje.cz/i-zavitniky/eshop/33-1-Posuvna-meritka-a-mikrometry/778-2-Uchylkomery/5/16352-Stojanek-nemagneticky-KINEX-220x300mm>.  
[Citace: 14. 1 2015.]
- [11] VERTEX - MACHINERY WORKS CO.  
[http://www.vertex-tw.com.tw/products/products\\_list.php?cid=147](http://www.vertex-tw.com.tw/products/products_list.php?cid=147). [Citace: 8. 4 2015.]
- [12] Ph.D, doc. Ing. BUMBÁLEK, L. a kol. *Kontrola a měření pro SPŠ strojní*. Praha : Informatorium, spol. s r. o., 2009. ISBN 978-80-7333-072-9.
- [13] R.C.  
<http://rc.305.cz/view.php?cisloclanku=2013010004>. [Citace: 15. 1 2015.]
- [14] PETR SEMERÁD. SOŠ A SOU Hustopeče. [Citace: 1. 6 2015.]  
[http://sou-hustopece.cz.uvirt19.active24.cz/wp-content/uploads/VY\\_32\\_INOVACE\\_01\\_OV\\_E1-%E2%80%93M%C4%9A%C5%98EN%C3%8D-A-OR%C3%9DSOV%C3%81N%C3%8D.pdf](http://sou-hustopece.cz.uvirt19.active24.cz/wp-content/uploads/VY_32_INOVACE_01_OV_E1-%E2%80%93M%C4%9A%C5%98EN%C3%8D-A-OR%C3%9DSOV%C3%81N%C3%8D.pdf).  
[Citace: 15. 1 2015.]



Katedra technologie obrábění

Petra Frková

[15] Ing. FISCHER, U. a kol. *Základy strojnictví*. Praha : Europa-Sobotáles cz, s.r.o., 2004. ISBN 80-86706-09-5.

[16] KINEX CZ S.R.O - VÝROBA-PRODEJ-SERVIS MĚŘÍCÍ TECHNIKY.

<http://eshop.kinex.cz/202-n%C3%A1drh-400mm-%C4%8Dsn-25-5314-nov%C3%BD-model.html>. [Citace: 2. 6 2015.]

[17] STANLEY.


<http://www.stanleyworks.cz/products/detail/Stavebn%C3%AD+n%C3%A1%C5%99ad%C3%AD/D%C5%AF1%C4%8D%C3%ADky+a+pr%C5%AFbojn%C3%ADky/D%C5%AF1%C4%8D%C3%ADk+s+vroubkovan%C3%BDm+povrchem>. [Citace: 2. 6 2015.]

[18] DOBROVOLNÝ, B. *Ruční obrábění a zpracování kovů*. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1960.

## **PŘÍLOHY**

## **PŘÍLOHA č. 1**

### **Zadání úlohy – Kontrola celkové výšky paralelogramu**

	<b>Západočeská univerzita – Fakulta strojní</b> <b>Katedra technologie obrábění</b>	<b>ZADÁNÍ</b> <b>ÚLOHY</b>
	Celková výška paralelogramu	Číslo Z01
	Pracoviště průměrné desky	List 1/1

Dle dostupné dokumentace zkontrolujte celkovou výšku paralelogramu.

Použijte výkres: KTO – 01 – 001.

Pro kontrolu výšky použijte návodku N01.

Pro sestavení měrek použijte návodku N10.

Výsledky zapisujte do protokolu P01.

Při měření postavte paralelogram na čtvercovou podstavu.

Výšku součásti vyhodnoťte statisticky z pěti měření dle vzorců:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

s ... směrodatná odchylka,

n ... počet měření,

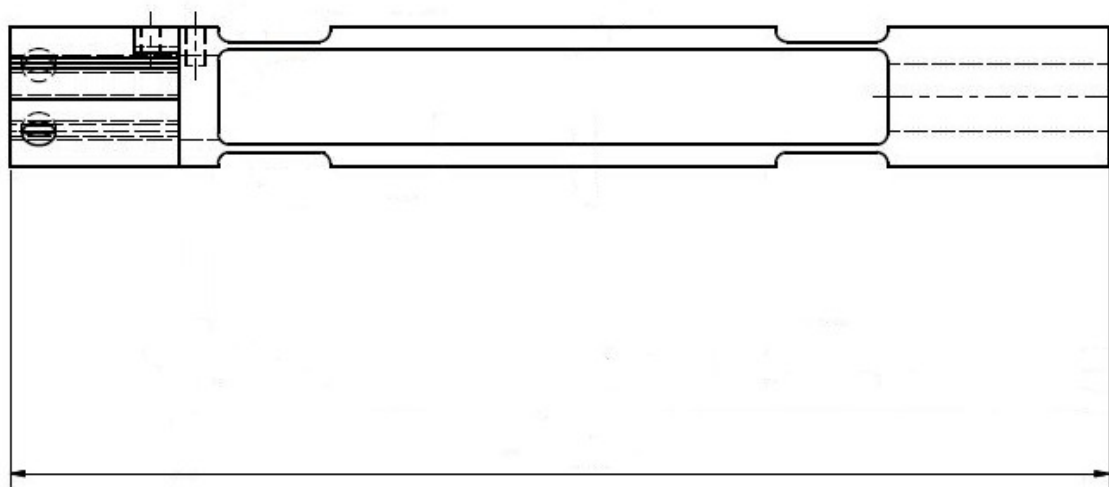
$\bar{x}$  ... výběrový aritmetický průměr

$x_i$  ... jednotlivé naměřené hodnoty veličiny x.

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

Výsledek zapište ve tvaru:  $\bar{x} \pm s$ .

Grafické znázornění kontrolovaného rozměru:



## **PŘÍLOHA č. 2**

### **Zadání úlohy – Kontrola výšky těla paralelogramu**

	<b>Západočeská univerzita – Fakulta strojní</b> <b>Katedra technologie obrábění</b>	<b>ZADÁNÍ</b> <b>ÚLOHY</b>
	Výška paralelogramu bez hranolové, pootočené části	Číslo Z02
	Pracoviště průměrné desky	List 1/1

Dle dostupné dokumentace zkontrolujte výšku paralelogramu bez hranolové, pootočené části.

Použijte výkres: KTO – 01 – 001.

Pro kontrolu výšky použijte návodku N01.

Pro sestavení měrek použijte návodku N10.

Výsledky zapisujte do protokolu P01.

Při měření postavte paralelogram na čtvercovou podstavu.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Výšku součásti vyhodnoťte statisticky z pěti měření dle vzorců:

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

s ... směrodatná odchylka,

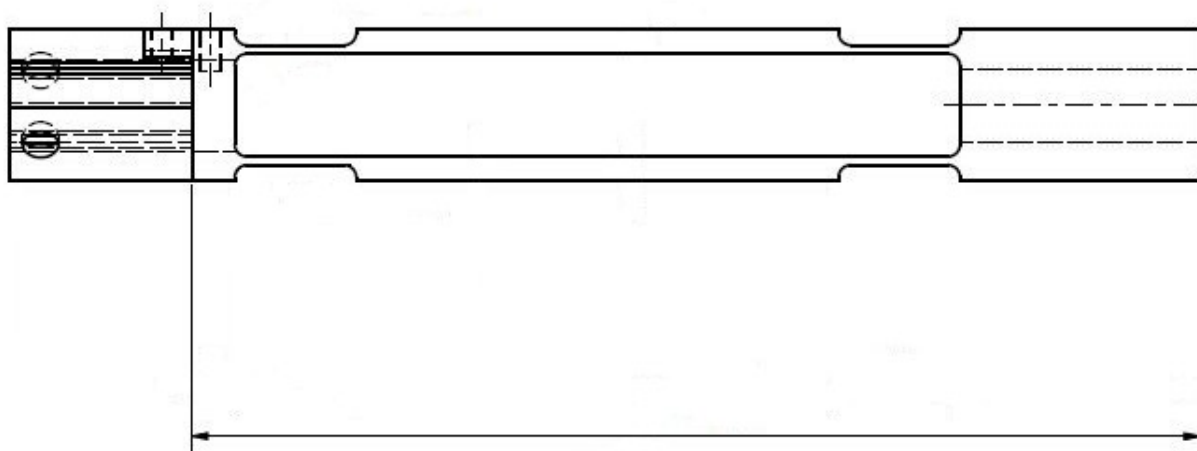
n ... počet měření,

$\bar{x}$  ... výběrový aritmetický průměr

$x_i$  ... jednotlivé naměřené hodnoty veličiny x.

Výsledek zapište ve tvaru:  $\bar{x} \pm s$ .

Grafické znázornění kontrolovaného rozměru:





## **PŘÍLOHA č. 3**

### **Zadání úlohy – Kontrola úhlu na paralelogramu**

	<b>Západočeská univerzita – Fakulta strojní</b> <b>Katedra technologie obrábění</b>	<b>ZADÁNÍ</b> <b>ÚLOHY</b>
	Úhel těla paralelogramu a pootočené, hranolové části	Číslo Z03
	Pracoviště průměrné desky	List 1/1

Dle dostupné dokumentace zkontrolujte úhel těla paralelogramu a pootočené, hranolové části.

Použijte výkres: KTO – 01 – 001.

Pro kontrolu úhlu použijte návodku N04.

Pro sestavení měrek použijte návodku N10.

Výsledky zapisujte do protokolu P03.

Pro výpočet výšky sloupce z měrek použijte vzorec vycházející z goniometrické funkce:

$$H = L \cdot \sin \alpha$$

měrek,

H ... výška ramene seskládaná pomocí koncových

L ... rozteč válečků pravítka,

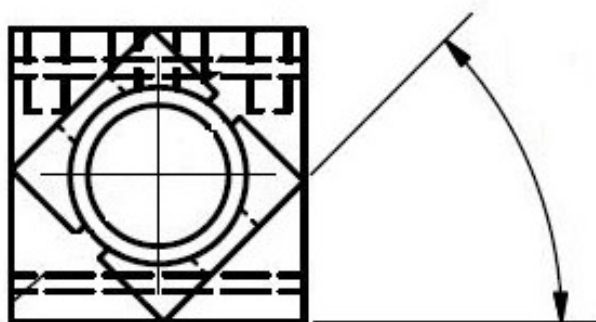
a ... úhel zadaný na výkrese.

Výšku sloupce je nutné vypočítat pro minimální i maximální dovolený úhel.

Obrobek umístěte bokem, bez průchozího vybrání na horní plochu sinusového pravítka tak, aby jeho podélná osa svírala s podélnou osou pravítka pravý úhel. Při pohledu shora by spolu paralelogram a sinusové pravítko měly tvořit „kříž“. Číselníkovým úchylkoměrem najíždějte na nerozříznutou plochu pootočené části. Při tomto měření je obtížnější manipulace s pomůckami, protože součást bude nutné na sinusovém pravítku správně uložit a udržet, aby nesklouzla. Proto je vhodnější provádět toto měření ve dvou lidech.

Pokud je úhel součásti menší, než úhel použitý při výpočtu výšky sloupce, bude se horní plocha součásti svažovat ve stejném směru, jako se svažuje sinusové pravítko.

Grafické znázornění kontrolovaného rozměru:



## **PŘÍLOHA č. 4**

### **Zadání úlohy – Kontrola přímosti drážky paralelogramu**

	<b>Západočeská univerzita – Fakulta strojní</b> <b>Katedra technologie obrábění</b>	<b>ZADÁNÍ</b> <b>ÚLOHY</b>
	<b>Přímost vnitřní plochy drážky paralelogramu</b>	<b>Číslo Z04</b>
	Pracoviště průměrné desky	List 1/1

Dle dostupné dokumentace zkontrolujte přímost vnitřní plochy drážky paralelogramu.

Použijte výkres: KTO – 01 – 001.

Pro kontrolu přímosti pupitastem použijte návodku N03.

Výsledky zapisujte do protokolu P02.

Paralelogram umístěte plným bokem na průměrnou desku tak, aby se měřená plocha nacházela ve vodorovné poloze a byla shora přístupná.

Přímost vyhodnoťte ze sedmi měření podle vzorce pro rozsah:

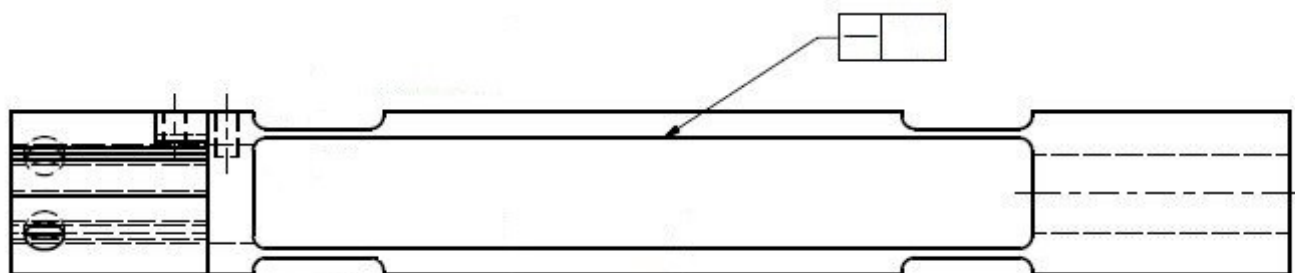
$$r = r_{max} - r_{min}$$

$r$  ... výsledná rovinnost,

$r_{max}$  ... maximální naměřená výchylka,


$r_{min}$  ... minimální naměřená výchylka.

Grafické znázornění kontrolovaného rozměru:



## **PŘÍLOHA č. 5**

### **Zadání úlohy – Kontrola šířky čelisti**

	<b>Západočeská univerzita – Fakulta strojní</b> <b>Katedra technologie obrábění</b>	<b>ZADÁNÍ</b> <b>ÚLOHY</b>
	Šířka čelisti	Číslo Z05
	Pracoviště průměrné desky	List 1/1

Dle dostupné dokumentace zkontrolujte šířku čelisti.

Použijte výkres: KTO – 01 – 002.

Pro kontrolu výšky použijte návodku N01.

Pro sestavení měrek použijte návodku N10.

Výsledky zapisujte do protokolu P01.

Šířku čelisti změřte jako výšku, přičemž čelist položte na bok.

Výšku součásti vyhodnoťte statisticky z pěti měření dle vzorců:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

s ... směrodatná odchylka,

n ... počet měření,

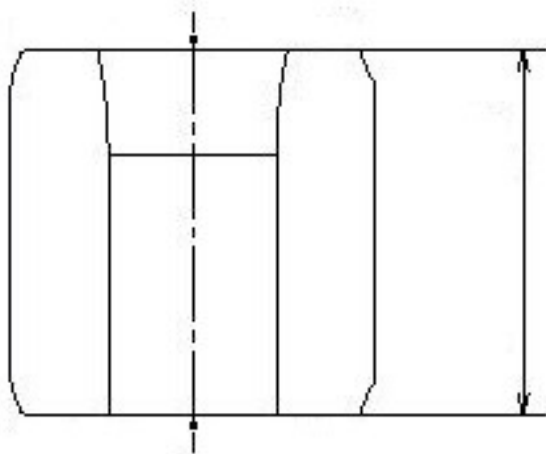
$\bar{x}$  ... výběrový aritmetický průměr

$x_i$  ... jednotlivé naměřené hodnoty veličiny x.

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

Výsledek zapište ve tvaru:  $\bar{x} \pm s$ .


Grafické znázornění kontrolovaného rozměru:





## **PŘÍLOHA č. 6**

### **Zadání úlohy – Kontrola úhlu čelisti**

	<b>Západočeská univerzita – Fakulta strojní</b> <b>Katedra technologie obrábění</b>	<b>ZADÁNÍ</b> <b>ÚLOHY</b>
	Úhel čelisti	Číslo Z06
	Pracoviště průměrné desky	List 1/1

Dle dostupné dokumentace zkontrolujte úhel čelisti.

Použijte výkres: KTO – 01 – 002.

Pro kontrolu úhlu použijte návodku N04.

Pro sestavení měrek použijte návodku N10.

Výsledky zapisujte do protokolu P03.

Pro výpočet výšky sloupce z měrek použijte vzorec vycházející z goniometrické funkce:

$$H = L \cdot \sin \alpha$$

H ... výška ramene seskládaná pomocí koncových měrek,

L ... rozteč válečků pravítka,

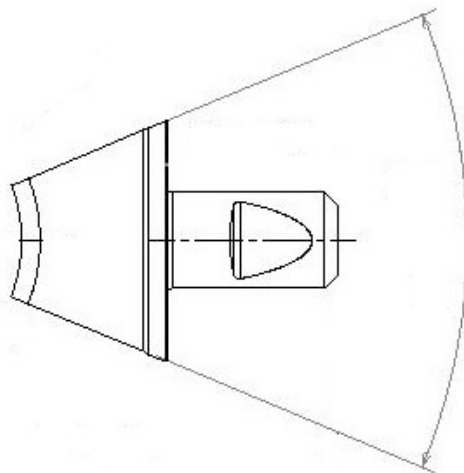
a ... úhel zadaný na výkrese.

Výšku sloupce je nutné vypočítat pro minimální i maximální dovolený úhel.

Čelist umístěte tak, aby jedno rameno úhlu leželo na sinusovém pravítku a druhé se nacházelo zhruba ve vodorovné poloze a bylo shora volně přístupné.


Pokud je úhel součásti menší, než úhel použitý při výpočtu výšky sloupce, bude se horní plocha součásti svažovat ve stejném směru, jako se svažuje sinusové pravítko

Grafické znázornění kontrolovaného rozměru:



## **PŘÍLOHA č. 7**

### **Zadání úlohy – Kontrola přímosti boku čelisti**

	<b>Západočeská univerzita – Fakulta strojní</b> <b>Katedra technologie obrábění</b>	<b>ZADÁNÍ</b> <b>ÚLOHY</b>
	<b>Přímost boční plochy čelisti</b>	<b>Číslo Z07</b>
	Pracoviště průměrné desky	List 1/1

Dle dostupné dokumentace zkontrolujte přímost boční plochy čelisti.

Použijte výkres: KTO – 01 – 002.

Pro kontrolu přímosti číselníkovým úchylkoměrem použijte návodku N02.

Výsledky zapisujte do protokolu P02.

Přímost čelisti kontrolujte na boční ploše těla na straně drážky umístěné na stopce čelisti. Součást umístěte na průměrnou desku tak, aby měřená plocha ležela ve vodorovné poloze a byla shora přístupná.

Přímost vyhodnoťte ze sedmi měření podle vzorce pro rozsah:

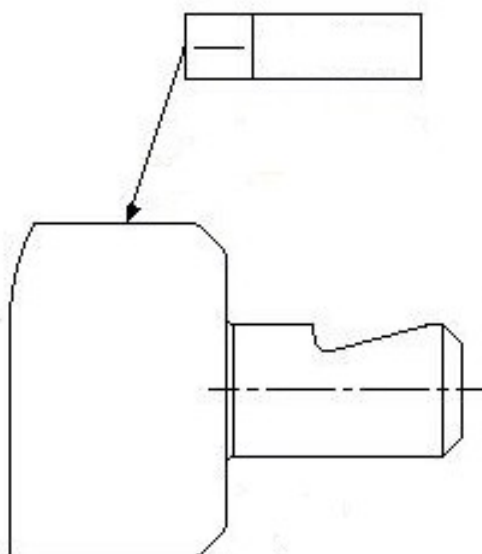
$$r = r_{max} - r_{min}$$

$r$  ... výsledná rovinnost,

$r_{max}$  ... maximální naměřená výchylka,


$r_{min}$  ... minimální naměřená výchylka.

Grafické znázornění kontrolovaného rozměru:



## **PŘÍLOHA č. 8**

### **Zadání úlohy – Kontrola celkové výšky vodítka razníku**

	<b>Západočeská univerzita – Fakulta strojní</b> <b>Katedra technologie obrábění</b>	<b>ZADÁNÍ</b> <b>ÚLOHY</b>
	Celková výška vodítka razníku	Číslo Z08
	Pracoviště průměrné desky	List 1/1

Dle dostupné dokumentace zkontrolujte celkovou výšku vodítka razníku.

Použijte výkres: KTO – 01 – 003.

Pro kontrolu výšky použijte návodku N01.

Pro sestavení měrek použijte návodku N10.

Výsledky zapisujte do protokolu P01.

Při měření postavte vodítko na nejdelší stěnu se dvěma kruhovými otvory.

Výšku součásti vyhodnoťte statisticky z pěti měření dle vzorců:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

s ... směrodatná odchylka,

n ... počet měření,

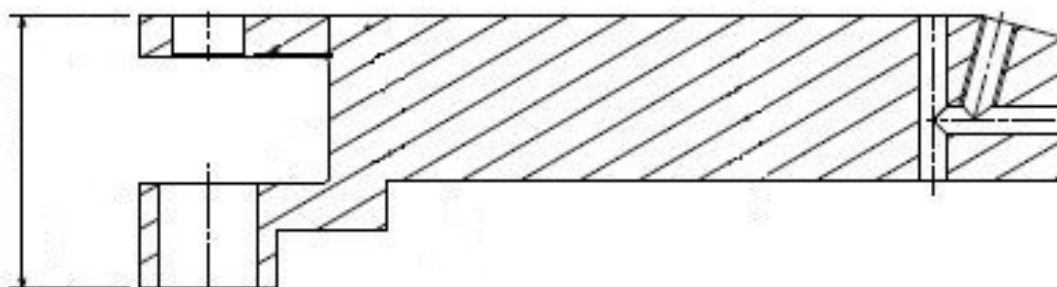
$\bar{x}$  ... výběrový aritmetický průměr

$x_i$  ... jednotlivé naměřené hodnoty veličiny x.

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

Výsledek zapište ve tvaru:  $\bar{x} \pm s$ .


Grafické znázornění kontrolovaného rozměru:





## **PŘÍLOHA č. 9**

### **Zadání úlohy – Kontrola výšky těla vodička razníku**

	<b>Západočeská univerzita – Fakulta strojní</b> <b>Katedra technologie obrábění</b>	<b>ZADÁNÍ</b> <b>ÚLOHY</b>
	Výška těla vodítka razníku	Číslo Z09
	Pracoviště průměrné desky	List 1/1

Dle dostupné dokumentace zkontrolujte výšku těla vodítka razníku.

Použijte výkres: KTO – 01 – 003.

Pro kontrolu výšky použijte návodku N01.

Pro sestavení měrek použijte návodku N10.

Výsledky zapisujte do protokolu P01.

Při měření postavte vodítko na nejdelší stěnu se dvěma kruhovými otvory.

Výšku součásti vyhodnoťte statisticky z pěti měření dle vzorců:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$s$  ... směrodatná odchylka,

$n$  ... počet měření,

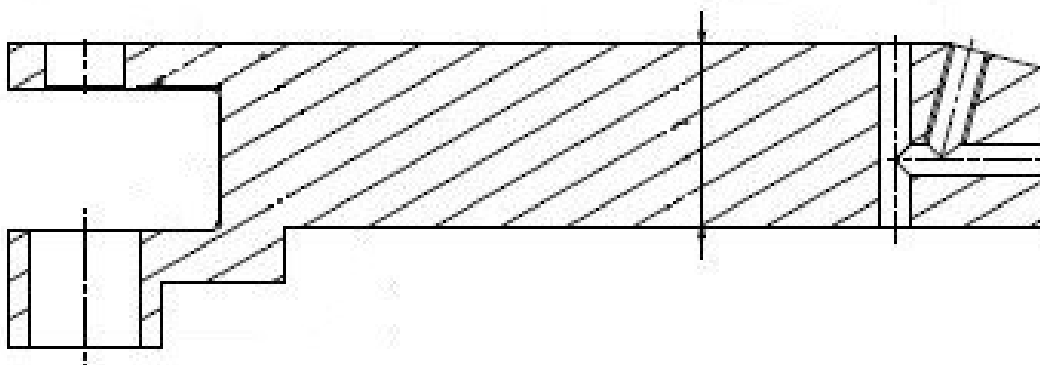
$\bar{x}$  ... výběrový aritmetický průměr

$x_i$  ... jednotlivé naměřené hodnoty veličiny  $x$ .

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


Výsledek zapište ve tvaru:  $\bar{x} \pm s$ .

Grafické znázornění kontrolovaného rozměru:



## **PŘÍLOHA č. 10**

### **Zadání úlohy – Kontrola šířky těla vodítka razníku**

	<b>Západočeská univerzita – Fakulta strojní</b> <b>Katedra technologie obrábění</b>	<b>ZADÁNÍ</b> <b>ÚLOHY</b>
	Šířka těla vodička razníku	Číslo Z10
	Pracoviště průměrné desky	List 1/1

Dle dostupné dokumentace zkontrolujte šířku těla vodička razníku.

Použijte výkres: KTO – 01 – 003.

Pro kontrolu výšky použijte návodku N01.

Pro sestavení měrek použijte návodku N10.

Výsledky zapisujte do protokolu P01.

Šířku těla vodička změřte jako výšku, přičemž součást položte na bok (stěna bez otvorů).

Výšku součásti vyhodnoťte statisticky z pěti měření dle vzorců:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

s ... směrodatná odchylka,

n ... počet měření,

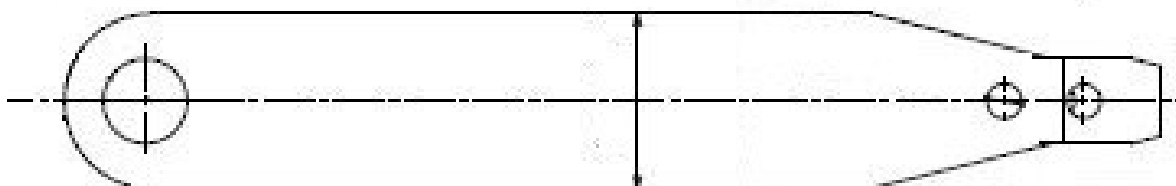
$\bar{x}$  ... výběrový aritmetický průměr

$x_i$  ... jednotlivé naměřené hodnoty veličiny x.

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

Výsledek zapište ve tvaru:  $\bar{x} \pm s$ .

Grafické znázornění kontrolovaného rozměru:



## **PŘÍLOHA č. 11**

### **Zadání úlohy – Kontrola přímosti vybrání vodítka razníku**

	<b>Západočeská univerzita – Fakulta strojní</b> <b>Katedra technologie obrábění</b>	<b>ZADÁNÍ</b> <b>ÚLOHY</b>
	Přímost vodorovné plochy vybrání vodítka razníku	Číslo Z11
	Pracoviště průměrné desky	List 1/1

Dle dostupné dokumentace zkontrolujte přímost vodorovné plochy vybrání vodítka razníku.

Použijte výkres: KTO – 01 – 003.

Pro kontrolu přímosti pupitastem použijte návodku N03.

Výsledky zapisujte do protokolu P02.

Vodítko při měření položte na nejdelší stěnu se dvěma kruhovými otvory.

Přímost vyhodnoťte ze sedmi měření podle vzorce pro rozsah:

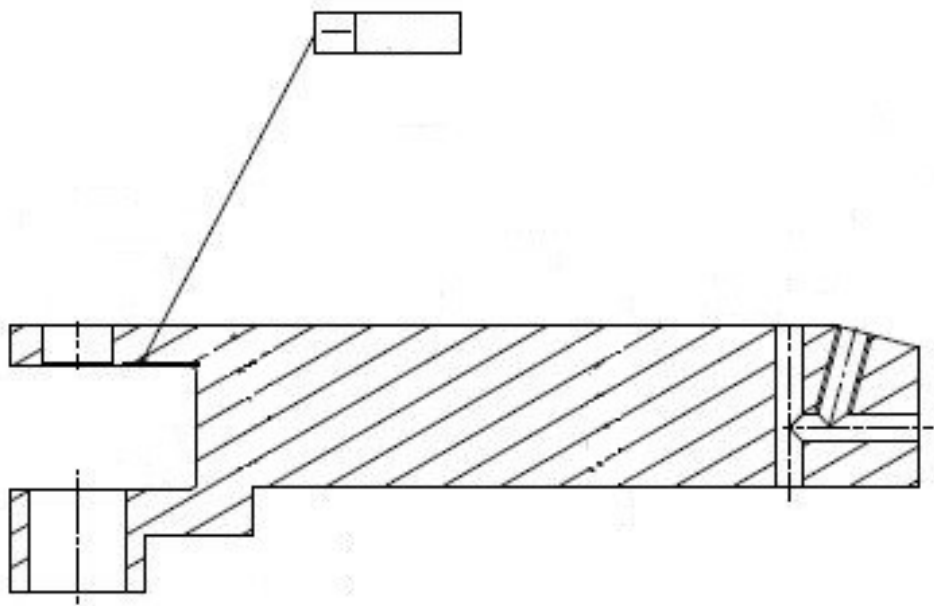
$$r = r_{max} - r_{min}$$

$r$  ... výsledná rovinnost,

$r_{max}$  ... maximální naměřená výchylka,

$r_{min}$  ... minimální naměřená výchylka.


Grafické znázornění kontrolovaného rozměru:





## **PŘÍLOHA č. 12**

### **Zadání úlohy – Kontrola celkové výšky Matritze - základ**

	<b>Západočeská univerzita – Fakulta strojní</b> <b>Katedra technologie obrábění</b>	<b>ZADÁNÍ</b> <b>ÚLOHY</b>
	<b>Celková výška Matritze - základ</b>	<b>Číslo Z12</b>
	Pracoviště průměrné desky	List 1/1

Dle dostupné dokumentace zkontrolujte celkovou výšku na součásti Matritze – základ.

Použijte výkres: KTO – 01 – 004.

Pro kontrolu výšky použijte návodku N01.

Pro sestavení měrek použijte návodku N10.

Výsledky zapisujte do protokolu P01.

Matritze – základ postavte na širší čelo součásti. Při měření si zkontrolujte, jestli se dotýkáte správných plošek na horním čele součásti (pečlivě prozkoumat výkres).

Výšku součásti vyhodnoťte statisticky z pěti měření dle vzorců:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

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

s ... směrodatná odchylka,

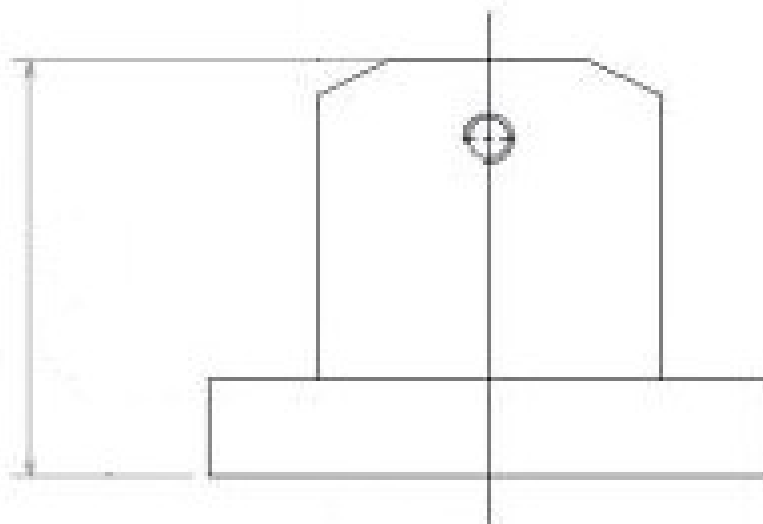
n ... počet měření,

$\bar{x}$  ... výběrový aritmetický průměr

$x_i$  ... jednotlivé naměřené hodnoty veličiny x.

Výsledek zapište ve tvaru:  $\bar{x} \pm s$ .

Grafické znázornění kontrolovaného rozměru:



## **PŘÍLOHA č. 13**

**Zadání úlohy – Kontrola výšky příruby Matritze - základ**

	<b>Západočeská univerzita – Fakulta strojní</b> <b>Katedra technologie obrábění</b>	<b>ZADÁNÍ</b> <b>ÚLOHY</b>
	Výška přírubové části Matritze - základ	Číslo Z13
	Pracoviště průměrné desky	List 1/1

Dle dostupné dokumentace zkontrolujte výšku přírubové části na součásti Matritze – základ.

Použijte výkres: KTO – 01 – 004.

Pro kontrolu výšky použijte návodku N01.

Pro sestavení měrek použijte návodku N10.

Výsledky zapisujte do protokolu P01.

Při měření postavte součást Matritze základ na širší čelo obrobku.

Výšku součásti vyhodnoťte statisticky z pěti měření dle vzorců:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

s ... směrodatná odchylka,

n ... počet měření,

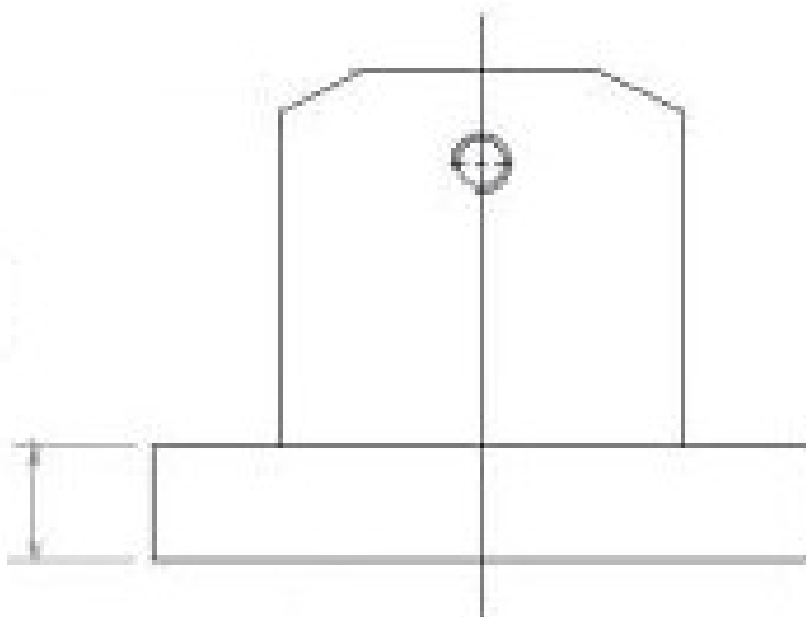
$\bar{x}$  ... výběrový aritmetický průměr

$x_i$  ... jednotlivé naměřené hodnoty veličiny x.

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


Výsledek zapište ve tvaru:  $\bar{x} \pm s$ .

Grafické znázornění kontrolovaného rozměru:



## **PŘÍLOHA č. 14**

### **Zadání úlohy – Kontrola přímosti horní plochy hranolu**

	<b>Západočeská univerzita – Fakulta strojní</b> <b>Katedra technologie obrábění</b>	<b>ZADÁNÍ</b> <b>ÚLOHY</b>
	<b>Přímost horní plochy hranolu</b>	<b>Číslo Z14</b>
	Pracoviště průměrné desky	List 1/1

Dle dostupné dokumentace zkontrolujte přímost horní plochy hranolu.

Použijte výkres: KTO – 01 – 005.

Pro kontrolu přímosti číselníkovým úchylkoměrem použijte návodku N02.

Výsledky zapisujte do protokolu P02.

Hranol umístěte na největší plochu tak, aby bylo možné měřit přímost na horní ploše obsahující drážku pro pero.

Přímost vyhodnoťte ze sedmi měření podle vzorce pro rozsah:

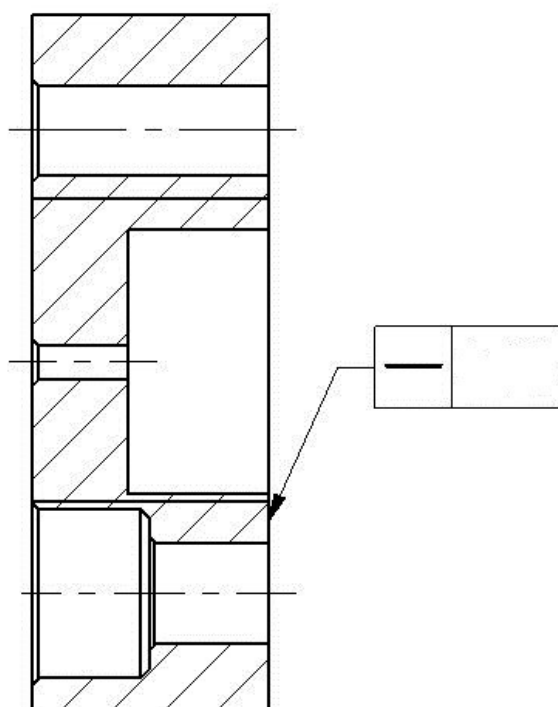
$$r = r_{max} - r_{min}$$

$r$  ... výsledná rovinnost,

$r_{max}$  ... maximální naměřená výchylka,

$r_{min}$  ... minimální naměřená výchylka.


Grafické znázornění kontrolovaného rozměru:



## **PŘÍLOHA č. 15**

**Zadání úlohy – Kontrola přímosti boku hranolu - podélně**



	<b>Západočeská univerzita – Fakulta strojní</b> <b>Katedra technologie obrábění</b>	<b>ZADÁNÍ</b> <b>ÚLOHY</b>
	Přímost boční plochy hranolu - podélně	Číslo Z15
	Pracoviště průměrné desky	List 1/1

Dle dostupné dokumentace zkontrolujte podélně přímost boční plochy hranolu.

Použijte výkres: KTO – 01 – 005.

Pro kontrolu přímosti číselníkovým úchylkoměrem použijte návodku N02.

Výsledky zapisujte do protokolu P02.

Obrobek umístěte „na výšku“ tak, aby se drážka pro pero nacházela ve svislé poloze. Při měření přímosti plochy podélně je nutné přejíždět číselníkovým úchylkoměrem podél šířky součásti (delší trasa).

Přímost vyhodnoťte ze sedmi měření podle vzorce pro rozsah:

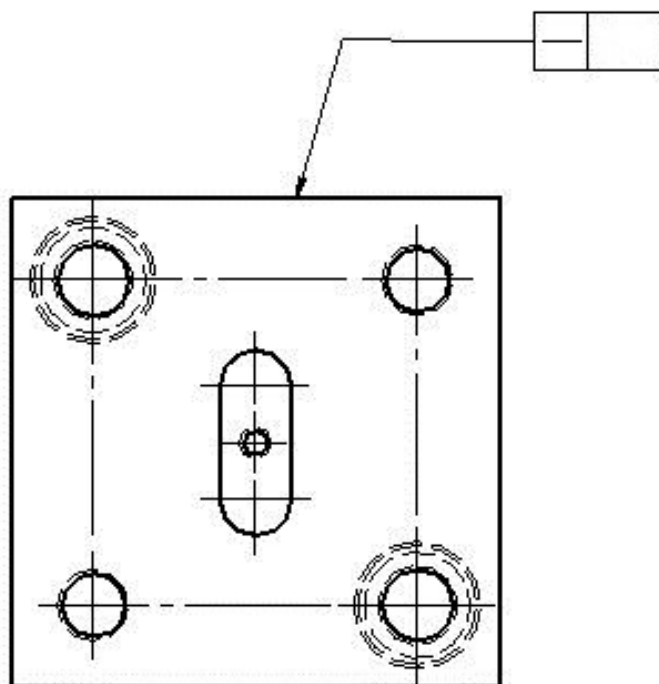
$$r = r_{max} - r_{min}$$

$r$  ... výsledná rovinnost,

$r_{max}$  ... maximální naměřená výchylka,

$r_{min}$  ... minimální naměřená výchylka.

Grafické znázornění kontrolovaného rozměru:



## **PŘÍLOHA č. 16**

### **Zadání úlohy – Kontrola přímosti boku hranolu - příčně**

	<b>Západočeská univerzita – Fakulta strojní</b> <b>Katedra technologie obrábění</b>	<b>ZADÁNÍ</b> <b>ÚLOHY</b>
	Přímost boční plochy hranolu - příčně	Číslo Z16
	Pracoviště průměrné desky	List 1/1

Dle dostupné dokumentace zkontrolujte příčně přímost boční plochy hranolu.

Použijte výkres: KTO – 01 – 005.

Pro kontrolu přímosti číselníkovým úchylkoměrem použijte návodku N02.

Výsledky zapisujte do protokolu P02.

Obrobek umístěte „na výšku“ tak, aby se drážka pro pero nacházela ve svislé poloze. Při měření přímosti plochy příčně je nutné přejíždět číselníkovým úchylkoměrem kolmo na šířku součásti (kratší trasa).

Přímost vyhodnoťte ze sedmi měření podle vzorce pro rozsah:

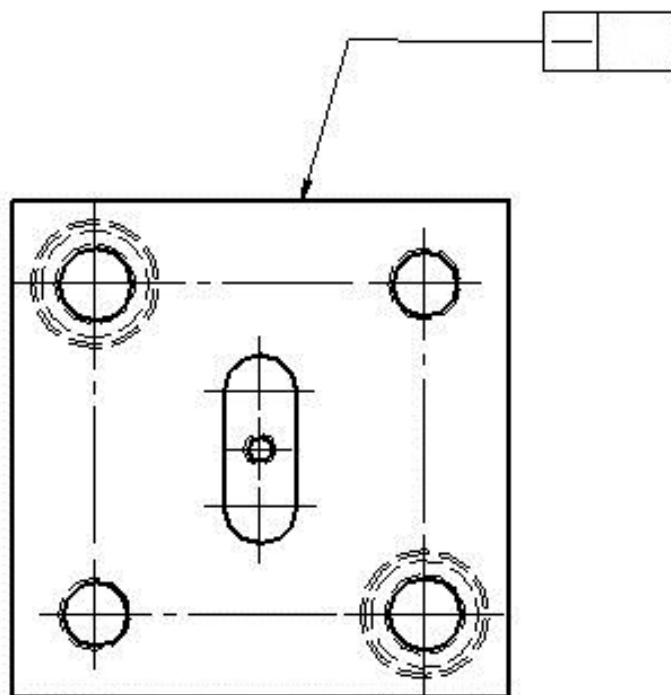
$$r = r_{max} - r_{min}$$

$r$  ... výsledná rovinnost,

$r_{max}$  ... maximální naměřená výchylka,

$r_{min}$  ... minimální naměřená výchylka.

Grafické znázornění kontrolovaného rozměru:



## **PŘÍLOHA č. 17**


### **Návodka na kontrolu výšky**

	<b>Západočeská univerzita – Fakulta strojí Katedra technologie obrábění</b>		<b>NÁVODKA</b>
	<b>Návodka na kontrolu výšky součásti</b>		<b>Číslo N01</b>
	Pracoviště průměrné desky		List 1/1
<b>Potřebné pomůcky</b>	koncové měrky, číselníkový úchylkoměr, posuvné měřítko, stojan, brousek, hadřík 2x, čisticí přípravek		
<b>Č.</b>	<b>Popis úkonu</b>		
10	Hadříkem s čisticím přípravkem očistit průměrnou desku		
20	Hadříkem s čisticím přípravkem očistit posuvné měřítko		
30	Brouskem očistit plochy, na kterých se bude měřit a jejich hrany tak, aby odletující třísky neušpinily průměrnou desku (zády k pracovišti)		
40	Hadříkem zbavit obrobek vzniklých třísek		
50	Hadříkem s čisticím přípravkem očistit obrobek		
60	Změřit orientačně <sup>1</sup> měřený rozměr pomocí posuvného měřítka		
70	Zapsat hodnotu do protokolu P01		
80	Položit obrobek na průměrnou desku v požadované poloze		
90	Hadříkem s přípravkem očistit stojan a číselníkový úchylkoměr		
100	Položit stojan na průměrnou desku		
110	Vložit číselníkový úchylkoměr do stojanu		
120	Připravit koncové měrky k měření podle návodky N10		
130	Postavit sloupec z měrek vedle obrobku		
140	Najet číselníkovým úchylkoměrem na sloupec z měrek		
150	Dotknout se kolmo dotykem sloupce a zafixovat tuto polohu na kloubech stojanu		
160	Pomocí šroubu ve stojanu nastavit na úchylkoměru hodnotu 2,00 mm		
170	Najet číselníkovým úchylkoměrem na obrobek (pohybovat celým stojanem)		
180	Odečíst hodnotu odchylky na číselníkovém úchylkoměru (od 2,00 mm)		
190	Zaznamenat hodnotu do protokolu P01		
200	Opakovat měření na několika bodech měřené plochy		
210	Po každém měření zaznamenat hodnotu do protokolu P01		
220	Vyjmout číselníkový úchylkoměr ze stojanu a uklidit jej		
230	Uklidit stojan a použitý obrobek		
240	Vysouváním jednotlivých měrek rozložit sloupec		
250	Měrky naimpregnovat mazacím tukem a uklidit je do kufříku		

1 Orientačně zde znamená, že rozhodující je míra v mm

## **PŘÍLOHA č. 18**


### **Návodka na kontrolu přímosti pomocí úchylkoměru**

	<b>Západočeská univerzita – Fakulta strojní</b>		<b>NÁVODKA</b>
	<b>Katedra technologie obrábění</b>		
	<b>Návodka na kontrolu přímosti součásti pomocí úchylkoměru</b>		
	Pracoviště průměrné desky		List 1/1
<b>Potřebné pomůcky</b>	číselníkový úchylkoměr, stojan, brousek, hadřík 2x, čisticí přípravek		
<b>Č.</b>	<b>Popis úkonu</b>		
10	Hadříkem s čisticím přípravkem očistit průměrnou desku		
20	Brouskem očistit plochy, na kterých se bude měřit a jejich hrany tak, aby odletující třísky neušpinili průměrnou desku (zády k pracovišti)		
30	Hadříkem zbavit obrobek vzniklých třísek		
40	Hadříkem s čisticím přípravkem očistit obrobek		
50	Položit obrobek na průměrnou desku v požadované poloze		
60	Hadříkem s čisticím přípravkem očistit stojan a číselníkový úchylkoměr		
70	Položit stojan na průměrnou desku		
80	Vložit číselníkový úchylkoměr do stojanu		
90	Najet číselníkovým úchylkoměrem na kraj měřené plochy		
100	Dotknout se kolmo dotykem obrobku a zafixovat tuto polohu na kloubech stojanu		
110	Zaznamenat hodnotu na číselníkovém úchylkoměru do protokolu P02		
120	Posouvat dotykem ve směru měření přímosti (pohybovat celým stojanem)		
130	zaznamenat hodnoty odchylek po určitých vzdálenostech do protokolu P02 (min. 6 hodnot)		
140	Vyjmout číselníkový úchylkoměr ze stojanu a uklidit jej		
150	Uklidit stojan a použitý obrobek		

## **PŘÍLOHA č. 19**


### **Návodka na kontrolu přímosti pomocí pupitastu**




	<b>Západočeská univerzita – Fakulta strojní</b>		<b>NÁVODKA</b>
	<b>Katedra technologie obrábění</b>		
	Návodka na kontrolu přímosti součásti pomocí pupitastu		Číslo N03
Pracoviště průměrné desky		List 1/1	
<b>Potřebné pomůcky</b>	pupitast, stojan, brousek, hadřík 2x, čisticí přípravek		
<b>Č.</b>	<b>Popis úkonu</b>		
10	Hadříkem s čisticím přípravkem očistit průměrnou desku		
20	Brouskem očistit plochy, na kterých se bude měřit a jejich hrany tak, aby odletující třísky neušpinili průměrnou desku (zády k pracovišti)		
30	Hadříkem zbavit obrobek vzniklých třísek		
40	Hadříkem s čisticím přípravkem očistit obrobek		
50	Položit obrobek na průměrnou desku v požadované poloze		
60	Hadříkem s čisticím přípravkem očistit stojan a pupitast		
70	Položit stojan na průměrnou desku		
80	Vložit pupitast do stojanu		
90	Vychýlit dotek pupitastu, aby byl téměř rovnoběžný s měřenou plochou, ale aby jeho konec byl k ploše poněkud blíže.		
100	Najet pupitastem na kraj měřené plochy		
110	Dotknout se dotykem obrobku a zafixovat tuto polohu na kloubech stojanu		
120	Zaznamenat hodnotu na pupitastu do protokolu P02		
130	Posouvat dotykem ve směru měření přímosti (pohybovat celým stojanem)		
140	zaznamenat hodnoty odchylek po určitých vzdálenostech do protokolu P02 (min. 6 hodnot)		
150	Vyjmout pupitast ze stojanu a uklidit jej		
160	Uklidit stojan a použitý obrobek		

## **PŘÍLOHA č. 20**


### **Návodka na kontrolu úhlu**

	<b>Západočeská univerzita – Fakulta strojní Katedra technologie obrábění</b>		<b>NÁVODKA</b>
	<b>Návodka na kontrolu úhlu součásti</b>		<b>Číslo N04</b>
	Pracoviště průměrné desky		List 1/2
<b>Potřebné pomůcky</b>	koncové měrky, číselníkový úchylkoměr, posuvné měřítko, stojan, brousek, hadřík 2x, čisticí přípravek		
<b>Č.</b>	<b>Popis úkonu</b>		
10	Dle vzorce vypočítat potřebné výšky sloupců pro maximální a minimální dovolený rozměr		
20	Hadříkem s přípravkem očistit průměrnou desku		
30	Brouskem očistit plochy, na kterých se bude měřit a jejich hrany tak, aby odletující třísky neušpinili průměrnou desku (zády k pracovišti)		
40	Hadříkem zbavit obrobek vzniklých třísek		
50	Hadříkem s čisticím přípravkem očistit obrobek		
60	Hadříkem s čisticím přípravkem očistit stojan a číselníkový úchylkoměr		
70	Hadříkem s čisticím přípravkem očistit sinusové pravítko		
80	Položit stojan na průměrnou desku		
90	Vložit číselníkový úchylkoměr do stojanu		
100	Připravit sloupec z měrek pro maximální mezní úhel dle návodky N10		
110	Postavit sloupec z měrek na průměrnou desku		
120	Umístit sinusové pravítko tak, aby jeden váleček ležel na desce a druhý na sloupci z měrek		
130	Vložit obrobek na sinusové pravítko do požadované polohy		
140	Najet číselníkovým úchylkoměrem na obrobek poblíž okraje umístěného níže na sinusovém pravítku. To znamená blíže k nepodloženému válečku pravítka		
150	Dotknout se kolmo dotykem obrobku a zafixovat tuto polohu na kloubech stojanu		
160	Odečíst hodnotu odchylky na číselníkovém úchylkoměru		
170	Zaznamenat hodnotu do protokolu P03		
180	Najet číselníkovým úchylkoměrem na obrobek poblíž okraje umístěného výše na sinusovém pravítku. To znamená blíže k podloženému válečku pravítka		
190	Odečíst hodnotu odchylky na číselníkovém úchylkoměru		
200	Zaznamenat hodnotu do protokolu P03		
210	Sejmout obrobek ze sinusového pravítka		
220	Připravit sloupec z měrek pro minimální mezní úhel dle návodky N10		
230	Postavit sloupec z měrek na průměrnou desku		

	<b>Západočeská univerzita – Fakulta strojní</b>		<b>NÁVODKA</b>
	<b>Katedra technologie obrábění</b>		
	<b>Návodka na kontrolu úhlu součásti</b>		
	Pracoviště průměrné desky		List 2/2
<b>Potřebné pomůcky</b>	koncové měrky, číselníkový úchylkoměr, posuvné měřítko, stojan, brousek, hadřík 2x, čisticí přípravek		
<b>Č.</b>	<b>Popis úkonu</b>		
240	Umístit sinusové pravítko tak, aby jeden váleček ležel na desce a druhý na sloupci z měrek		
250	Vložit obrobek na sinusové pravítko do požadované polohy		
260	Najet číselníkovým úchylkoměrem na obrobek poblíž okraje umístěného výše na sinusovém pravítku. To znamená blíže k podloženému válečku pravítka		
270	Dotknout se kolmo dotykem obrobku a zafixovat tuto polohu na kloubech stojanu		
280	Odečíst hodnotu odchylky na číselníkovém úchylkoměru		
290	Zaznamenat hodnotu do protokolu P03		
300	Najet číselníkovým úchylkoměrem na obrobek poblíž okraje umístěného níže na sinusovém pravítku. To znamená blíže k nepodloženému válečku pravítka		
310	Odečíst hodnotu odchylky na číselníkovém úchylkoměru		
320	Zaznamenat hodnotu do protokolu P03		
330	Sejmout obrobek ze sinusového pravítka		
340	Vyjmout číselníkový úchylkoměr ze stojanu a uklidit jej		
350	Uklidit stojan a použitý obrobek		
360	Vysouváním jednotlivých měrek rozložit sloupec		
370	Měrky naimpregnovat mazacím tukem a uklidit je do kufříku		


## **PŘÍLOHA č. 21**

### **Návodka na sestavení koncových měrek**

	<b>Západočeská univerzita – Fakulta strojní</b>		<b>NÁVODKA</b>
	<b>Katedra technologie obrábění</b>		
	Návodka na sestavení koncových měrek		
	Pracoviště průměrné desky		List 1/1
<b>Potřebné pomůcky</b>	koncové měrky, hadřík, vatička, technický líh, podložka		
<b>Č.</b>	<b>Popis úkonu</b>		
10	Vybrat ze sady měrku, jejíž rozměr odpovídá nejmenšímu řádu požadovaného rozměru		
20	Měrku očistit hadříkem		
30	Funkční plochy měrky očistit vatičkou namočenou v technickém lihu, měrku držet pouze za boky		
40	Měrku položit na podložku		
50	Pokud dosud není dosaženo požadovaného rozměru vybrat další měrku pro vyšší řád tak aby součet měrek nepřesáhl sestavovaný rozměr a aby se součet od posledních řádů stále jen zpřesňoval		
60	Vybranou měrku očistit hadříkem		
70	Funkční plochy měrky očistit vatičkou namočenou v technickém lihu, měrku držet pouze za boky		
80	Volnou rukou uchopit za boky měrku (a nebo sestavu měrek) umístěnou na podložce		
90	Měrky na sebe podélně vsunout, aby došlo k jejich přilnutí		
100	Položit vzniklý sloupec na podložku		
110	Opakovat kroky 50 až 100, dokud nedojde ke složení požadovaného rozměru		

## **PŘÍLOHA č. 22**

### **Protokol z kontroly výšky**

	<b>Západočeská univerzita – Fakulta strojní</b>		<b>PROTOKOL Z MĚŘENÍ</b>
	<b>Katedra technologie obrábění</b>		
	Protokol z kontroly výšky		Číslo P01
Pracoviště průměrné desky		List 1/1	
<b>Rozměry zadané na výkrese</b>			
Jmenovitý rozměr	Horní mezní rozměr	Dolní mezní rozměr	
Skutečné rozměry obrobku			
Orientační rozměr			
Číslo měření	Velikost odchylky	Celkový rozměr	
1			
2			
3			
4			
5			
Výpočet rozměru			
Velikost skutečného rozměru			

Součást vyhovuje/nevyhovuje\*

\* Nehodící se škrtněte




## **PŘÍLOHA č. 23**

### **Protokol z kontroly přímosti**



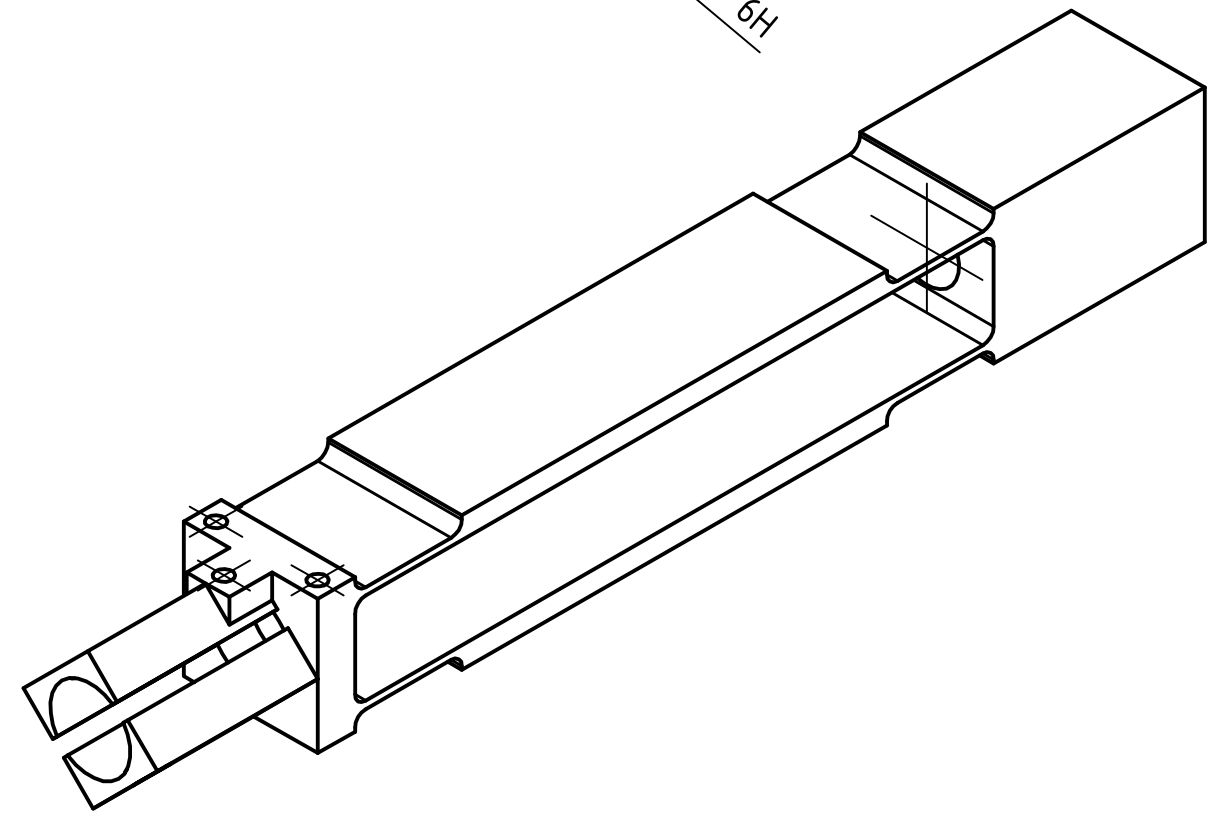
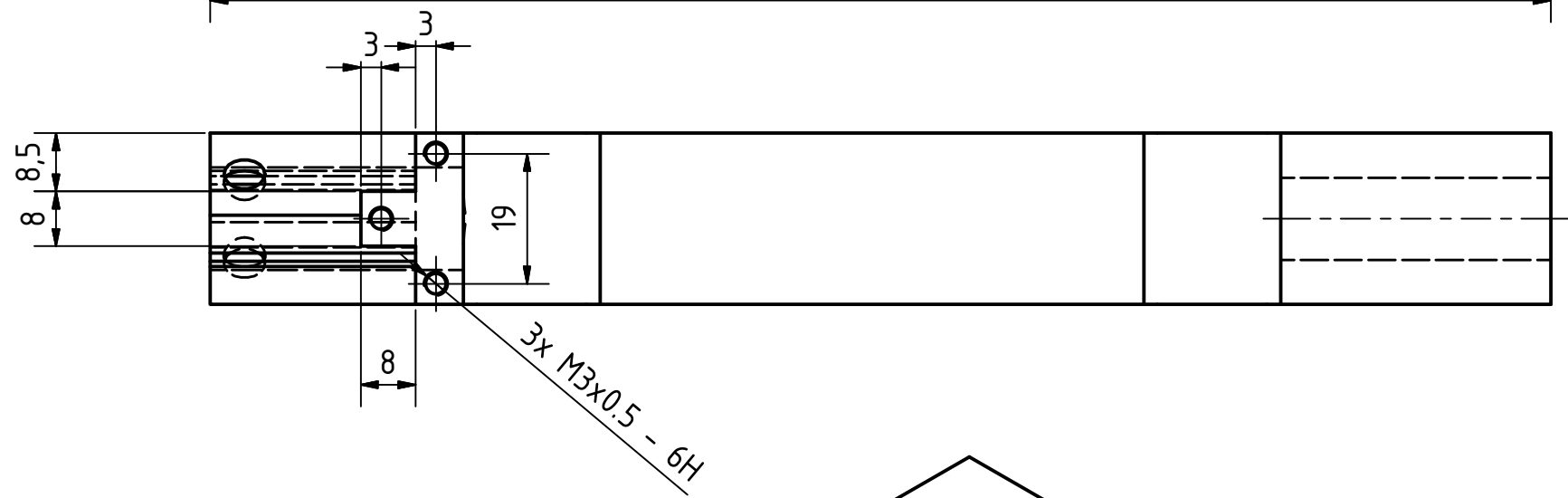
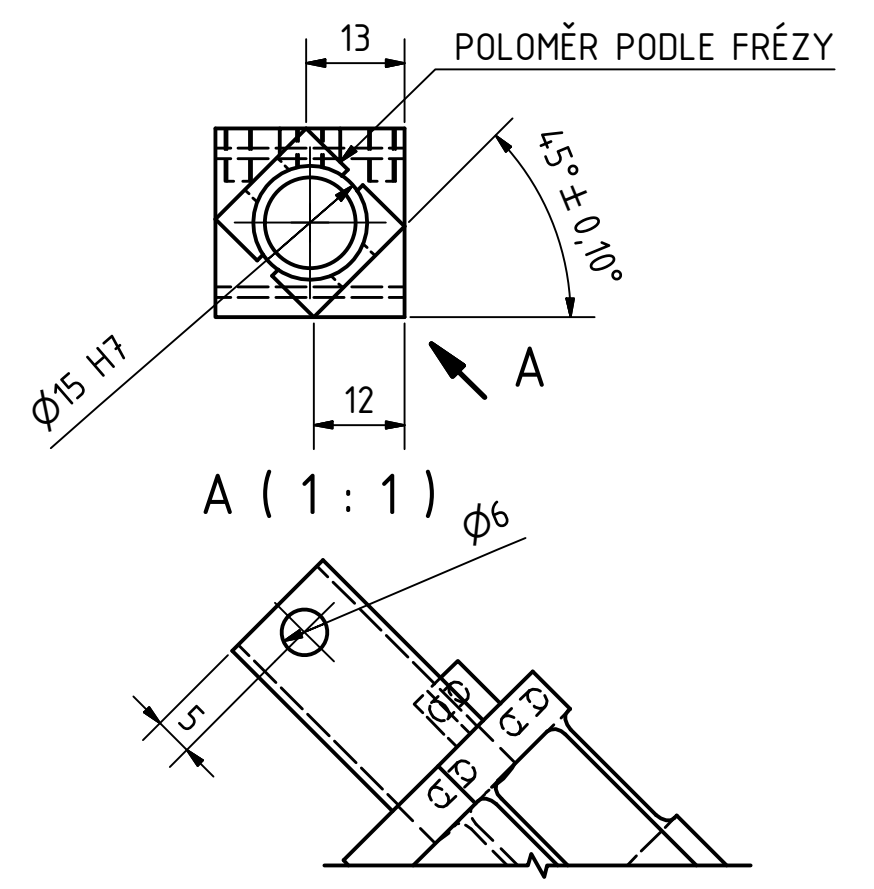
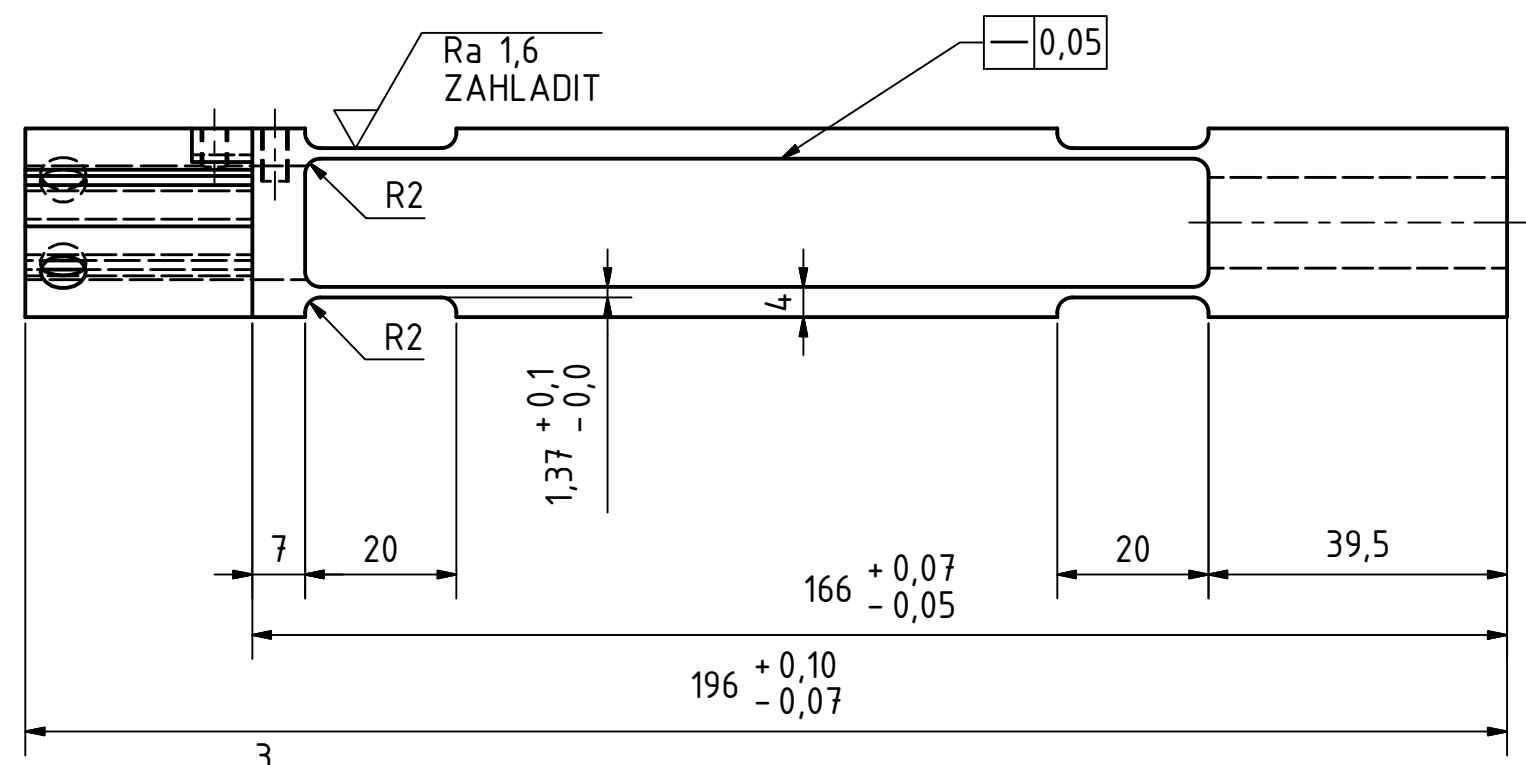
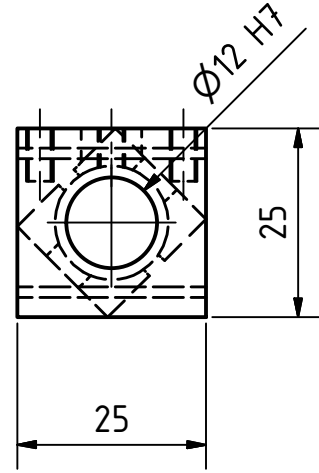
## **PŘÍLOHA č. 24**

### **Protokol z kontroly úhlu**

	<b>Západočeská univerzita – Fakulta strojní</b>		<b>PROTOKOL</b>	
	<b>Katedra technologie obrábění</b>		<b>Z MĚŘENÍ</b>	
	Protokol z kontroly úhlu		Číslo P03	
Pracoviště průměrné desky		List 1/1		
<b>Rozměry zadané na výkrese</b>				
Jmenovitý úhel				
Minimální dovolený úhel		Maximální dovolený úhel		
výška sloupce pro min. dov. úhel		Výška sloupce pro max. dov. úhel		
Výpočet výšek sloupců:				
<b>Změřené rozměry</b>				
<b>Měření se sloupcem měrek pro minimální dovolený úhel</b>		<b>Měření se sloupcem měrek pro maximální dovolený úhel</b>		
Velikost výchylky poblíž horní hrany		Velikost výchylky poblíž horní hrany		
Velikost výchylky poblíž dolní hrany		Velikost výchylky poblíž dolní hrany		
Velikost výchylky u dolní hrany je větší/menší*, než u hrany		Velikost výchylky u dolní hrany je větší/menší*, než u hrany		
Skutečný úhel je větší/menší* než minimální dovolený úhel		Skutečný úhel je větší/menší* než maximální dovolený úhel		

Součást vyhovuje/nevyhovuje\*

\* Nehodící se škrtněte



Ra 3,2

				Datum	Jméno		
				Nakreslen	22.6.2013	Jan Uher	Paralelogram
				Zkontrolován			
				Norma			
						KTO - 01 - 001	
						1	
						A3	
Stav	Změny	Datum	Jméno				

1

2

3

4

A

B

C

D

E

F

A

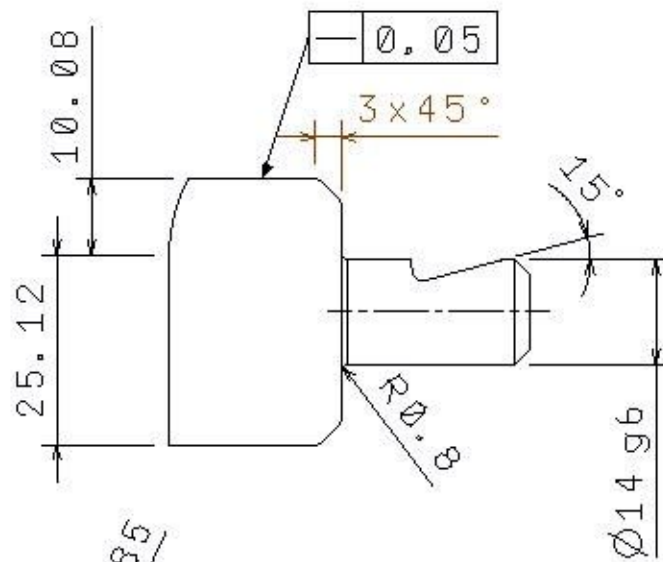
B

C

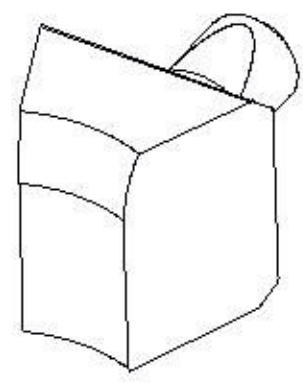
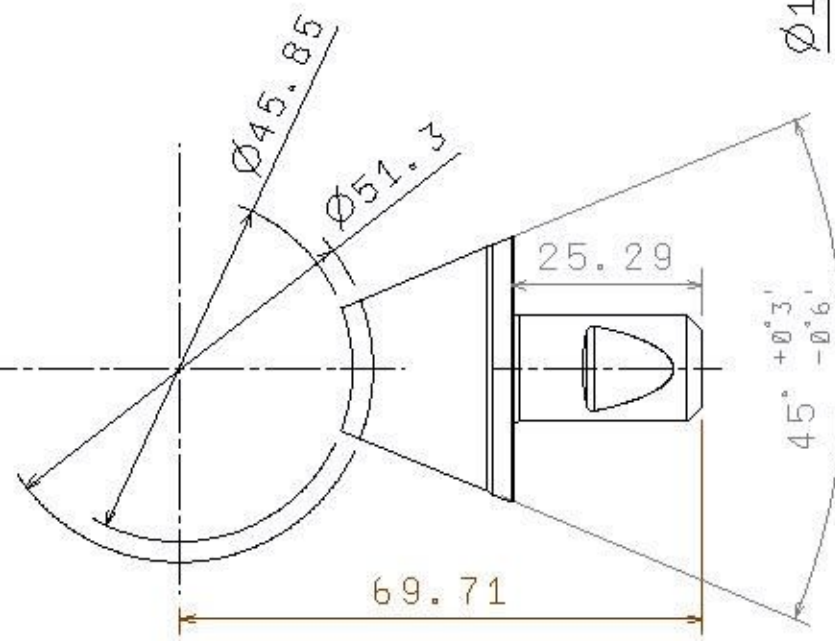
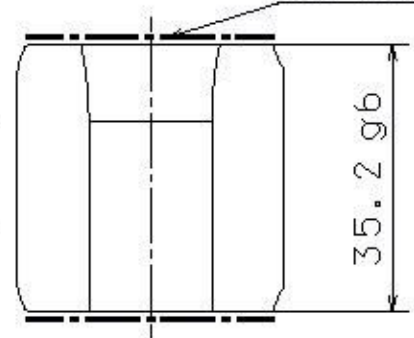
D

E

F



PRIDAVEK  
NA  
PLOCHU  
PRED  
KALENIM  
0,2mm



KALIT A POPUSTIT NA 55 HRC±2

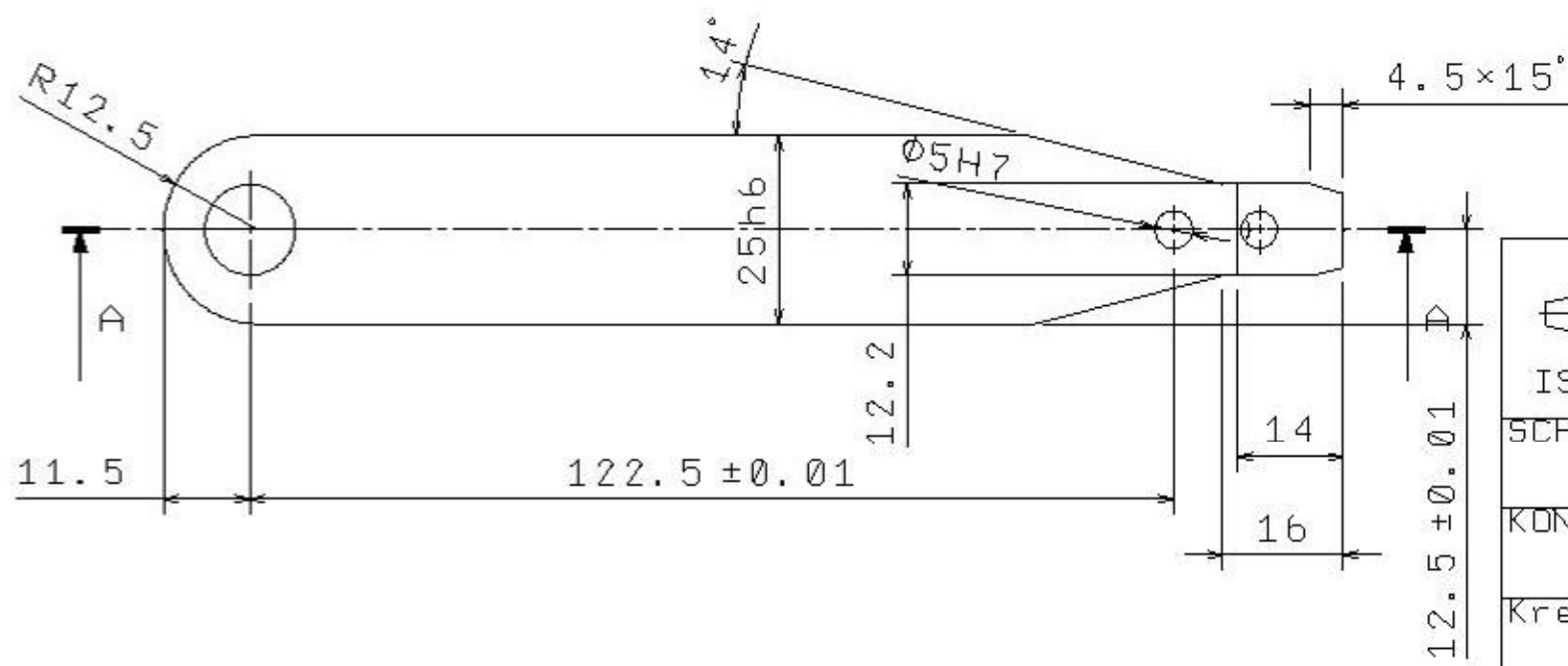
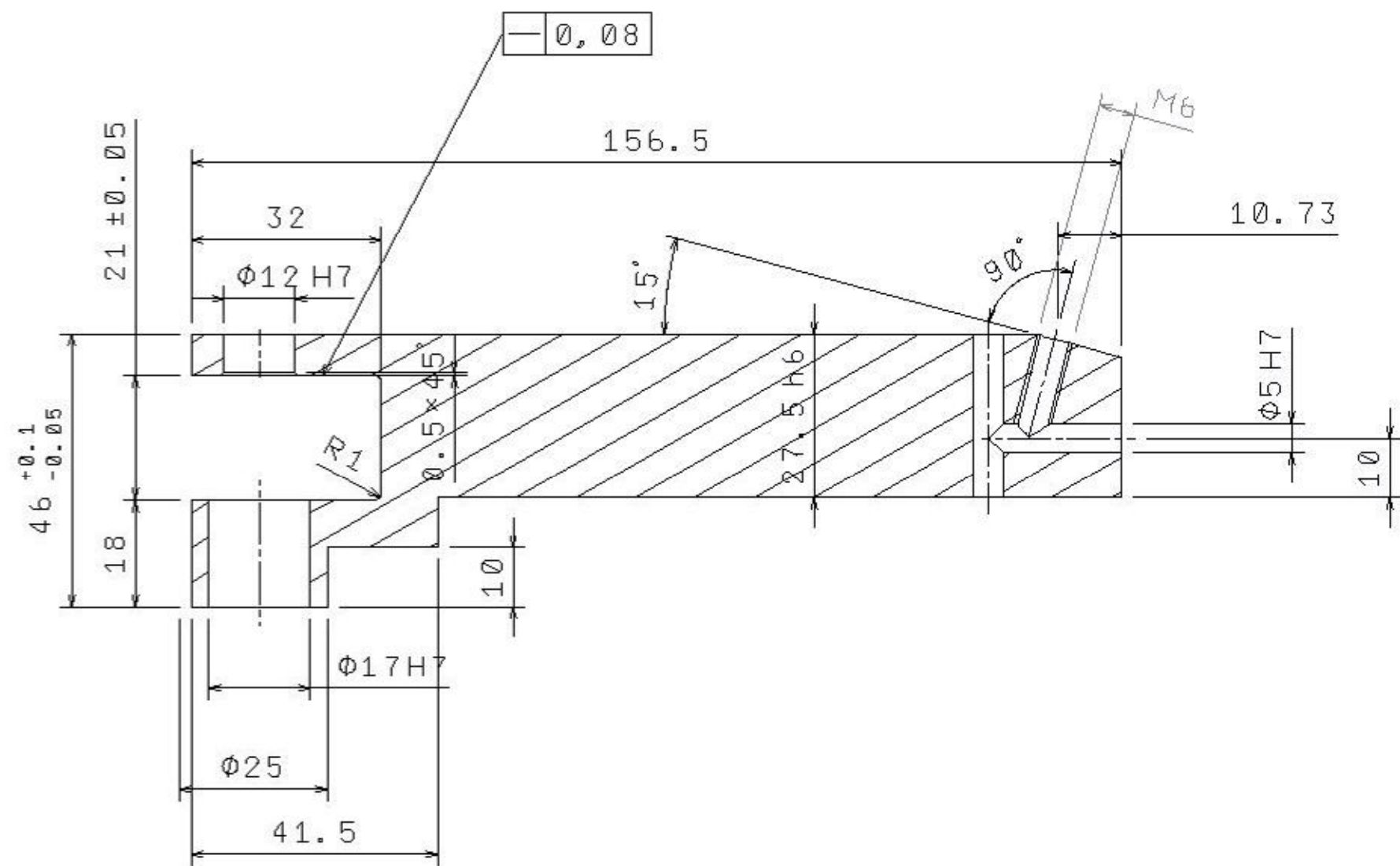
<p>ISO 128</p>		<p>TOLEROVANI ISO 80015 ISO 2768mK</p>		<p>Zapadoceska univerzita v Plzni Vsechna prava vyhrazena/All rights reserved</p>	
SCHVALIL		DATUM		NAZEV	
KONTROLOVAL		DATUM		CELIST	
Kreslil		DATUM		SOUBOR	
		7. 4. 2015		CELIST.CATDrawing	
		FORMAT		CISLO VYKRESU	
		A4		KTO - 01 - 002	
		MERITKO 1:1		HMOTNOST (kg)	
				LIST 1/1	

1

2

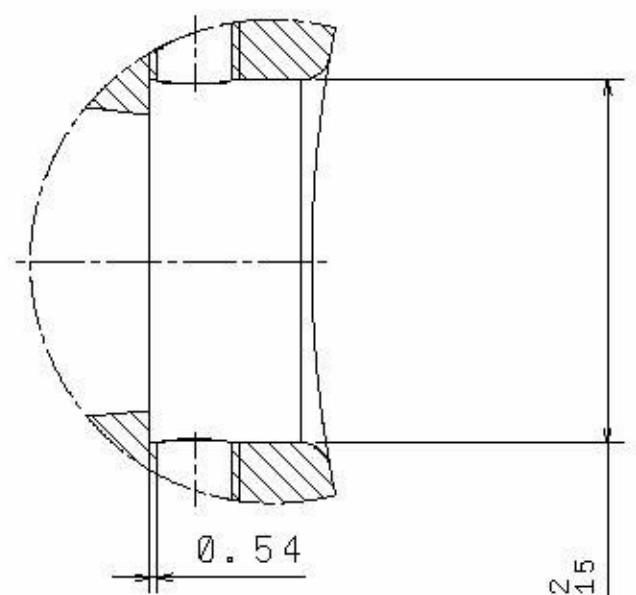
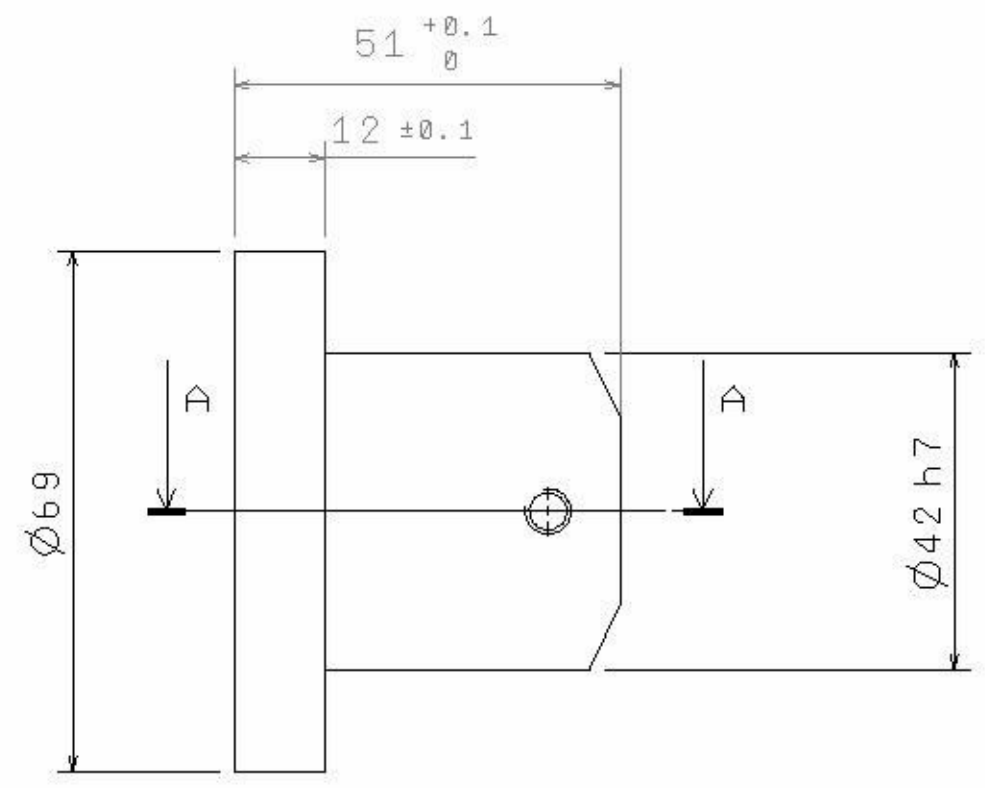
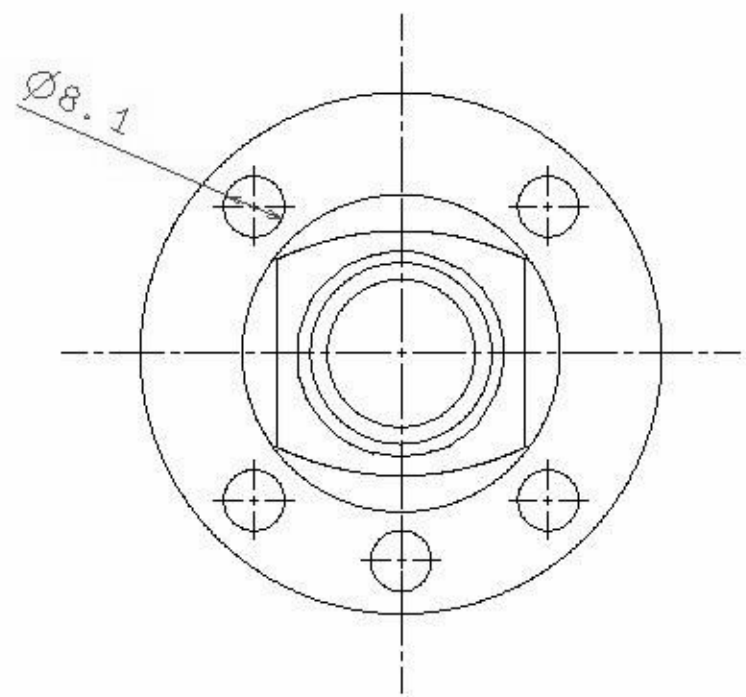
3

4

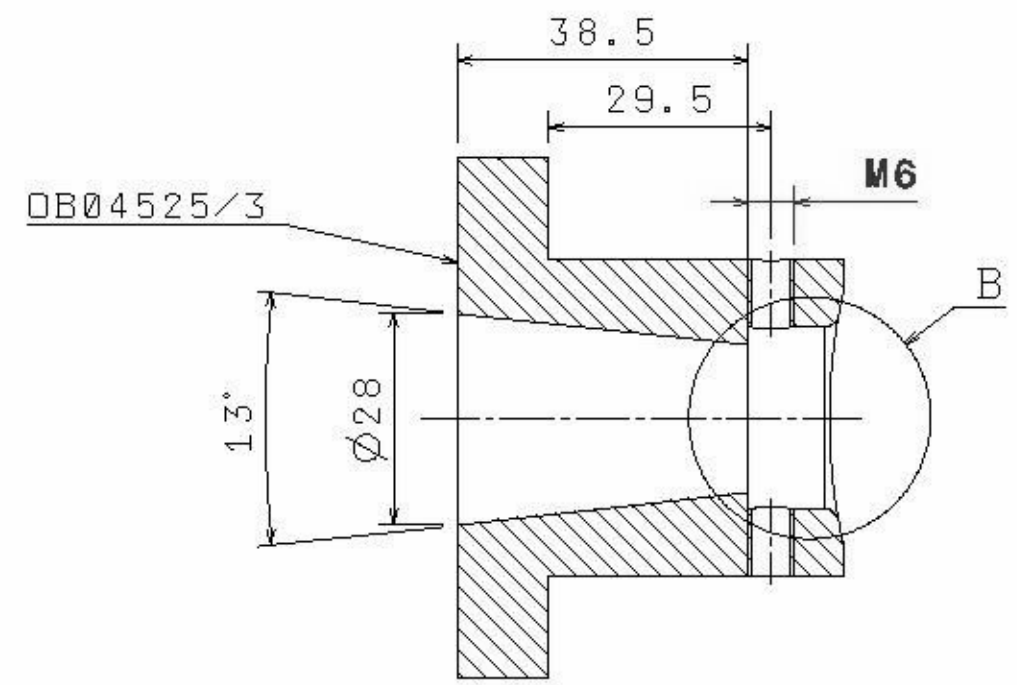


 TOLEROVANI ISO 80015 ISO 2768mk ISO 128		Zapadoceska univerzita v Plzni Vsechna prava vyhrazena/All rights reserved		
SCHVALIL		NAZEV VODITKO RAZNIKU		
Kontroloval		SOUBOR VODITKO.CATDrawing		
Kreslil		SIZE A3	CISLO VYKRESU KTO - 01 - 003	REV X
		MERITKO 1:1	HMOTNOST (kg)	LIST 1/1

3,2/ (...)

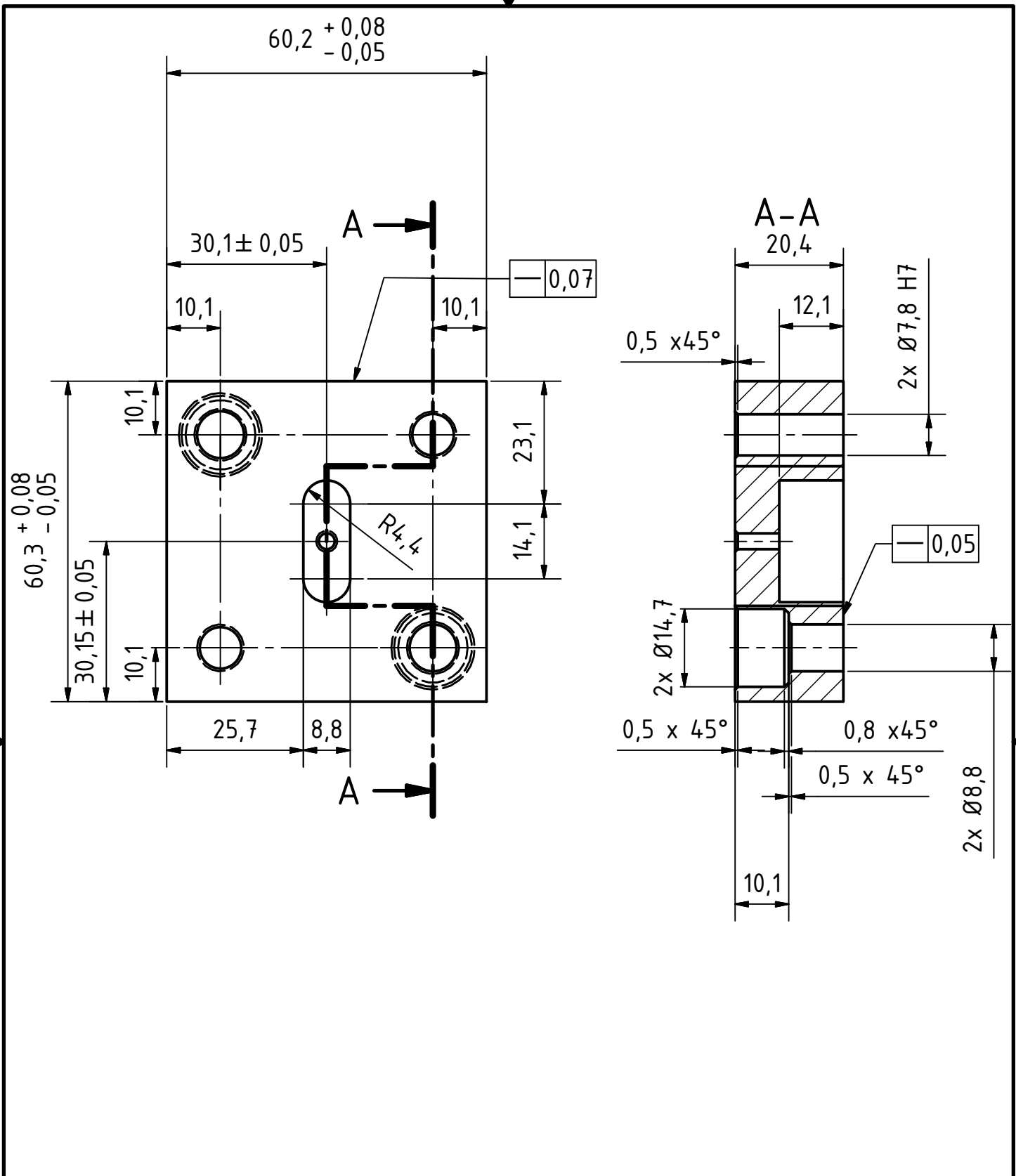


Detail B  
Scale: 2:1



REZ A-A TOLEROVANI ISO 80015 ISO 2768mk ISO 128		Zapadoceska univerzita v Plzni Vsechna prava vyhrazena/All rights reserved	
SCHVALIL	DATUM	NAZEV MATRITZE - ZAKLAD	
KONTRLOVAL	7. 4. 2015	SOUBOR MATRITZE R16, 6. CATDrawing	
Kreslil	DATUM	A3	REV KTO - 01 - 004 X
MERITKO 1:1		HMOTNOST (kg)	LIST 1/1





				Datum	Jméno	HRANOL	
			Nakreslen	11.6.2015	sony		
			Zkontrolován				
			Norma				
				KTO - 01 - 005			2
							A4
Stav	Změny	Datum	Jméno				